

三浦半島・野比海岸 (中新統葉山層群) から産出した放射虫化石群集

坂井 充*・鈴木紀毅**

Middle Miocene radiolarians from the Hayama Group along the Nobi Coast of the Miura Peninsula in the Kanto area of Japan

SAKAI Mitsuru* and SUZUKI Noritoshi **

キーワード：放射虫，葉山層群，中新世，全群集解析，古海洋

Key words : radiolaria, Hayama Group, Miocene, full faunal list, paleoceanography

神奈川県三浦半島の中央部には中新統葉山層群が分布している。その分布域東端にあたる野比海岸で種多様性が高い放射虫の化石群集が得られた。*Lithopera renzae* の初出現と *Cannartus bassanii* (旧分類の *Didymocyrtis bassanii*) の最終出現から、数値年代では 15.1 ~ 13.51 Ma の放射虫年代が得られ、中新統ランギアンからサーラパニアンにあたる。全群集解析をしたところ合計 113 分類群が識別出来た。種小名が特定できるのはそのうち 75 種である。このよう種数が見つかることは葉山層群ではこれまで知られていなかったもので、全部の種を図示した。この群集に含まれる *Cyrtocapsella cornuta*, *L. renzae*, *Siphostichartus corona*, *Carpocanium* のいくつかの種、Panartidae 科の分類群は赤道～中緯度の表層にすむ。水深 1,000 ~ 2,000 m にすむ *Cornutella profunda* の産出は、水深 1,000 ~ 2,000 m の水塊の影響があったことを意味する。

Diverse radiolarian fauna were recovered from the Miocene Hayama Group cropped along the the Nobi Coast at the eastern end of the Miura Peninsula, Kanagawa Prefecture, Japan. These fauna were correlated to the Langhian to Serravallian (middle Miocene) in age, by the first appearance of *Lithopera renzae* (15.1 Ma) and the last appearance of *Cannartus bassanii* (*Didymocyrtis bassanii* in a classic taxonomy) (13.51 Ma). All the specimens encountered were classified into a species level as much as possible, reaching 113 morpho-species including 75 species. As such rich fauna have not been reported in any previous radiolarian studies on the Hayama Group, all the identified taxa were illustrated under the updated taxonomy which was published in 2021. This fauna includes the equatorial to mid-latitude shallow water taxa such as *Cyrtocapsella cornuta*, *L. renzae*, *Siphostichartus corona*, some species belonging to *Carpocanium*, and the member of the family Panartidae. The occurrence of *Cornutella profunda* indicates the influence of waters in 1,000 – 2,000 m water depth.

* 埼玉県立所沢北高等学校 〒359-0042 埼玉県所沢市並木 5-4

** 東北大学大学院理学研究科地学専攻 〒980-8578 仙台市青葉区荒巻青葉 6-3

原稿受付 2022年10月1日 横須賀市博物館業績 774号

はじめに

中新統葉山層群は三浦半島中軸部に NW-SE 方向に 2 列の隆起帯を形成して露出し、三浦半島で一番古い地層で基盤にあたり、その地層は激しく変形し複雑な地質構造を呈している。江藤(1986)、江藤ほか(1998)は、葉山層群を下位より暗灰色硬質泥岩の森戸層、灰色凝灰質砂岩と暗灰色泥岩の互層の鏡摺層、灰色凝灰質砂岩の大山層、灰色泥岩層の衣笠層、凝灰質砂岩と凝灰質砂岩泥岩の矢部層の 5 層に区分した。高橋(2008)は、複雑な構造をしていることから全体を構造層序単位として考え、「葉山ユニット」と呼んでいる。葉山層群の年代は、放散虫化石などによって調べられている。江藤ほか(1987)は、森戸、鏡摺、衣笠、矢部の各層から放散虫化石を抽出し、これらの地層の堆積時期を中新世前期初期～中期後半とした。鈴木・蟹江(2010)は野比海岸から産出する放散虫化石を Sanfilippo and Nigrini (1998) の新生代低緯度放散虫化石分帯の RN4 後期から RN5 前期(バーディガリアンからランギアン)と報告している。それに続いて鈴木(2012)では江の島から野比海岸までの葉山層群を調べその年代は RN2 から RN5 の範囲であり、そのなかで野比海岸は RN4 後期か

ら RN5 と報告している。珪藻化石では、葉山層群の森戸層から 17.8～16.9 Ma(バーディガリアン)と報告されている(芳賀・鈴木, 1999)。しかし江藤ほか(1987, 1998)では放散虫化石は図示されておらず最新の分類体系への読み替えなどが出来ない。鈴木進の一連の研究(鈴木・蟹江, 2010; 鈴木, 2012)では年代指標種のみ図示され、群集組成を知ることが出来ない。

著者の一人坂井の所属する埼玉県立所沢北高等学校理科では、2 年時の課題研究で 2017 年から三浦半島の放散虫化石について調べている。坂井が計画立案して 2021 年度は野比海岸を調査地域にして、年代決定を目的にして生徒と坂井が野外調査および化石抽出を行った。著者の一人鈴木は最新の分類体系(O'Dogherty *et al.*, 2021; Suzuki *et al.*, 2021)でこの群集を同定した。

