

Note  
自然誌資料

紀伊半島四万十累帯南帯の古第三系牟婁層群佐本川層  
から発見された放射虫化石

鈴木博之<sup>1</sup>・山本俊哉<sup>2</sup>・別所孝範<sup>3,4</sup>

Discovery of radiolarian fossils from the Samotogawa Formation  
of the Paleogene Muro Group in the Southern Shimanto Belt  
in Kii Peninsula, Southwest Japan

Hiroyuki SUZUKI<sup>1</sup>, Toshiya YAMAMOTO<sup>2</sup> and Takanori BESSHO<sup>3,4</sup>

**Abstract:** Abundant radiolarian fossils were newly found from mudstone of the Samotogawa Formation of the Muro Group in the Southern Shimanto Belt in Kii Peninsula, Southwest Japan. This fauna, composed of 36 species, is the most diverse fauna in the Southern Shimanto Belt of Japan, and suggests later Middle Eocene to Late Eocene (RP16–19) in age. This fauna cannot be restricted to one particular fossil zone on the basis of the occurrences of index species but ranges several Paleogene radiolarian zones.

**抄録:** 西南日本、紀伊半島の四万十累帯南帯に分布する、牟婁層群佐本川層の泥岩から多数の放射虫化石が発見された。36種からなるこの群集は、西南日本の四万十累帯南帯で最も豊富な群集であり、時代は中期始新世の後期から後期始新世 (RP16–19) を示す。この群集は指標種の産出に基づく、古第三紀放射虫化石帯の単一の化石帯に限定されるものではなく、いくつかの化石帯にまたがるのが特徴である。

**Key words:** Southern Shimanto Belt; Muro Group; Samotogawa Formation; radiolarians; Eocene

はじめに

付加体を構成する陸源碎屑岩層も、異地性岩体として含まれる遠洋性堆積物とともに深海堆積物であるために、その堆積年代決定には放射虫化石が重要である。また、付加体の構造にも、スラスト・シートの年代が繰り返しながらも全体として海溝への年代極性を示す覆瓦ファン構造と、同一層準が繰り返すデュープレックス構造とが存在するが、両者を識別する上でも放射虫化石による年代決定が非常に有効である。

四万十累帯は主として付加体で構成され、白亜系からなる北帯と古第三系からなる南帯に区分されるが、紀伊半島における四万十累帯北帯は、高野山帯と日高川帯に区分される。南帯は日置川帯とも呼ばれ、日置川帯はさらに音無川帯と牟婁帯とに区分される。音無川帯を構成する音無川付加体と、牟婁帯を構成する牟婁付加体は変形が弱く、初生層序が保存されているので、付加シークエンスとも呼ばれる (鈴木・中屋, 2012)。

牟婁付加シークエンスは、北傾斜のスラストによって、北から野竹、狼岫山、市鹿野および周参見の4つの構造層序ユニット (以下ではユニットと略称) に区分される。牟婁付加シークエンスを構成する陸源碎屑岩は牟婁層群として一括されるが、ユニット毎に岩相層序がすこしずつ異なるので、ユニット毎に異なる地層名

※大阪市立自然史博物館業績第487号 (2020年1月15日受理)

<sup>1</sup> 〒603-8158 京都市北区紫野宮西町10-4

Murasakino-Miyamishi-cho 10-4, Kita-ku, Kyoto 603-8158, Japan

<sup>2</sup> 和歌山県立田辺高等学校 〒646-0024 田辺市学園1-71

Tanabe Highschool, Tanabe 646-0024, Japan

<sup>3</sup> 大阪市立大学理学部地球学科 〒558-8585 大阪市住吉区杉本

Department of Geosciences, Osaka City University, Osaka 558-8585, Japan

<sup>4</sup> 大阪市立自然史博物館 〒546-0034 大阪市東住吉区長居公園1-23

Osaka Museum of Natural History, Nagai Park 1-23, Higashisumiyoshi-ku, Osaka 546-0034, Japan

