

飛騨外縁帯一重ヶ根層から産出する後期シルル紀 Inaniguttidae 科放散虫の形態変化

栗原 敏之¹⁾

Morphologic variation of Late Silurian inaniguttid radiolarians from the Hitoegane Formation of the Hida-gaien terrane, Gifu Prefecture, central Japan

KURIHARA Toshiyuki¹⁾

1)新潟大学大学院自然科学研究科(Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan)

(2007 年 7 月 12 日受付, 2007 年 7 月 27 日第一回査読終了, 2007 年 12 月 10 日受理)

Abstract

Many individuals of Late Silurian radiolarians from the Hitoegane Formation in the Hida-gaien terrane, Takayama City, Gifu Prefecture, central Japan, were illustrated for further understandings of biosystematics of Silurian spherical taxa and practical observations in moderately-preserved fossil assemblages. All radiolarian assemblages recognized in the present study are characterized by abundant occurrences of *Zadrappolus* species and large spherical inaniguttids that were tentatively placed in the genus *Oriundogutta*. *Zadrappolus*-individuals in the examined samples included many intermediate morphotypes in cortical shell diameter and spine morphology among the previously proposed different species. Quantitative studies on their morphology, for example, could provide a more definitive classification to inaniguttids, and a revised classification would contribute to understand paleoceanography in Silurian.

Key words: Hida-gaien terrane, Hitoegane, Inaniguttidae, Late Silurian, spherical radiolarians

はじめに

後期シルル紀から前期デボン紀の放散虫は、1980 年代後半から幾つかのまとまった研究成果が公表され（例えば、Nazarov, 1988 ; Furutani, 1990 ; Wakamatsu et al., 1990 ; Nazarov and Ormiston, 1993 ; Noble, 1994），1990 年代末には殻形態の多様性と各分類群のおおよその消長が知られるところとなった（Noble and Aitchison, 2000）。なかでも、前期デボン紀の Palaeoscenidiidae 科や Ceratoikiscidae 科は、Furutani (1996)，古谷（1997, 1998, 2001）によって層位分布と形態変化が詳細に検討され、近縁種における多様性が多くの図版とともに示されている。

最近、前期シルル紀の球状放散虫について、石灰質コンクリーションなどから得られる極めて保存良好な試料を用いて、殻形態の検討が進められている（例えば、MacDonald, 2006 ; Jones and Noble, 2006）。これらの研究では前期シルル紀に繁栄した Haplotaeniatumidae 科が中心であるが、それとともに後期シルル紀～前期デボン紀で生層序学的に重要な

となる Inaniguttidae 科について、特にその内部骨格構造を示した写真が報告されている。一方、これまで図示された後期シルル紀～前期デボン紀の放散虫の多くは北米や日本の珪質岩や凝灰岩からのものであり（例えば、Noble, 1994 ; Aitchison et al., 1996 ; Umeda, 1997），石灰質コンクリーション中の化石のように微細な殻構造が残されていない場合が多い。さらに、いずれの研究でも、殻のサイズの違いなどが一見してわかるような図示がなされておらず、種内変異や環境の違いによる殻の変化の識別など、発展研究を進めるにあたり障害となっている。

ところで最近、モンゴルに分布する中央アジア造山帯において、付加体を構成するシルル紀～デボン紀のチャートや碎屑岩が見つかっており（Kurihara et al., 2006），シルル系・デボン系放散虫生層序の適用の場が広がりつつある。このような地質学を、今後新たな研究者が放散虫生層序を用いて検討することを考えた場合、種の判別基準や種内の変異性について多くの個体写真を用いて示しておくことは、観察群集の実際や種分類上の問題を直感的に理解できるという点で一定の意義はあると思われる。

飛騨外縁帯一重ヶ根層産の後期シルル紀 Inaniguttidae 科放散虫の形態変化

そこで本論文では、西南日本内帯の飛騨外縁帯において、これまで Furutani (1990) や栗原 (2004) および Kurihara (2007) によって検討されてきたものの、あまり多くの写真は示されていない一重ヶ根層から産出する後期シルル紀の放散虫化石について、特に Inaniguttidae 科の個体写真を多く示すことで前記の目的にせまりたい。

一重ヶ根層の地質概説と試料採取層準の岩相

飛騨外縁帯の岐阜県高山市一重ヶ根 (Fig. 1) に分布するシルル系～デボン系は、当初、吉城層 (Igo et al., 1980) として扱われた。その後、一重ヶ根層 (原山, 1990) と命名され、現在はこの地層名が定着している (東田, 1997; 東田, 2006)。