研究方法

検討場所の地質

野比海岸には中新統の葉山層群と中新一鮮新統の逗子層、第四系の宮田層そして蛇紋岩体が露出する(Fig. 1 参照)。野比海岸の葉山層群は、泥岩、砂泥

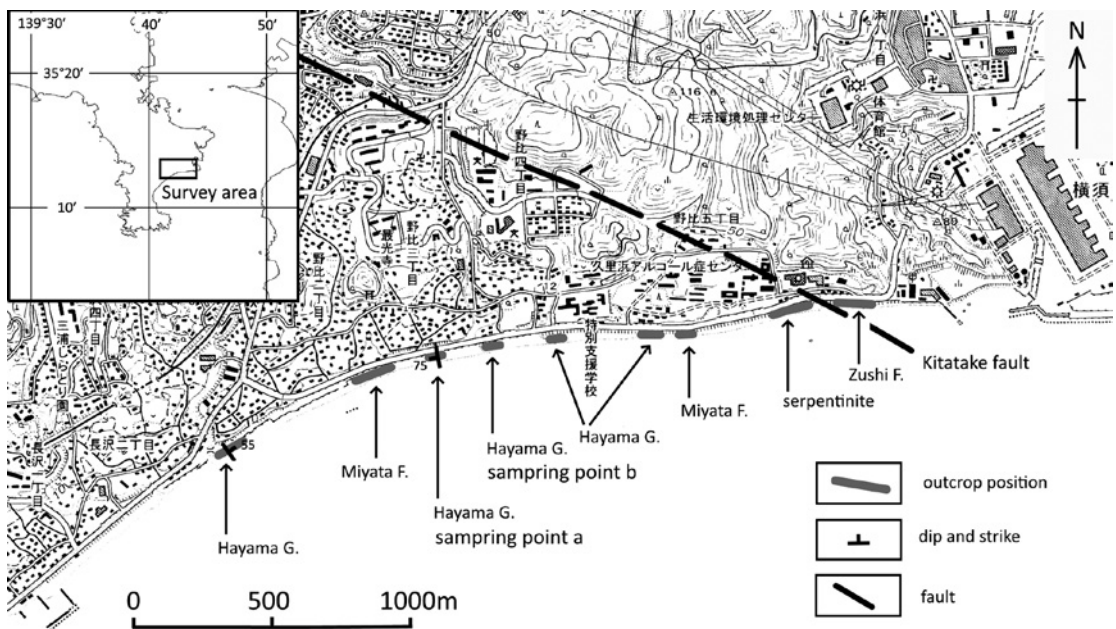


Fig. 1 Route map indicating the fossil sampling locations (a, b) along the Nobi Coast, the south of the Miura Peninsula, Kanagawa. Base map is after the 1:25,000 scale topographic quadrangle map "Uraga" by the Geospatial Information Authority of Japan.

互層、礫岩、凝灰岩からなり、これらの一部は褶曲している。なお、これらがどの累層に属するかは本調査では明らかにできていない。逗子層は、北武断層の北東の1ヵ所で露出するが、他の地層との関係は確認出来ない。本層は平行葉理がみられる砂泥互層からなり、小さい生痕化石が多数みられる。宮田層は塊状泥岩で地層中に散在する離弁の貝化石や茶色のノジュールがみられ、葉山層群とは簡単に見分けられる。葉山層群と宮田層とは不整合を示す露頭が1ヵ所確認できる。放散虫化石抽出用に葉山層群から6地点からそれぞれ500g前後の試料を採集した。そのうち放散虫化石はa地点(35° 12' 33.83" N, 139° 41' 30.75" E)とb地点(35° 12' 34.51" N, 139° 41' 34.61" E)の泥岩のみから得られた。a地点の葉山層群は砂岩泥岩互層が主体でところどころ目立つ泥岩が挟在している。b地点の葉山層群は礫岩が主体で泥岩が挟在している。この露頭においては、露出状況から宮田層が非調和に葉山層群を覆っているため不整合だと考えられる。

抽出処理

新第三系で泥岩などの母岩から放散虫の産出が芳しくない場合、石灰質コンクリーションから抽出を試みると、保存の良い放散虫が得られることが知られている(本山・高橋, 1997)。三浦半島の葉山層群や三崎層などの付加体に当たる地層は一般に著しく変形を受けているため(高橋, 2008)、石灰質コンクリーションでないと放散虫化石が保存されていない場合が多い。今回は、あまり変形を受けていない野比海岸の葉山層群の泥岩を過酸化水素溶液で処理したところ、放散虫化石が抽出できた。採集に当たり現地で泥岩を細かく砕き、実験室で約50gの試料を約10%過酸化水素に一晩つけて粒子化させた。粒子化が進まない岩片が残るため、板木(2003)にならいピーカーをゆすりながら沈殿物を浮き上がらせ、その上澄を目合い63 μ mのふるいを通して残渣を濃集した。本調査地域の試料に含まれる放散虫化石の量は少なかったため、この濃集した残渣を試験管に移し、攪拌して沈殿物を上から少量取ってシャーレに移し、双眼生物顕微鏡下でピペットを用いて化石個体を拾い出した。拾い出した個体が集まったところでスライドガラス上に滴下しホットプレートで乾燥させた後、温めたカナダバルサム(nD=1.52 at 20°C)で封入し、約1日恒温器で加熱し揮発成分を飛ばした。観察は生物顕微鏡(OLYMPUS BH2)で主に20

倍の対物レンズ(A20 NA=0.40 160/0.17)で行い、三眼にカメラをセットし(SONY α 6100, 撮影素子APS-Cサイズ)、分類形質が残っている個体をすべて撮影した。

同定

撮影された768枚の標本写真について、種小名はタイプ個体標本の写真や図に合致することを根拠に、最新の分類体系(O' Dogherty *et al.*, 2021; Suzuki *et al.*, 2021)にある超科から属までの定義に従い特定した。

結果

作製した17枚のプレパラートから385個体の写真撮影をし、そこから75種の種小名が特定できた。さらに未記載種であるものの、種を特定する分類形質を備える形態種が37分類群含まれており、合計113分類群が識別された(Table 1)。個体数頻度は記録しているが、個体数頻度を厳密に捉えられる手法を用いていないため、その頻度は参考程度である。

この113形態種には *Dictyophimus lectairi* (Caulet) や *Pentalospyris felis* (Haeckel) などのような本邦から初めて見つかる種が含まれる(Fig. 2)。また新分類になったことで初めて学名を特定出来た *Qiuripylolela sponsiosa* (Dreyer) や *Spongopylidium aemiliana* (Lucchese) などもある。なお、それぞれの具的な種数を数え上げられないので、その数値を示すのは控えておきたい。

多産する種はとくに無いが、いずれもナセラリア目の放散虫である *Carpocanium amphorum* (Haeckel), *Carpocanium solitarium* (Ehrenberg) などの *Carpocanium* 属, *Cyrtocapsella japonica* (Nakaseko), *Eucyrtidium calvertense* Martin Group, *Lithocampe subligata* Stöhr group, *Siphocampe hyperborea* (Bailey), *Stichocorys brevicornis* (Principi) や *Stichocorys delmontense* (Campbell et Clark) などの *Stichocorys* 属は多く見出だされた。

生息環境が知られている種も識別できた。赤道太平洋で連続産出が報告(Nigrini *et al.*, 2006)されている *Stichocorys wolffii* Haeckel, *Siphostichartus corona* (Haeckel), *Cyrtocapsella cornuta* (Haeckel), *Cannartus bassanii* (Carnevale) (旧分類の *Didymocyrtis bassanii*) が群集に含まれる。その一方で, *Botryocampe antarcticum* (Haecker), *Botryostrobos aquilonaris*

Table 1 List of radiolarian fossils. The code a and b indicate the sample differences.