Corresponding author: H. Suzuki, kbbhh761@ybb.ne.jp



Fig. 1. Fossil localities (Topographic map is a part of “Mitogawa”, scale 1: 25,000, published by Geospatial Information Authority of Japan). Geologic maps of the surrounding area are shown in Figs. 2 & 3.  
 図1. 放散虫化石産地 (国土地理院発行の2.5万分の1地形図「三尾川」を使用)。周辺地域の地質図は図2, 3を参照。

として定義されている。野竹ユニットは、東部では下位より武住層と大瀬層に、西部では同じく上三栖層と西谷層に、狼岨山および市鹿野ユニットは、下位より安川層、打越層および合川層に、周参見ユニットは、同じく小節川層、佐本川層および田並川層に区分されている (鈴木ほか, 2012)。しかしながら、これらの地層群のうち、狼岨山ユニットの安川層と合川層、市鹿野ユニットの合川層、周参見ユニットの小節川層と佐本川層からは、年代決定に有効な放散虫化石がこれまで報告されておらず、牟婁帯の各構造層序ユニットの上限・下限年代は確定していなかった。

今回、周参見ユニットの佐本川層から年代決定に有効な放散虫化石が初めて発見された。しかもこの群集は、牟婁層群で最も多数の種からなる群集であり、牟婁層群を代表する放散虫化石群集といえる。また、四万十累帯南帯においても最も多くの種からなる群集である。日本における古第三紀放散虫化石群集の報告は他の時代と比較して非常に少ないので、ここに自然誌資料として報告する。なお、のちに個体レベルの再検討が必要になった時に備えて、全同定種の写真を示すこととした。

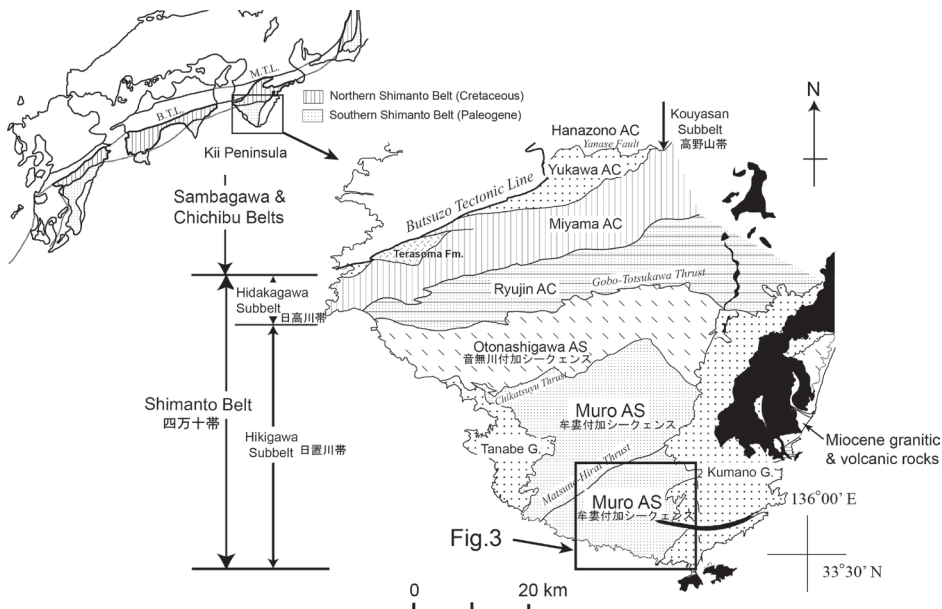


Fig. 2. Generalized geologic map of the Shimanto Belt in Kii Peninsula, Southwest Japan.  
 図2. 紀伊半島における四万十累帯の地帯区分。

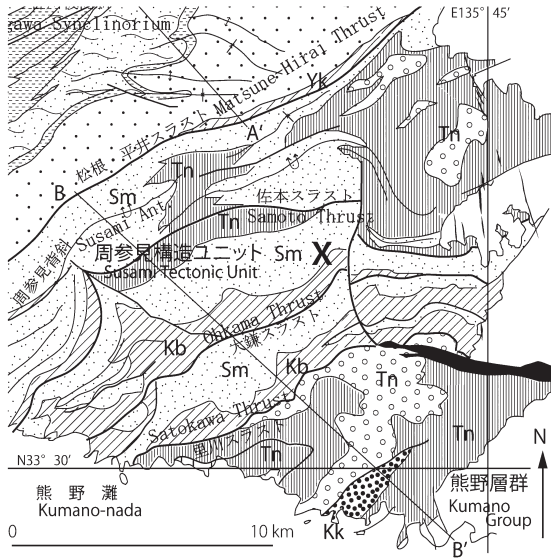


Fig. 3. Geologic map of the Susami Tectonostratigraphic Unit in the Muro Belt. X: fossil locality, Kb: Kobushigawa Formation, Sm: Samotogawa Formation, Tn: Tanamigawa Formation. (after Suzuki et al. 2012, Fig. 2)