一重ヶ根層は、いっぽうすい いわつぼだい 一宝水北方の岩坪谷沿いと一重ヶ根東方山腹の林道沿い (Fig. 1B) に主に露出し、珪長質凝灰岩、凝灰質砂岩、凝灰質泥岩およびそれらの互層等からなる (栗原, 2004)。岩坪谷の林道沿いに露出していた珪長質凝灰岩と凝灰質泥岩の細互層からは、オルドビス紀中～後期を示すコノドント化石 (東田・小池, 1997) が報告されている。一重ヶ根東方山腹の凝灰質泥岩・珪長質凝灰岩からは後期シルル紀の三葉虫化石 (Kobayashi and Hamada, 1974, 1987; 田沢・金子, 1991) が、また、一重ヶ根東方山塊の北側斜面からは、前期デボン紀の *Zosterophyllum* 属に似た植物化石が産出したとされている (Igo, 1990)。一重ヶ根層の中より下位を占める岩坪谷沿いの凝灰岩類は、ENE～WSW～WNW～ESE 走向で北に 60°～80°で傾斜し、凝灰質砂岩泥岩互層中には北側上位を示す級化層理が見られる。一重ヶ根東方山腹の林道沿い (Figs. 1, 2) の地層は、露出が極めて不良で露頭も孤立し、そのうえ走向・傾斜が各露頭でかなりばらつくため全体の構造を把握することは難しいが、大局的にみると北または北西に若くなっている。

一重ヶ根層の放散虫化石は、これまで Furutani (1990), 栗原 (2004) および Kurihara (2007) が検討している。栗原 (2004) は、一重ヶ根東方山腹の林道沿いにおける本層の生層序を *Zadrapolus spinosus* - *Praespongocoelia parva* (下～中部ラドロウ統), *Stylosphaera (?) magnaspina* (上部ラドロウ統), *Pseudospongoprunum (?) tauversi* (下～中部プリドリ統), *Futobari solidus* - *Zadrapolus tenuis* 群集帶 (プリドリ統～下部デボン系) に区分している (Fig. 2)。その他、前述の前期デボン紀の植物化石 (Igo, 1990) が産出した付近の地層は *F. solidus* - *Z. tenuis* 帯に対比された。