No	名称	a	b	No	名称	a	b
1	<i>Amphispyris ovalis</i> (Goll)		2 3	58	<i>Lithomelissa gelasinus</i> O'Connor	1	0
2	<i>Annulatospira pulcher</i> (Clark et Campbell)	1	2	59	<i>Middourium polyacanthum</i> (Campbell et Clark)	1	2
3	<i>Anthocyrtidium oxycephalis</i> (Haeckel)	0	3	60	<i>Ommatogramma cf. spatulaeforme</i> (Clark et Campbell)	0	1
4	<i>Anthocyrtium cf. pyrum</i> (Haeckel)	0	1	61	<i>Pentalospyris felis</i> (Haeckel)	1	0
5	<i>Aphetocyrtis? aff. hamata</i> (O'Connor)	2	0	62	<i>Petalospyris tricornis</i> (Haeckel)	1	1
6	<i>Aphetocyrtis? perforalus</i> (O'Connor)	0	1	63	<i>Phacolarnacium sp. A</i>	0	1
7	<i>Artostrobos sp. A</i>	0	1	64	<i>Phortidium aff. clevei</i> (Jørgensen)	1	1
8	<i>Axoprunum? angelinum</i> (Campbell et Clark)	0	1	65	<i>Plannapus microcephalus</i> (Haeckel)	2	1
9	<i>Axoprunum? venusum</i> (Haeckel)	1	1	66	<i>Qiripylolena spongiosan</i> (Dreyer)	1	1
10	<i>Botryocampe antarcticum</i> (Haecker)	0	1	67	<i>Siphocampe annulosa</i> Haeckel	2	0
11	<i>Botryostrobos aquilonaris</i> (Bailey)	0	1	68	<i>Siphocampe cf. plicata</i> (Kozlova et Petrushevskaya)	1	3
12	<i>Calocyclus aff. parva</i> (Moore)	3	3	69	<i>Siphocampe hyperborea</i> (Bailey)	6	4
13	<i>Calocyclus cf. mizutamiensis</i> Sugiyama et Furutani	1	1	70	<i>Siphocampe lineata</i> (Ehrenberg)	0	2
14	<i>Cannartus amphiconicus</i> (Haeckel)	0	1	71	<i>Siphocampe modeloensis</i> (Campbell et Clark)	0	1
15	<i>Cannartus bassanii</i> (Carnevale)	0	3	72	<i>Siphocampe nodosaria</i> (Haeckel)	0	1
16	<i>Carpocanium amphorum</i> (Haeckel)	7	2	73	<i>Siphocampe sp. A</i>	0	2
17	<i>Carpocanium diadema</i> Haeckel	0	1	74	<i>Siphostichartus corona</i> (Haeckel)	0	1
18	<i>Carpocanium microdon</i> Ehrenberg	1	1	75	<i>Siphostichartus praecorona</i> Nigrini	0	2
19	<i>Carpocanium pulchrum</i> Carnevale	0	1	76	<i>Siphostichartus spirocyrtis</i> (Petrushevskaya in Petrushevskaya and Kozlova)	0	1
20	<i>Carpocanium solitarium</i> (Ehrenberg)	4	2	77	<i>Spongasteriscus sp. A</i>	2	0
21	<i>Carpocanthum sp. A</i>	0	1	78	<i>Spongocyclia ellipticus</i> (Dreyer)	1	0
22	<i>Ceratospyris cf. sminolium</i> (Stöhr)	0	1	79	<i>Spongocyclia sp. A</i>	1	1
23	<i>Ceratospyris sp. A</i>	0	1	80	<i>Spongodiscus resurgens</i> Ehrenberg	2	1
24	<i>Clinorhabdus ispoera</i> (Chen PH)	2	0	81	<i>Spongopyle? sp. A</i>	1	1
25	<i>Cornutella gracilis</i> Ehrenberg	0	1	82	<i>Spongopylidium aemiliana</i> (Lucchese)	1	1
26	<i>Cornutella profunda</i> Ehrenberg	1	0	83	<i>Spongopylidium aff. ellipticum</i> (Chen MH et Tan ZY)	0	1
27	<i>Cornutella trichostyla</i> Ehrenberg	0	1	84	<i>Spongopylidium ovatum</i> (Dreyer)	0	2
28	<i>Cyrtocapsella compressa</i> (Stöhr)	2	0	85	<i>Stichocorys aff. johnsoni</i> Caulet	0	10
29	<i>Cyrtocapsella cornuta</i> (Haeckel)	0	1	86	<i>Stichocorys armata</i> (Haeckel)	3	0
30	<i>Cyrtocapsella japonica</i> (Nakaseko)	6	8	87	<i>Stichocorys brevicornis</i> (Principi)	5	1
31	<i>Cyrtocapsella tetrapera</i> (Haeckel)	1	3	88	<i>Stichocorys delmontensis</i> (Campbell et Clark)	6	5
32	<i>Desmospyris sp. A</i>	0	1	89	<i>Stichocorys incrassata</i> (Stöhr)	0	1
33	<i>Desmospyris sp. B</i>	0	1	90	<i>Stichocorys italica</i> (Principi)	0	2
34	<i>Dictyocoryne californica</i> (Clark et Campbell)	0	2	91	<i>Stichocorys peregrina</i> (Riedel)	1	6
35	<i>Dictyophimus lectairi</i> (Caulet)	1	1	92	<i>Stichocorys sp. A</i>	0	1
36	<i>Dictyophimus sp. A</i>	0	2	93	<i>Stichocorys wolffii</i> Haeckel	3	0
37	<i>Dictyopodium sp. A</i>	0	1	94	<i>Stichophatna cuspidata</i> (Bailey)	0	2
38	<i>Disolenia aff. quadrata</i> (Ehrenberg)	1	1	95	<i>Stylatractona neptunus</i> (Haeckel)	1	0
39	<i>Disolenia amphistoma</i> (Dreyer)	0	3	96	<i>Stylodictya aculata</i> Jørgensen	0	2
40	<i>Eucyrtidium cf. demersissimum</i> Ehrenberg	1	3	97	<i>Stylodictya tenuispina</i> Jørgensen	2	1
41	<i>Eucyrtidium calvertense</i> Martin Group	7	18	98	<i>Stylosphaera cf. floridus</i> (Renaudie et Lazarus)	2	0
42	<i>Eucyrtidium diplospirum</i> (Haeckel)	1	0	99	<i>Stylosphaera timmsi</i> (Campbell et Clark)	2	7
43	<i>Eucyrtidium dufresni</i> Caulet	0	1	100	<i>Theocamptra cf. marylandica</i> (Martin)	3	3
44	<i>Eucyrtidium? cf. frochichi</i> Caulet	1	0	101	<i>Theocamptra ovata</i> (Haeckel)	6	7
45	<i>Eucyrtium? yatsuoense</i> Nakaseko	2	0	102	<i>Tholomura aff. pilura</i> (Zhang LL et Suzuki N)	0	1
46	<i>Flustrella cornuspira</i> (Campbell et Clark)	0	2	103	<i>Tholospira aff. laevigata</i> (Lucchese)	0	1
47	<i>Flustrella dujardinii</i> (Haeckel)	1	0	104	<i>Tholospira labyrinthusa</i> Lazarus, Faust et Popova-Goll	0	2
48	<i>Flustrella praetexta</i> Ehrenberg	2	0	105	<i>Tholospira multipora</i> (Lucchese)	1	0
49	<i>Haliomma grecoi</i> (Vinassa de Regny)	2	0	106	<i>Tholospira osculatus</i> (Haeckel)	1	2
50	<i>Haliometta cf. miocenica</i> (Campbell et Clark)	4	2	107	<i>Tholospira spiralis</i> (Dreyer)	1	0
51	<i>Heliodiscus amphidiscus</i> (Müller)	0	1	108	<i>Tholospira variabilis</i> (Dreyer)	0	1
52	<i>Heliodiscus sol</i> (Ehrenberg)	0	1	109	<i>Tricolocapsa cf. bergontiana</i> (Carnevale)	0	1
53	<i>Hexacromyom hexactis</i> (Stöhr)	0	1	110	<i>Tricolocapsa cristata</i> (Carnevale)	1	0
54	<i>Hexalochetta sp. A</i>	2	1	111	<i>Tympanomma cf. anthopphora</i> (Haeckel)	0	1
55	<i>Lithocampe subligata</i> Stöhr Group	8	4	112	<i>Tympanomma sp. A</i>	1	0
56	<i>Lithoepra renzae</i> Sanfilippo et Riedel	0	1	113	<i>Tympanomma sp. B</i>	0	1
57	<i>Lithomelissa cf. cladoscena</i> (Petrushevskaya in Petrushevskaya and Kozlova)	1	0				