図3. 周参見構造層序ユニットの地質図 (鈴木ほか 2012, 第2図より) と化石産地 (X印). Kb: 小節川層, Sm: 佐本川層, Tn: 田並川層.

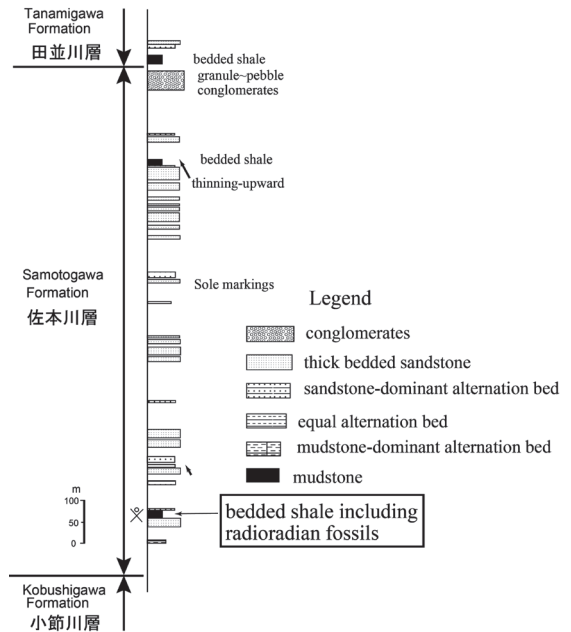


Fig. 4. Geologic columnar section of the Samotogawa Formation along the Samotogawa River.

図4. 佐本川沿いの佐本川層の地質柱状図.

### 産出地点の地質

産出地点は和歌山県南部の古座川町宮の平西方で、古座川の支流佐本川が古座川に合流する直前の元屋敷付近の河岸である (Fig. 1)。この佐本川流域には、南の大鎌スラストと北の佐本スラストに挟まれて小節川層、佐本川層、田並川層が整合に重なる (Figs. 2, 3)。化石産出地点には、佐本川層の基底部付近が露出し、下位から、厚さ7mの黑色泥岩層、厚さ20mの層内褶曲の発達した砂岩層、厚さ20mの成層黑色泥岩層、厚さ3mの砂岩泥岩細互層と重なる連続露頭がある (Fig. 4)。その成層黑色泥岩層の下部の層準 (試料①) およびその約10m上位の層準 (試料②) の2ヶ所で放射虫化石を発見した。

### 放射虫化石の抽出法

放射虫化石の抽出法としては、まず指頭大に砕いた泥岩試料を5%のフッ化水素酸溶液に20時間および20数時間浸して、2度にわたり表面を腐食した。次に、試料を5%のフッ化水素酸溶液に21時間浸した後、32メッシュ (50 $\mu$ m) と250メッシュ (63 $\mu$ m) のフルイの間の残渣から、放射虫化石をピックアップした。その後、再度10%のフッ化水素酸溶液に30時間浸してから、同じサイズのフルイを通した残渣からピックアップした放射虫化石を加えて、電子顕微鏡写真を撮影して同定を行った。

### 放射虫化石とその年代

同定された放射虫化石種を Table 1に、電子顕微鏡写真を Fig. 5に示す。なお、本研究の化石帯は Sanfilippo and Nigrini (1998) に、Table 1の同定種の生存期間は Nigrini et al. (2006) に基づく。

#### <試料①>

試料①の成層黑色泥岩は多数の放射虫化石を含むが、そのうち3割程度は球形や円盤状の放射虫 spumellaria であった。同定された種は34種を数え、個体数の多い順に、*Stylosphaera* sp., *Lychnocanoma* aff. *anacolum* と *Amphysphaera*