今回、Fig. 3 で示す放散虫化石が得られたのは、*Z. spinosus* - *P. parva* 帯の試料 ht-1, ht-2 である。Fig. 2

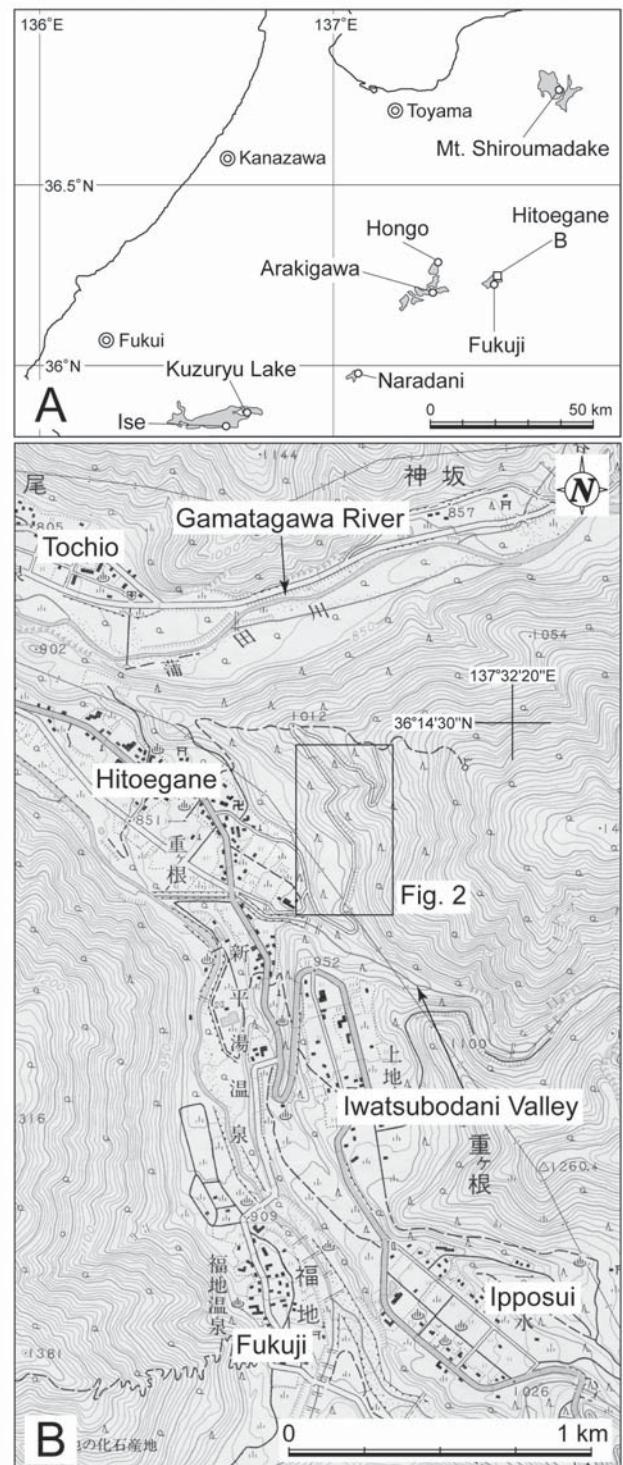


Fig. 1. A: Index map showing rocks of the Hida-gaien terrane (gray areas). B: Index map of the Hitoegane area, Gifu Prefecture, central Japan. The topography is from the 1:25,000 scale "Yakedake" map sheet published by the Geographical Survey Institute of Japan.

に試料採取地点を示す。さらに、栗原 (2004) では化石の保存が悪く公表時に資料に加えなかったセクションからも、その後の検討で比較的保存の良い個体が見つかっており、Fig. 4 に試料 ht-111802, ht-111805, ht-111807, ht-111809 から、Figs. 5, 6 には試料 ht-112903 および ht-

112905, ht-112906 から得られた放散虫化石を示す。以下では、これらの試料の岩相について略述する。

試料 ht-1, ht-2 : Fig. 2 で示した林道沿いに露出する、全体の厚さ 5 m ほどの珪長質凝灰岩層から採取された。Furutani (1990) が *Zadrappolus spinosus* Furutani や *Spongocoelia parvus* Furutani (= *P. parva*) を記載した露頭 (Furutani, 1990 の H-7, H-8, H-9, H-10, H-11) である。この珪長質凝灰岩は単層の厚さ約 2 cm で成層し、薄く凝灰質泥岩を挟む。新鮮な部分の色調は暗緑色である。走向・傾斜は N20° ~ 55° W, 40° ~ 55° N である。

試料 ht-111802, ht-111805, ht-111807, ht-111809 : 林道沿いに、約 35 m にわたり中粒～粗粒の塊状凝灰質砂岩、凝灰質泥岩を薄く挟む中粒～粗粒の層状凝灰質砂岩、細粒～中粒の凝灰質砂岩と凝灰質泥岩の互層が露出しており、凝灰質泥岩からこれらの 4 試料は採取された。これらの凝灰質岩は風化が進み明灰色を呈するが、新鮮な部分では青灰色である。走向は N50° ~ 80° W で、北東に 70° ~ 80° で傾斜している。凝灰質砂岩泥岩互層では北東上位を示す級化構造が見られる。

試料 ht-112903 : この試料は、林道沿いの灰色凝灰質砂岩泥岩互層の小露頭から採取された。走向・傾斜は N80° E, 50° N で、互層中の級化構造は北上位を示す。

試料 ht-112905, ht-112906 : 林道沿いに約 15 m にわたり露出する塊状の粗粒凝灰質砂岩・凝灰質砂岩泥岩互層のより細粒な凝灰質泥岩から採取された。走向・傾斜は N60° E, 50° N である。色調は一部で不整合に覆う第四紀火山岩の色が移り赤色を帯びているが、風化していない部分は青灰色である。

各試料の放散虫化石群集

岩石試料は 5 % のフッ化水素酸溶液に 12 ~ 24 時間浸してエッティングしたのち、ボルディングクロスを用いて水洗・残渣を回収した。この作業を繰り返し、2 ~ 3 回毎に得られた残渣から放散虫個体を実体鏡下で拾い上げ、走査型電子顕微鏡の試料台に固定した。撮影した個体は、試料毎の化石の保存状態によって異なるが、保存の悪い試料では数 10 個体、保存の良い試料では 200 個体程度である。前述の試料の放散虫群からは大きく分けて 3 つの群集が認められたので、以下にそれぞれの概要を示す。なお、Figs. 3 ~ 6 では、球状放散虫の大きさの違いが直感的に認識できるように、全ての個体を同倍率で示している。