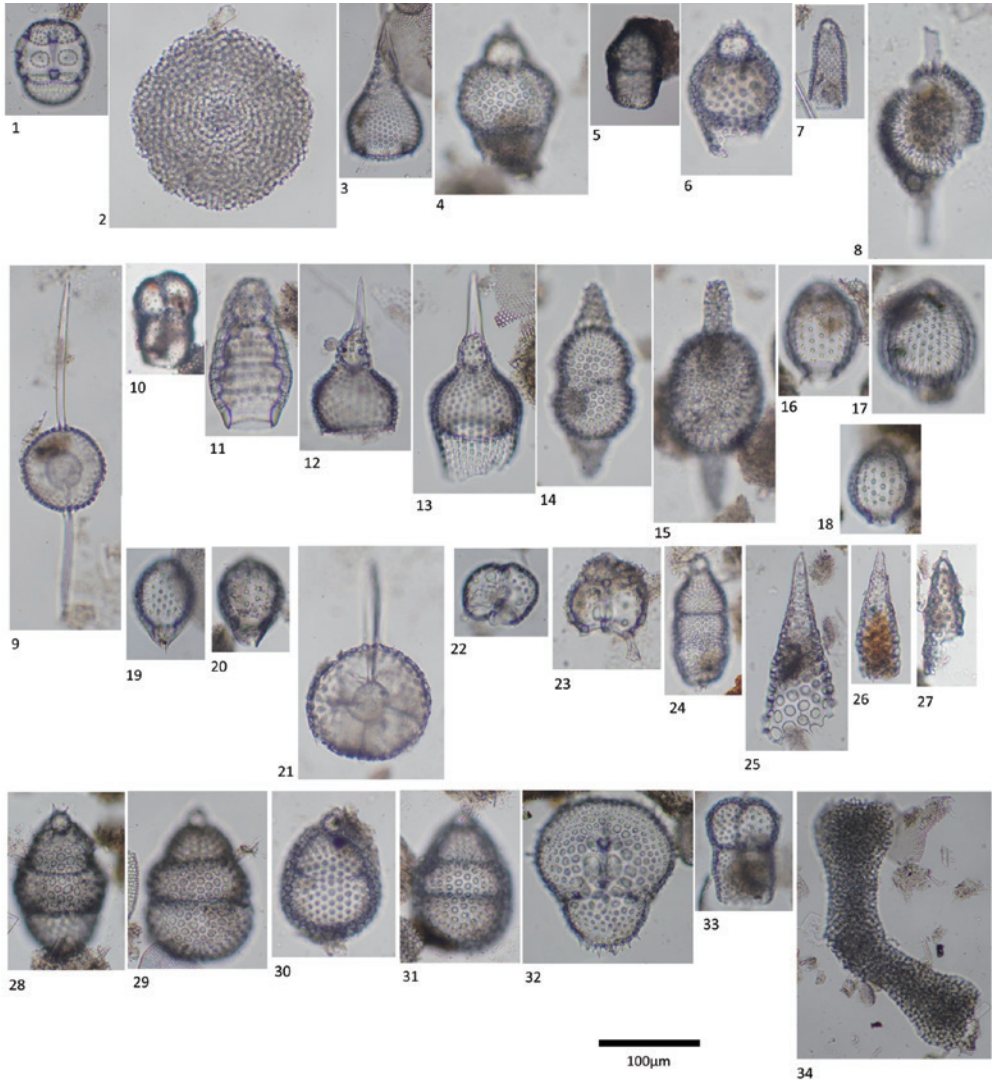


Fig. 2-1 Photograph of radiolarian fossils. [a] and [b] indicate sampling locations. 1: *Amphispyris ovalis* (Goll) [Sample b]. 2: *Annulatospira pulcher* (Clark et Campbell) [Sample a]. 3: *Anthocyrtidium oxycephalis* (Haeckel) [b]. 4: *Anthocyrturium* cf. *pyrum* (Haeckel) [b]. 5: *Aphetocyrtis?* aff. *hamata* (O'Connor) [a]. 6: *Aphetocyrtis?* *perforalvus* (O'Connor) [b]. 7: *Artostrobos* sp. A [b]. 8: *Axoprunum?* *angelinum* (Campbell et Clark) [b]. 9: *Axoprunum?* *venusum* (Haeckel) [a]. 10: *Botryocampe antarcticum* (Haecker) [b]. 11: *Botryostrobos aquilonaris* (Bailey) [b]. 12: *Calocyclus* aff. *parva* (Moore) [b]. 13: *Calocyclus* cf. *mizutamiensis* Sugiyama et Furutani [a]. 14: *Cannartus amphiconicus* (Haeckel) [b]. 15: *Cannartus bassanii* (Carnevale) [b]. 16: *Carpocanium amphorum* (Haeckel) [a]. 17: *Carpocanium diadema* Haeckel [b]. 18: *Carpocanium microdon* Ehrenberg [a]. 19: *Carpocanium pulchrum* Carnevale [b]. 20: *Carpocanium solitarium* (Ehrenberg) [a]. 21: *Carpocanthum* sp. A [b]. 22: *Ceratospyris* cf. *sminolum* (Stöhr) [b]. 23: *Ceratospyris* sp. A [b]. 24: *Clinorhabdus ispoera* cf. *mizutamiensis* Sugiyama et Furutani [a] [b]. 25: *Cornutella gracilis* Ehrenberg [a] [b]. 26: *Cornutella profunda* Ehrenberg [a]. 27: *Cornutella trichostyla* Ehrenberg [b]. 28: *Cyrtocapsella compressa* (Stöhr) [a]. 29: *Cyrtocapsella cornuta* (Haeckel) [b]. 30: *Cyrtocapsella japonica* (Nakaseko) [b]. 31: *Cyrtocapsella tetrapera* (Haeckel) [b]. 32: *Desmospyris* sp. A [b]. 33: *Desmospyris* sp. B [b]. 34: *Dictyocoryne californica* (Clark et Campbell) [b].