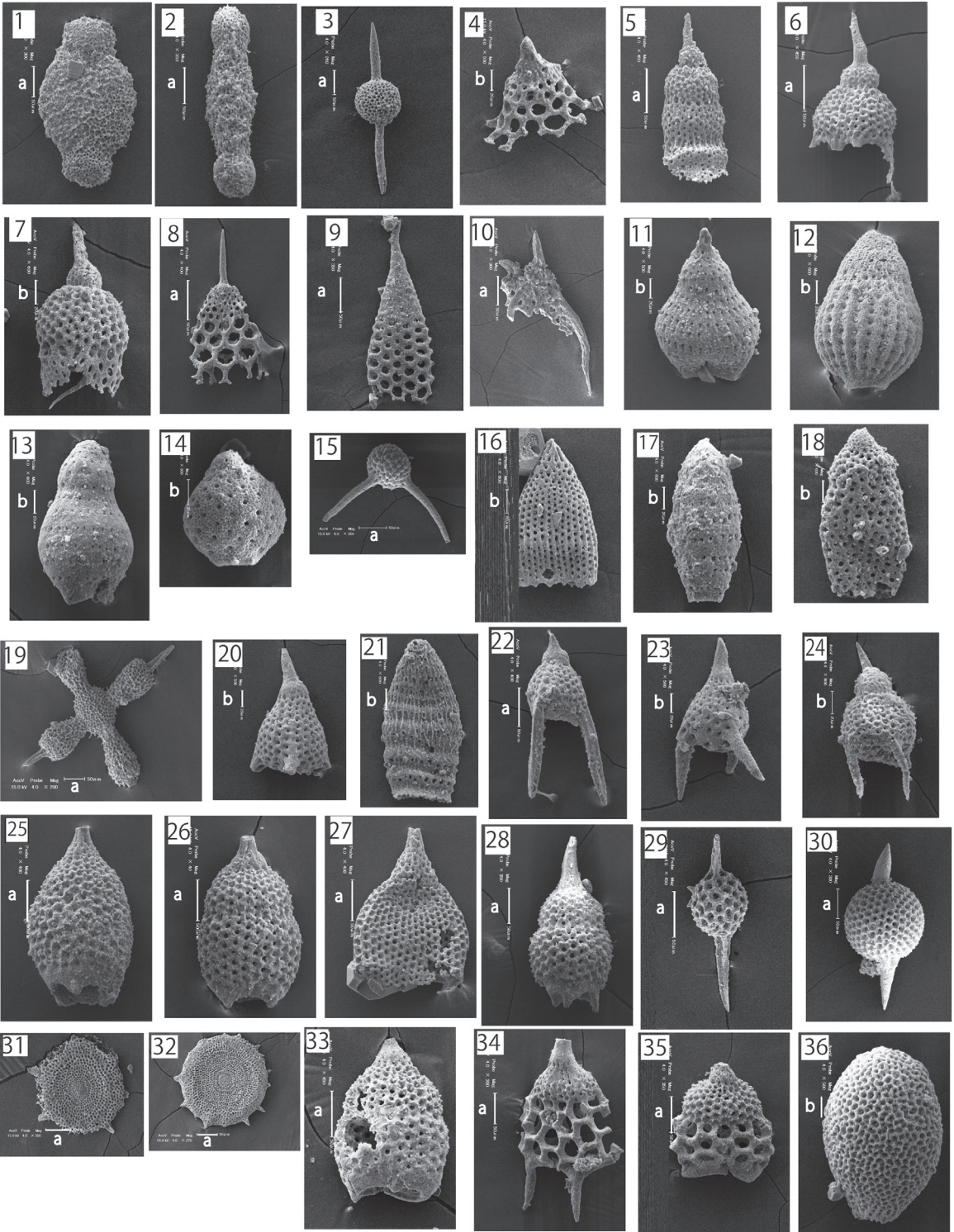


Fig. 5. SEM images of radiolarian fossils found from the Samotogawa Formation of the Muro Group (Photograph No. is the same as Species No. in Table 1) (Scale bar, a: 50  $\mu$ m, b: 20  $\mu$ m).