試料 ht-1, ht-2 の群集 : Furutani (1990) が *Spongocoelia parvus* - *Spongocoelia kamitakarensis* 群集

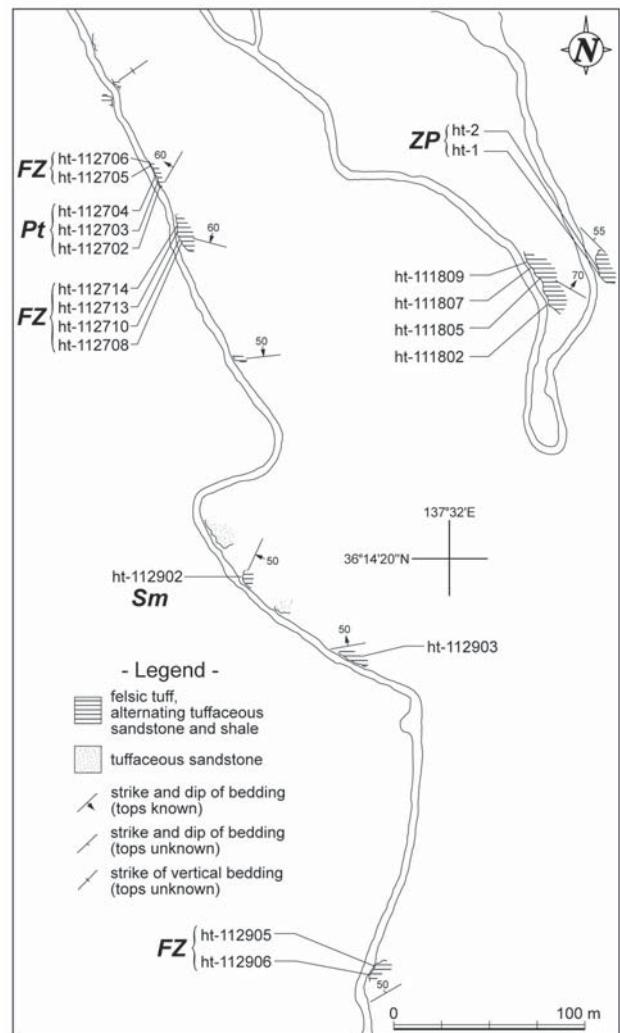


Fig. 2. Route map along the forest road in east of Hitoegane. See Fig. 1B for the location. ZP: *Zadrappolus spinosus*-*Praespongocoelia parva* Assemblage Zone, Sm: *Stylosphaera* (?) *magnaspina* Assemblage Zone, Pt: *Pseudospongoprunum* (?) *tauversi* Assemblage Zone, FZ: *Futobari solidus* - *Zadrappolus tenuis* Assemblage Zone of Kurihara (2004).

としたもので、栗原 (2004) の *Z. spinosus* - *P. parva* 帯の群集に相当する。*Zadrappolus hitoeganensis* Furutani, *Z. spinosus*, *Zadrappolus yoshikiensis* Furutani, *Oriundogutta* (?) *kingi* Noble, *Fusalfanus* (?) *konomoriensis* Aitchison et al., *Praespongocoelia parva* (Furutani), *Rotasphaera* spp. および *Ceratoikiscum armiger* Furutani が含まれる (Fig. 3)。群集の示す時代は、栗原 (2004) が議論したように、ラドロウ世の前～中期と考えられる。

試料 ht-111802, ht-111805, ht-111807, ht-111809 の群集 : この群集には、*Zadrappolus* (?) *nudus* Kurihara, *Oriundogutta* (?) sp., *Z. yoshikiensis*, *Z. hitoeganensis*, *Rotasphaera* sp. および *Palaeoscenidium* spp. が含まれておらず、特に、主棘が少なく、直径 200 ~ 300 μm の外殻を持つ種 (*Z. (?) nudus*, *Oriundogutta* (?) sp.) が多い (Fig. 4)。ただし、いずれの試料の放散虫も保存は不良で、