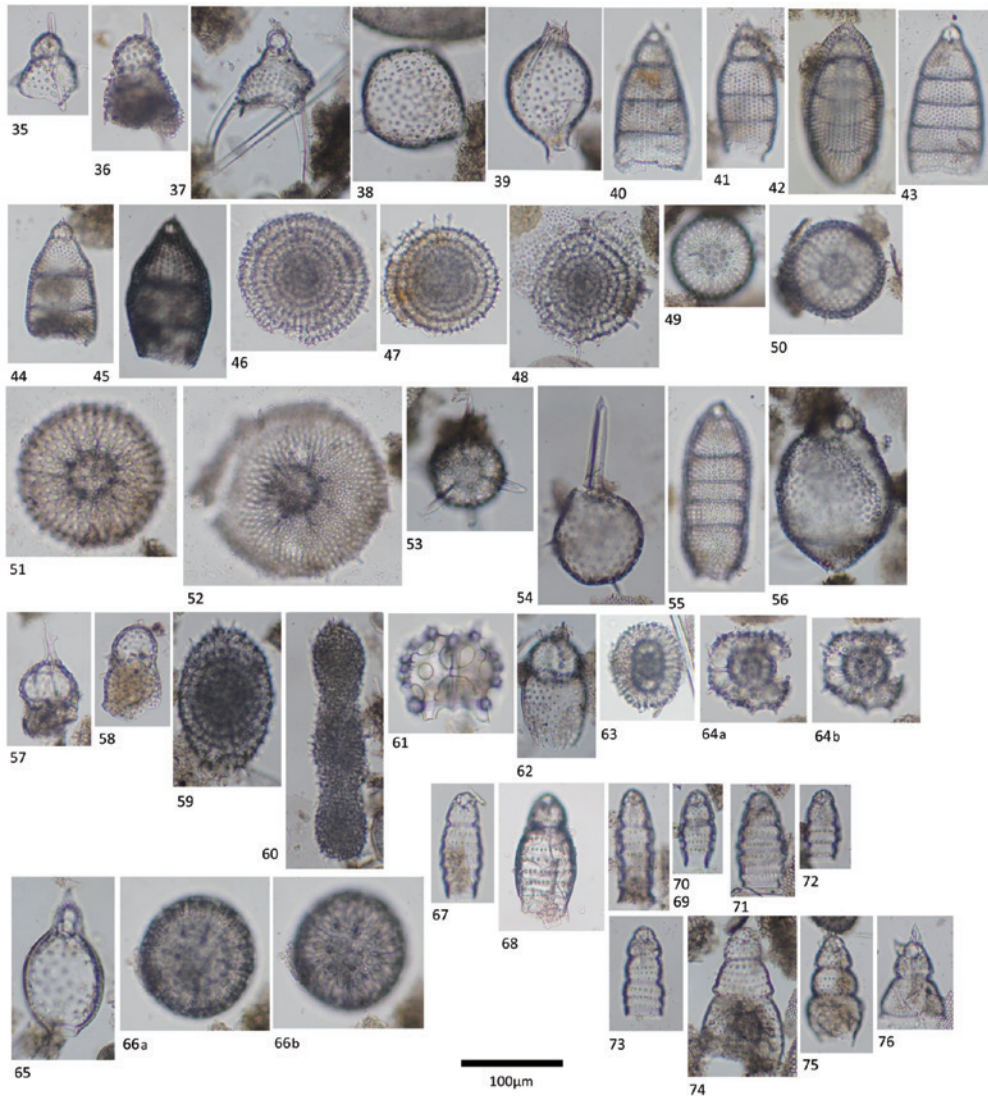


Fig. 2-2 35: *Dictyophimus lectairi* (Caulet) [Sample a]. 36: *Dictyophimus* sp. A [Sample b]. 37: *Dictyopodium* sp. A [b]. 38: *Disolenia* aff. *quadrata* (Ehrenberg) [b]. 39: *Disolenia amphistoma* (Dreyer) [b]. 40: *Eucyrtidium* cf. *demersissimum* Ehrenberg [a]. 41: *Eucyrtidium calvertense* Martin Group [a]. 42: *Eucyrtidium diplospirum* (Haeckel) [a]. 43: *Eucyrtidium dufresni* Caulet [b]. 44: *Eucyrtidium?* cf. *frochlichi* Caulet [a]. 45: *Eucyrtidium?* *yatsuoense* Nakaseko [a]. 46: *Flustrella cornuspira* (Campbell et Clark) [b]. 47: *Flustrella dujardinii* (Haeckel) [a]. 48: *Flustrella praetexta* Ehrenberg [b]. 49: *Haliomma grecoi* (Vinassa de Regny) [a]. 50: *Haliometta* cf. *miocenica* (Campbell et Clark) [a]. 51: *Heliodiscus amphidiscus* (Müller) [b]. 52: *Heliodiscus sol* (Ehrenberg) [b]. 53: *Hexacromyum hexactis* (Stöhr) [b]. 54: *Hexalanchetta* sp. A [b]. 55: *Lithocampe subligata* Stöhr Group [a]. 56: *Lithoepra renzae* Sanfilippo et Riedel [b]. 57: *Lithomelissa* cf. *cladoscena* (Petrushevskaya in Petrushevskaya and Kozlova) [a]. 58: *Lithomelissa gelasinus* O'Connor [a]. 59: *Middourium polyacanthum* (Campbell et Clark) [b]. 60: *Ommatogramma* cf. *spatulaeforme* (Clark et Campbell) [b]. 61: *Pentalospyris felis* (Haeckel) [a]. 62: *Petalospyris tricornis* (Haeckel) [b]. 63: *Phacolarnaciium* sp. A [b]. 64a & 64b: *Phorticium* aff. *clevei* (Jørgensen) [a]. 65: *Plannapus microcephalus* (Haeckel) [b]. 66a & 66b: *Qiuiripylolena spongiosa* (Dreyer) [a]. 67: *Siphocampe annulosa* Haeckel [a]. 68: *Siphocampe* cf. *plicata* (Kozlova et Petrushevskaya) [a]. 69: *Siphocampe hyperborea* (Bailey) [a]. 70: *Siphocampe lineata* (Ehrenberg) [b]. 71: *Siphocampe modeloensis* (Campbell et Clark) [b]. 72: *Siphocampe nodosaria* (Haeckel) [b]. 73: *Siphocampe* sp. A [b]. 74: *Siphostichartus corona* (Haeckel) [b]. 75: *Siphostichartus praecorona* Nigrini [b]. 76: *Siphostichartus spirocyrtis* (Petrushevskaya in Petrushevskaya and Kozlova) [b].