図5. 佐本川層から産出した放射虫化石の電子顕微鏡写真(写真番号は第1表の種の番号と同じ。スケールバー: aは50  $\mu$ m, bは20  $\mu$ m)。

*minor*, ついで *Clathrocyclas universa*, *Lithocampe* sp.A, *Calocyclas turrus*, *Cornutella* sp., さらに *Amphicraspedum prolixum*, *Amphicraspedum murrayamum*, *Dictyoprora mongolfieri*, *Stylosphaera coronata* group, 他に *Dictyoprora armadillo*, *Lithocampe* sp.B, *Clathrocyclas* sp., *Calocyclas hispida*, *Stylotrachus charlestonensis*, *Thyrthocyrtis triacantha*, *Dyctyophimus craticula*, *Dictyoprora pirum*, *Dictyoprora* sp., *Lychnocanoma auxilla*, *Thyrthocyrtis* sp., ごくまれに *Calocylietta* sp., *Dorcadospyrus* sp., *Lithocyclia aristotelis* group, *Lithocyrtis tripodium*, *Lithomitra lineata* group, *Lychnocanoma babylonis* group, *Podocyrtis aphorma*, *Podocyrtis papalis*, *Podocyrtis trachodes*, *Stylotrachus alveatus*, *Theocotyle cryptocephala* が含まれている。

これらの種の中で、重要な時代指標種としては、*C. hispida* (RP 8–19), *C. turrus* (RP16–19), *D. armadillo* (RP16–19), *D. mongolfieri* (RP?–20), *D. pirum* (RP16–19), *L. aristotelis* group (RP16–20), *T. triacantha* (RP11/12–18) が含まれている。これらの年代をまとめると、本群集の示す年代は RP16–19 (中期始新世の後期から後期始新世) に相当すると考えられる。ただし、この時代に普遍的に産出する *Podocyrtis mirabilis* group がなぜか全く見られない。*L. aff. anacolum* は Foreman (1973) が暁新世後期から報告した種に類似する。*P. trachodes* (RP13–15) と *T. cryptocephala* (RP12まで) は時代が古いので二次化石と考えられる。

Table 1. List of radiolarian species found from the Samotogawa Formation (Species No. is the same as Photograph No. in Fig. 3. The ranges of each species are based on those by Nigrini et al. (2006). The abbreviations of horizons within each RP biozone (Sanfilippo and Nigrini, 1998) are the follows. b: base, l: lower, m: middle, u: upper, t: top).

表1. 佐本川層から産出した放射虫化石リスト (種の番号は図5の写真番号に同じ。各種の生存期間は Nigrini et al. (2006) による。各 RP 化石帯 (Sanfilippo and Nigrini, 1998) 中の層準は以下の略号で示す。b: 基部, l: 下部, m: 中部, u: 上部, t: トップ)。