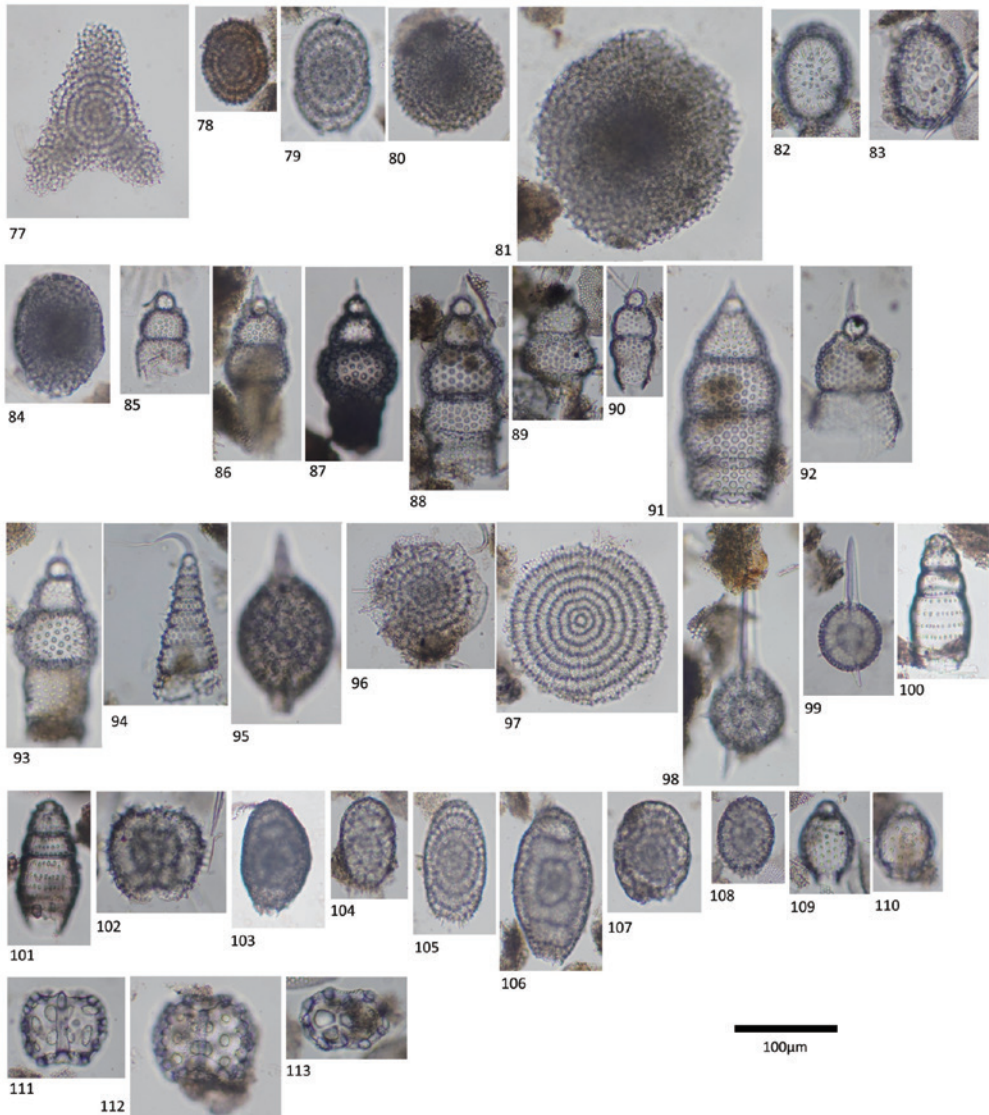


Fig. 2-3 77: *Spongasteriscus* sp. A [Sample a]. 78: *Spongocyelia ellipticus* (Dreyer) [a]. 79: *Spongocyelia* sp. A [a]. 80: *Spongodiscus resurgens* Ehrenberg [a]. 81: *Spongopyle?* sp. A [Sample b]. 82: *Spongopylidium aemiliana* (Lucchese) [a]. 83: *Spongopylidium* aff. *ellipticum* (Chen MH et Tan ZY) [b]. 84: *Spongopylidium ovatum* (Dreyer) [b]. 85: *Stichocorys* aff. *johnsoni* Caulet [b]. 86: *Stichocorys armata* (Haeckel) [a]. 87: *Stichocorys brevicornis* (Principi) [a]. 88: *Stichocorys delmontensis* (Campbell et Clark) [b]. 89: *Stichocorys incrassata* (Stöhr) [b]. 90: *Stichocorys italica* (Principi) [b]. 91: *Stichocorys peregrina* (Riedel) [a]. 92: *Stichocorys* sp. A [b]. 93: *Stichocorys wolffii* Haeckel [a]. 94: *Stichophrata cuspidata* (Bailey) [b]. 95: *Stylatractona neptunus* (Haeckel) [a]. 96: *Stylodictya aculata* Jørgensen [b]. 97: *Stylodictya tenuispina* Jørgensen [a]. 98: *Stylosphaera* cf. *floridus* (Renaudie et Lazarus) [a]. 99: *Stylosphaera timmsi* (Campbell et Clark) [b]. 100: *Theocamptra* cf. *marylandica* (Martin) [b]. 101: *Theocamptra ovata* (Haeckel) [a]. 102: *Tholomura* aff. *pilura* (Zhang LL et Suzuki N) [b]. 103: *Tholospira* aff. *laevigata* (Lucchese) [b]. 104: *Tholospira labyrinthosa* Lazarus, Faust et Popova-Goll [b]. 105: *Tholospira multipora* (Lucchese) [a]. 106: *Tholospira osculatus* (Haeckel) [a]. 107: *Tholospira spiralis* (Dreyer) [a]. 108: *Tholospira variabilis* (Dreyer) [b]. 109: *Tricolocapsa* cf. *bergontiana* (Carnevale) [b]. 110: *Tricolocapsa cristata* (Carnevale) [a]. 111: *Tympanomma* cf. *anthopphora* (Haeckel) [b]. 112: *Tympanomma* sp. A [a]. 113: *Tympanomma* sp. B [b].

(Bailey), *S. hyperborea* (*Lithomitra arachnea* (Ehrenberg) または *Siphocampe arachnea* (Ehrenberg) は本種のシノニム) は北半球ないし南半球の高緯度にすみ、冷温に適応した種である (Motoyama and Nishimura, 2005; Nishimura and Nakaseko, 2011; Kamikuri and Motoyama, 2020)。 *S. hyperborea* も含め、*Cornutella* 属 (*Cornutella gracilis* Ehrenberg, *Cornutella profunda* Ehrenberg, *Cornutella trichostyla* Ehrenberg) は深海に生息する種と言われる (Wang *et al.*, 2006; Matsuzaki *et al.*, 2019; Qiu *et al.*, 2021)。

年代決定に有用な種には、Kamikuri *et al.* (2009), 本山・高橋 (1997), Sanfilippo and Nigrini (1998), Nigrini *et al.* (2006) などに取り上げられている分類群が見つかった。葉山層群で知られている堆積年代の決定に有用な種をあげると、*Cyr. japonica*, *Cyr. tetrapera*, *Can. bassanii*, *Lithopera renzae* Sanfilippo *et* Riedel, *Stichocorys armata* (Haeckel), *S. delmontense*, *S. peregrina*, *S. wolffii* などが産出している。

考 察

放散虫化石年代

野比海岸からの放散虫化石年代はすでに報告がある (鈴木・蟹江, 2010; 鈴木, 2012) が、あらためて Kamikuri *et al.* (2007, 2009) に従い確認した。なお、数値年代に 15.00 ~ 15.20 Ma のように幅がある場合は、15.10±0.10 Ma のように誤差幅を示す表記を変え、簡易に表記する場合は 15.1 Ma のように最小桁が誤差を含むよう有効数字を示した。この表記によって誤差を含む桁数が明瞭になり、簡易表記にした場合の 15.1 Ma と 15.10 Ma の桁数の違いは誤差を含む桁数の違いであることを示す。年代決定に使われる種の初出現や最終出現の時期から共産しうる年代幅を狭めていく手法をとったところ、*Lithopera renzae* と *Cannartus bassanii* の共産によってもっとも年代幅が狭くなることが分かった。具体的には、*L. renzae* の初出現が 15.10±0.10 Ma (Kamikuri *et al.*, 2007), *Can. bassanii* (Carnevale) の最終出現が 13.51±0.085 Ma (Kamikuri *et al.*, 2009) であるため、試料の年代は 15.1 ~ 13.51 Ma となる。鈴木・蟹江 (2010) や 鈴木 (2012) は Sanfilippo and Nigrini (1998) の化石帯を当てはめている。野比海岸の試料からは化石帯の RN4 や RN5 の化石帯を定義する種 (正確にはバイオイベント層準) が得られなかった。そこで、今回推定した数値年代を機械的に当てはめると

Sanfilippo and Nigrini (1998) の RN4 上部から RN5 中部と対比されることになり、既存の研究とは大きく変わらない化石帯と対比されるとみなせる。*Cannartus tubarius* (Riedel & Sanfilippo) と *Cannartus violina* Haeckel (旧分類ではともに *Didymocyrtis*) が検討試料から見つからない。Sanfilippo and Nigrini (1998) によれば、両種の見つかる試料では見つかりやすい (たとえば Sakai, 1980; Nigrini *et al.*, 2006)。この2種の最終出現は Nigrini *et al.* (2006) によれば 14.68 Ma (原典では 14.69 Ma だが、Gradstein *et al.* (2012) による標準年代尺度の 2012 年版に読み替えてある) とある。この考えを当てはめることが出来れば、試料年代の下限は 15.1 Ma から 14.68 Ma まで新しくなる可能性があり、機械的に読み替えると Sanfilippo and Nigrini (1998) の RN5 最下部から中部に限定されるかもしれない。

古環境

既存の研究ならびに本研究から、低緯度放散虫化石帯の示準化石の *Stichocorys wolffii*, *Siphostichartus corona*, *Cyrtocapsella cornuta*, *Can. bassanii* が含まれるため、熱帯~亜熱帯の水塊があったのは明らかである。しかし先に述べたように、寒冷な水塊に生息する種も同じ岩石試料に確実に含まれている。これを説明する仮説としては、温暖水塊と冷温水塊が層構造を作っているあるいは、混合水塊を作っていることが考えられる。そこで、中新世の放散虫動物地理区と生息水深を論じた Oseki and Suzuki (2009) を参考にすると、*Cyr. cornuta*, *S. corona*, *L. renzae*, *Carpocanium* spp., Panartidae 科 (原典では Artiscinae 亜科) が浅海域の赤道および中緯度地域の群集 (< 200 ~ 500 m, 中深層の中部から上部), *Stichocorys delmontensis* と *Stichocorys peregrina* が表層の下の赤道域および中緯度域 (> 200 ~ 500 m, 中深層の中部から下部) の放散虫, *Cyrtocapsella tetrapera* が表層下の汎世界的な地域で見られる放散虫 (> 100 ~ 200 m, 表層下部), *Cornutella profunda* が深海にすみ汎存種とされる。*C. profunda* の生息水深は Matsuzaki *et al.* (2019) は Cluster C の 1,000 ~ 2,000 m, つまり漸深層としている。Zhang *et al.* (2018) は現生種の共生藻類の有無と水塊との関係から、共生藻類をもつ放散虫は原則として低緯度 (亜熱帯) にすみことを特定した。そのなかで科レベルで絶対共生関係にある分類群である *Phortidium* 属 (Phorticiidae 科) や

Tholospira 属 (Larcospiridae 科) が見ついているため、透光帯には亜熱帯の水塊の影響があったと考えられる。Oseki and Suzuki (2009) で取り上げられている浅い赤道域のみと高緯度地域の放射虫は野比海岸の試料にはみられず、混合水塊の可能性は低い。深い種は湧昇流によって浅海で見つかる事例があるが、Suzuki and Not (2005) に記されたような湧昇流の兆しを野比海岸からの放射虫群集に見いだすことは出来ない。以上をまとめると、表層は亜熱帯の水塊の影響があり、表層下部から中深層まで低緯度から中緯度の水塊が占め、漸深層の水塊も堆積場に届いてたと解釈される。堆積場の水深は 1,000 ~ 2,000 m に達していた可能性がある。

新知見と今後の展望

これまでの一連の研究 (鈴木・蟹江, 2010; 鈴木, 2012) では扱われていなかった分類群の産出を明らかにしたことで、群集組成が明確になったことは意義深い。また将来の放射虫研究の進展によって解釈が変わるかも知れないが、全種を図示したことでそのときに備えることが出来たと考える。

今回の全群集解析によって、これまで中新世から記録がはっきりしなかった種を得ることが出来た。*Carpocanium diadema* Haeckel, *Carpocanium microdon* Ehrenberg, *Heliodiscus sol* Stöhr, *Plannapus microcephalus* (Haeckel), *Siphocampe lineata* (Ehrenberg) などが該当する。本研究によって、これらの化石記録が中新世にまでさかのぼる事が分かった。また、現生・第四紀中期以降の種の祖先の可能性もある分類群も得られている。*Disolenia* aff. *quadrata* (Ehrenberg), *Phorticium* aff. *clevei* (Jørgensen), *Spongopylidium* aff. *ellipticum* (Chen M.H. et Tan Z.Y.), *Tholomura* aff. *pilura* (Zhang L.L. et Suzuki N.) が該当する。これらはタイプ標本と明らかに異なる別種だが、形態が同属近縁種程度に近く、子孫-祖先関係にあるものと考えられる。4 種のうち *P.* aff. *clevei* 以外は低緯度から見ついていることから、新たな環境指標種になる可能性が十分に考えられる。