No.	Species	Number of species		Species range within radiolarian biozones
		Sample 1	Sample 2	
1	<i>Amphicraspedum murrayamum</i> Haeckel	10	2	
2	<i>Amphicraspedum prolixum</i> Sanfilippo & Riedel	11	2	
3	<i>Amphysphaera minor</i> Clark & Campbell	22	4	
4	<i>Clathrocyclas</i> sp.	4	2	
5	<i>Calocylietta</i> sp.	2		
6	<i>Calocyclas hispida</i> (Ehrenberg)	4	2	RP8-m~RP19-t
7	<i>Calocyclas turrus</i> (Ehrenberg)	15	2	RP16-m~RP19-m
8	<i>Clathrocyclas universa</i> Clark & Campbell	17	6	
9	<i>Cornutella</i> sp.	15	2	
10	<i>Dictyophimus craticular</i> Ehrenberg	3		~RP16-u
11	<i>Dictyoprora armadillo</i> Ehrenberg	5	1	RP16-l~RP19-t
12	<i>Dictyoprora mongolfieri</i> (Ehrenberg)	8	2	~RP20-l
13	<i>Dictyoprora pirum</i> (Ehrenberg)	3	1	RP16-l~RP19-t
14	<i>Dictyoprora</i> sp.	3		
15	<i>Dorcadospyrus</i> sp.	1	1	
16	<i>Eucyrtidium</i> cf. <i>cienkowskii</i> Haeckel		1	
17	<i>Lithocampe</i> sp.A	16		
18	<i>Lithocampe</i> sp.B	5		
19	<i>Lithocyclia aristotelis</i> (Ehrenberg) group	2		RP16-l~RP20-b
20	<i>Lithocyrtis tripodium</i> Ehrenberg	2	3	
21	<i>Lithomitra lineata</i> (Ehrenberg) group	1		
22	<i>Lychnocanoma</i> aff. <i>anacolum</i> Foreman	28	7	
23	<i>Lychnocanoma auxilla</i> Foreman	3		
24	<i>Lychnocanoma babylonis</i> (Clark & Campbell) group	2	3	~RP19-t
25	<i>Podocyrtis aphorma</i> Riedel & Sanfilippo	1		
26	<i>Podocyrtis diamesa</i> Riedel & Sanfilippo		2	~RP13-l
27	<i>Podocyrtis papalis</i> Ehrenberg	1		RP7?~RP17-m
28	<i>Podocyrtis trachodes</i> Riedel & Sanfilippo	1		RP13-u~RP15-l
29	<i>Stylosphaera coronata</i> Ehrenberg group	11	4	
30	<i>Stylosphaera</i> sp.	35	4	
31	<i>Stylotrachus alveatus</i> Sanfilippo & Riedel	2	1	
32	<i>Stylotrachus charlestonensis</i> Clark & Campbell	4	1	
33	<i>Theocotyle cryptocephala</i> (Ehrenberg)	1		~RP12-m
34	<i>Thyrthocyrtis triacantha</i> (Ehrenberg)	4	3	RP11/12~RP18-u
35	<i>Thyrthocyrtis</i> sp.	3		
36	Gen. et sp. indet.	7	2	
	Total number of identified species	252	58	
	Number of SEM images	514	96	

### <試料②>

試料②の成層黒色泥岩からは23種の放散虫化石が同定された。*L. aff. anacolum*と*C. universa*が最も多く、ついで*A. minor*、*L. tripodium*、*L. babylonis* group、*S. coronata* group、*S. sp.*、*T. triacantha*が数個体、ごくまれに*A. murrayamum*、*A. prolixum*、*Clathrocyclus* sp.、*C. hispida*、*C. turris*、*Cornutella* sp.、*D. armadillo*、*D. mongolfieri*、*D. pirum*、*Dorcadospyris* sp.、*Eucyrtidium* cf. *cienkowski*、*Podocyrtis diamesa*、*S. alveatus*、*S. charlestonensis*が含まれている。

試料①と類似の種構成で、時代指標種としては*C. hispida* (RP16–19)、*C. turris* (RP 16–19)、*D. armadillo* (RP16–19)、*D. mongolfieri* (RP20まで)、*D. pirum* (RP16–19)、*L. babylonis* group (RP19まで)、*T. triacantha* (RP11/12–18)が含まれ、時代は試料①と同じく、RP16–19 (中期始新世の後期から後期始新世)と考えられる。なお、少し古い年代を示す*P. diamesa* (RP13まで)が含まれているが、これは二次化石と考えられる。

## 考察

### 佐本川層の放散虫化石群集の重要性

上述のように、佐本川層から初めて36種の放散虫化石が発見され、その時代は中期始新世の後期から後期始新世 (RP16–19)と考えられる。以下に紀伊半島および四国・九州の四万十累帯南帯における放散虫化石の産出状況をまとめて述べ、この元屋敷産の放散虫化石群集の四万十累帯南帯における重要性を示す。日本の古第三紀放散虫の報告は、白亜紀や新第三紀のそれに比較して格段に少ない。

### 牟婁層群の放散虫化石

牟婁層群の放散虫化石に関する報告は以下に示すようにそれほど多くはない。牟婁帯は4つの構造層序ユニットに区分され、最北の野竹ユニットは比較的多くの地点から産出しているが、その他のユニットでは報告は少ない。