まとめ

三浦半島の野比海岸の葉山層群から保存状態の良い放射虫化石群集を抽出した。この放射虫化石群集には 113 の形態種が含まれ、75 種の種小名を特定し

た。その結果、日本初記録種や、生存期間が中新世まで下がるのが初めて明らかになった種、亜熱帯～熱帯種の祖先とみられる形態種が見つかった。この群集は、15.1 ~ 13.51 Ma の年代を示すと見積もられた。示相化石に着目すると赤道域から中緯度域を示す放射虫からなり、成層した水塊が水深 1,000 ~ 2,000 m の堆積場に存在した可能性が考えられる。

謝 辞

所沢北高校理科数科生徒の早岡朋輝、武藤大空、山原 仁の諸氏には野外調査と化石抽出の際に協力していただいた。神奈川地学会の鈴木進氏には本校の放射虫調査で長年便宜を図っていただいていた。以上の方々に感謝を申し上げます。匿名の査読者ならびに横須賀市自然・人文博物館の編集担当柴田健一郎氏からは原稿をよりよくするご提案を多数いただき、原稿は大きく改善された。

引用文献

- 江藤哲人 1986. 三浦半島葉山層群の層位学的研究. 横国大理紀要・第二類, (33): 67-105.
- 江藤哲人・尾田太良・長谷川四郎・本田信幸・船山政昭 1987. 三浦半島中・北部の新生界の微化石生層序年代と古環境. 横国大理紀要・第二類, (34): 41-57.
- 江藤哲人・矢崎清貴・ト部厚志・磯部一洋 1998. 横須賀地域の地質. 128 ページ. 地域地質研究報告, 5 万分の 1 地質図幅. 地質調査所.
- Gradstein F., Ogg J., Schmitz M. and Ogg G. 2012. *The Geologic Time Scale 2012*. 1176 pp. Elsevier, New York.
- 芳賀正和・鈴木 進 1999. 三浦半島葉山層群下部から産出した珪藻化石. *Diatom*, **15**: 119-125.
- 板木拓也 2003. 砂質堆積物からの放射虫殻の懸濁分離法. 化石, (73): 38-41.
- Kamikuri S. and Motoyama I. 2020. Variation in the eastern North Pacific subtropical gyre (California Current system) during the Middle to Late Miocene as inferred from radiolarian assemblages. *Marine Micropaleontology*, **155**: 101817.
- Kamikuri S., Nishi H. and Motoyama I. 2007. Effects of late Neogene climatic cooling on North Pacific radiolarian assemblages and oceanographic conditions.

- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **249**: 370–392.
- Kamikuri S., Motoyama I., Nishi H. and Iwai M. 2009. Neogene radiolarian biostratigraphy and faunal evolution rates in the eastern equatorial Pacific ODP Sites 845 and 1241. *Acta Palaeontologica Polonica*, **54**: 713–742.
- Matsuzaki K., Itaki T. and Sugisaki S. 2019. Polycystine radiolarians vertical distribution in the subtropical Northwest Pacific during Spring 2015. *Paleontological Research*, **24**: 113–133.
- Motoyama I. and Nishimura A. 2005. Distribution of radiolarians in North Pacific surface sediments along the 175° E meridian. *Paleontological Research*, **9**: 95–117.
- 本山 功・高橋雅紀 1997. 房総半島，中部中新統木の根層および天津層の放散虫化石層序—珪質・石灰質微化石層序の統合に向けて—。石油技術協会誌，**63**: 226–238.
- Nigrini C., Sanfilippo A. and Moore T. C. Jr. 2006. Cenozoic radiolarian biostratigraphy: A magnetobiostratigraphic chronology of Cenozoic sequences from ODP sites 1218, 1219, and 1220, equatorial Pacific. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **199**: 1–76.
- Nishimura A. and Nakaseko K. 2011. Characterization of radiolarian assemblages in the surface sediments of the Antarctic Ocean. *Palaeoworld*, **20**: 232–251.
- O' Dogherty L., Caulet J. P., Dumitrica P. and Suzuki N. 2021. Catalogue of Cenozoic radiolarian genera (Class Polycystinea). *Geodiversitas*, **43**: 709–1185.
- Oseki S. and Suzuki N. 2009. Miocene to Pleistocene paleogeographic distributions of polycystine radiolarians in the North Pacific. *News Osaka Micropaleontologists (NOM)*, Spec. Vol., **14**: 183–238.
- Qiu Z. Y., Zhang L. L., Xiang R., Zhang Q., Hu B. Q. and Chen M. H. 2021. Biodiversity of radiolarians in surface sediments from the East Indian Ocean and their implication for water masses. *Deep-Sea Research I*, **177**: 103625.
- Sakai T. 1980. Radiolarians from Sites 434, 435 and 436, northwest Pacific, Leg. 56, DSDP. *Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project*, **55–56**: 695–733.
- Sanfilippo A. and Nigrini C. 1998. Code numbers for Cenozoic low latitude radiolarian biostratigraphic zones and GPTS conversion tables. *Marine Micropaleontology*, **33**: 109–156.
- Suzuki N. and Not F. 2015. Chapter 8. Biology and Ecology of Radiolaria. In Ohtsuka S., Suzuki T., Horiguchi T., Suzuki N. and Not F. eds. *Marine Protists. Diversity and Dynamics*: 179–222. Springer, Tokyo.
- Suzuki N., O' Dogherty L., Caulet J. P. and Dumitrica P. 2021. A new integrated morpho- and molecular systematic classification of Cenozoic radiolarians (Polycystinea) – a suprageneric taxonomy and logical nomenclature act. *Geodiversitas*, **45**: 405–573.
- 鈴木 進 2012. 神奈川県東部の三浦半島に分布する中新統葉山層群の放散虫化石年代. 神奈川博調査研報(自然), (14): 65–74.
- 鈴木 進・蟹江康光 2010. 神奈川県南東部の葉山層と三浦層群から産出した放散虫化石による生層序年代. 横須賀市博研報(自然), (57): 1–17.
- 高橋雅紀 2008. 3.3.3 三浦半島. 日本地質学会(編) 日本地方地質地誌3関東地方: 187–193. 朝倉書店, 東京.
- Wang R. J., Xiao W. S., Li Q. Y. and Chen R. H. 2006. Polycystine radiolarians in surface sediments from the Bering Sea Green Belt area and their ecological implication for paleoenvironmental reconstructions. *Marine Micropaleontology*, **59**: 135–152.
- Zhang L. L., Suzuki N., Nakamura Y. and Tuji A. 2018. Modern shallow water radiolarians with photosynthetic microbiota in the western North Pacific. *Marine Micropaleontology*, **139**: 1–27.