**野竹構造層序ユニット**：東部の武住層では12ヶ所から40種、そのうち1ヶ所で最大36種が、また、同じく大瀬層では34ヶ所から37種、そのうち1ヶ所で最大24種が、西部の上三栖層では、27ヶ所から37種、そのうち1ヶ所で最大18種、西谷層では、14ヶ所から12種が報告されている (鈴木・福田, 2012)。武住層 (上三栖層)の時代は中期始新世の前半 (RP10–14)、大瀬層 (西谷層)の時代は中期始新世の後半 (RP15–16)とされている (鈴木・福田, 2012)。

**狼岨山構造層序ユニット**：安川層からの産出報告はない。打越層からは23ヶ所から15種の産出報告があり、その時代は中期始新世の後半から後期始新世の前半 (RP15?–18)とされている (はてなし (Ⅱ) 団体研究グループ, 1995)。合川層からは詳しい報告がない。

**市鹿野構造層序ユニット**：安川層からは7ヶ所から6種、打越層からは20ヶ所から13種の報告があるが、両層で種構成に違いがなくて、両層の年代はともに中期始新世後期から後期始新世 (RP16–19?)と考えられている (はてなし (Ⅱ) 団体研究グループ, 1995; 鈴木・福田, 2012)。合川層からの産出報告はない。

**周参見構造層序ユニット**：小節川層からの報告はない。佐本川層からは今回が最初の報告である。田並川層からは7ヶ所でそれぞれ3–16種の報告があり、時代は中期始新世の後期から後期始新世 (RP16–19)とされるが、中平見の群集だけは後期始新世から漸新世前半 (RP18–20)とされる (鈴木・福田, 2012)。字久井では20ヶ所から8種の産出があり、その時代はやはりRP16–19とされる (紀州四万十帯団体研究グループ, 2012)。

### 音無川層群の放散虫化石

音無川帯は8つの構造層序ユニットに区分されていて、いずれのユニットも同一層序の音無川層群の瓜谷層と羽六層から構成されるとされている (はてなし団体研究グループ, 2012)。ただし、放散虫化石で年代が知られているのは、南部に分布する3つのユニットのみであり、北部の果無および柄谷ユニットに関しては、泥岩礫の放散虫化石と砂岩中の碎屑性ジルコンのU-Pb年代から、従来の時代論に疑義が提出されている (山本ほか, 2014; 常盤ほか, 2016)。

**瓜谷層**：志原ユニットの阿田和地域では3地点から16種が報告 (はてなし団体研究グループ, 1998) されていて、その時代は前期暁新世 (RP3–5)とされる (鈴木・福田, 2012)。また、模式地の瓜谷付近 (福定ユニッ

ト)では3種が報告され,その時代は前期始新世の後半(RP8-9)とされている(鈴木・福田,2012).川湯構造ユニットの静川地域では4地点から32種(1地点で最大30種)が報告されていて,その時代は前期始新世の後半から中期始新世の初期(RP8-11)とされる.(鈴木・福田,2012).

**羽六層下部:**川湯ユニットの静川地域で27ヶ所から40種(1ヶ所での最大は17種)が報告されていて,時代はRP8-11とされる(鈴木・福田,2012).

**羽六層上部:**福定ユニットの切目崎の1地点から20種,川湯ユニットからは,川湯地域の3ヶ所で15種の報告があるが,その時代はともにRP8-11とされる(鈴木・福田,2012).

### 他地域の四万十累帯南帯における放散虫化石

他地域の四万十累帯南帯の群集と比較しても,今回の元屋敷産放散虫化石群集は種数において最大である.

**九州南部:**始新世~漸新世の地層から,56地点で46種(1ヶ所での最大25種,ほとんどの地点が10種以下)が,39種の写真とともに報告されている(Sugiyama and Saito, 1994).

**四国西部:**暁新世・始新世・漸新世の地層から,25地点で41種が報告されているが,地点ごとでは最大9種で,ほとんどの地点では数種程度である(小柳津ほか,2002).写真は18種が示されている.

**四国東部:**始新世~漸新世の地層から,12地点で44種が多く写真とともに報告されていて,1ヶ所での最大は15種,多くの地点が10種前後である(須鎗ほか,1989).

### 佐本川層の放散虫化石群集の特徴

上述のように,今回発見された元屋敷産の放散虫化石群集は,紀伊半島を含む四万十累帯南帯で最も多数の種を含む重要な群集であるといえる.同定された種の数に比較すると,時代指標種の数はいずれも多くはなくて,10種程度である.特に,古第三紀の放散虫化石帯は低緯度地域の群集を基礎にしてRP1-22に区分されている(Sanfilippo and Nigrini, 1998)が,佐本川層の放散虫群集は特定の一つの化石帯に限定できるような群集ではなくて,RP16-19というような複数の化石帯にまたがる群集ばかりである.この特徴は佐本川層の放散虫化石に限らず,牟婁層および音無川層群の放散虫化石,さらには日本の四万十累帯南帯の放散虫化石に共通する特徴であり,それは中・高緯度地域の特徴といえそうである(鈴木・福田,2012).

## 引用文献

- Foreman, H. P. 1973. Radiolaria of Leg 10 with systematics and ranges for the families Amphipyndacidae, Artostrobiidae, and Theoperidae. In Worzel, J. L., Bryant, W, et al. eds, Initial Reports of DSDP, (10), pp.407-474. US Government Printing Office.
- はてなし団体研究グループ 1998. 三重県御浜町付近の古第三系音無川層群の層序と暁新世放散虫化石. 和歌山大学教育学部紀要 自然科学 (48) : 29-48.
- はてなし団体研究グループ 2012. 音無川付加シークエンス (音無川層群) の層序と構造—古第三系暁新統~下部始新統の付加体—. 地団研専報 (59) : 61-69.
- はてなし (II) 団体研究グループ 1995. 紀伊半島牟婁帯北縁部の古第三系牟婁層群の堆積環境復元. 地球科学 49 : 313-331.
- 紀州四万十帯団体研究グループ 2012. 牟婁層群中に発達する含角礫泥岩・砂岩の形成過程—「サラシ首層」の再検討—. 地団研専報 (59) : 139-149
- 小柳津 篤・三浦健一郎・田中利治・林 久晃・君波和雄 2002. 四国西部の四万十累帯南帯の地質と放散虫化石. 地質学雑誌 108 : 701-720.
- Nigrini, C., Sanfilippo, A. and Moore, Jr. T. J. 2006. Cenozoic radiolarian biostratigraphy : a magnetobiostratigraphic chronology of Cenozoic sequences from ODP Sites 1218, 1219 and 1220, equatorial Pacific. In Wilson, P.A., Lyle, M. and Firth, J. V., eds., Proceeding of ODP, Scientific Result (199) : 1-76.
- Sanfilippo, A. and Nigrini, C. 1998. Code numbers for Cenozoic low latitude radiolarian biostratigraphic zone and GPTS

conversion tables. *Marine micropaleontology* 33 : 109-156.

Sugiyama, K. and Saito, M. 1994. Paleogene radiolarians from the Hyuga and Nichinan Groups in the Sueyoshi district, southeastern Kyushu, Japan. *Bulletin of Geological Survey of Japan* 45 : 383-404.

須鎗和巳・桑野幸夫・山崎哲司 1989. 四国東部の四万十帯南帯の岩相と年代. 徳島大学教養部紀要 (自然科学) 22 : 33-57.

鈴木博之・福田修武 2012. 紀伊半島四万十付加体の古第三紀放射虫化石. *地団研専報* (59) : 237-247.

鈴木博之・中屋志津男 2012. 紀伊半島における四万十付加体の発達史について—付加体の多様性とその起源—. *地団研専報* (59) : 273-282.

鈴木博之・中屋志津男・福田修武 2012. 牟婁付加シーケンス (牟婁層群) の層序と構造—中部始新統～下部中新統の付加体—. *地団研専報* (59) : 71-86.

常盤哲也・竹内 誠・志村侑亮・太田明里・山本鋼志 2016. 紀伊半島に分布する四万十帯凝灰質砂岩の碎屑性ジルコンのU-Pb年代. *地質学雑誌* 122 : 625-635.

山本俊哉・別所孝範・谷口純造 2014. 紀伊半島の四万十帯, 丹生ノ川層から産出した放射虫化石. 日本地質学会第121年学術大会講演要旨, p.234.