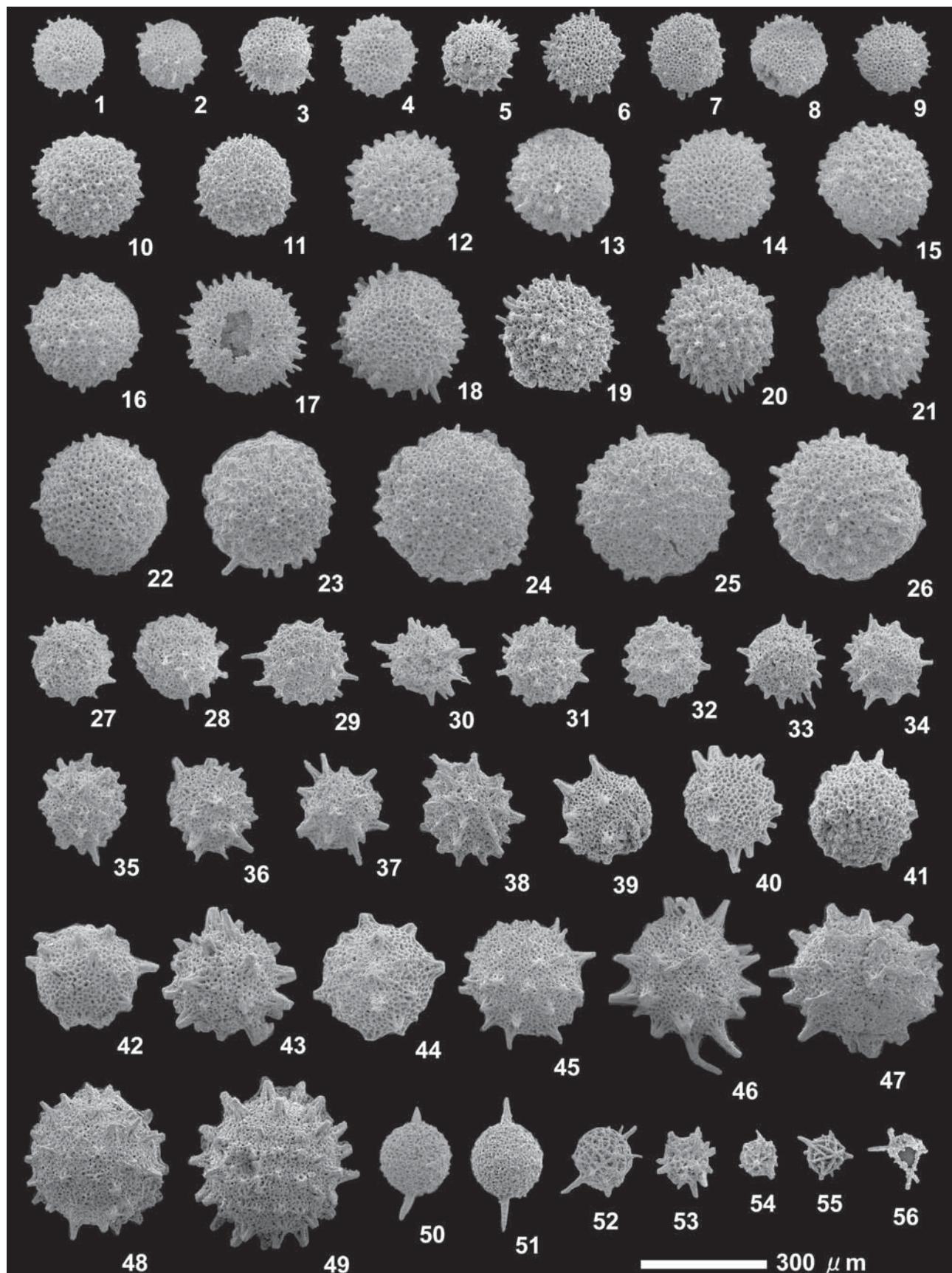


Fig. 3. Radiolarians from felsic tuff (Samples ht-1, ht-2) of the Hitoegane Formation. 1–9: *Zadrappolus hitoeganensis* Furutani, 1–3, 7–9, ht-2, 4–6, ht-1. 10–26: *Zadrappolus spinosus* Furutani, 10–21, 23, 26, ht-2, 22, 24, 25, ht-1. 27–41: *Zadrappolus yoshikiensis* Furutani, 27–38, ht-1, 39–41, ht-2. 42–48: *Oriundogutta (?) kingi* Noble, ht-1. 49: *Fusalfanus (?) konomoriensis* Aitchison, Hada, Ireland and Yoshikura, ht-1. 50, 51: *Praespongocoelia parva* (Furutani), ht-2. 52–55: *Rotasphaera* spp., ht-2. 56: *Ceratoikiscum armiger* Furutani, ht-2.

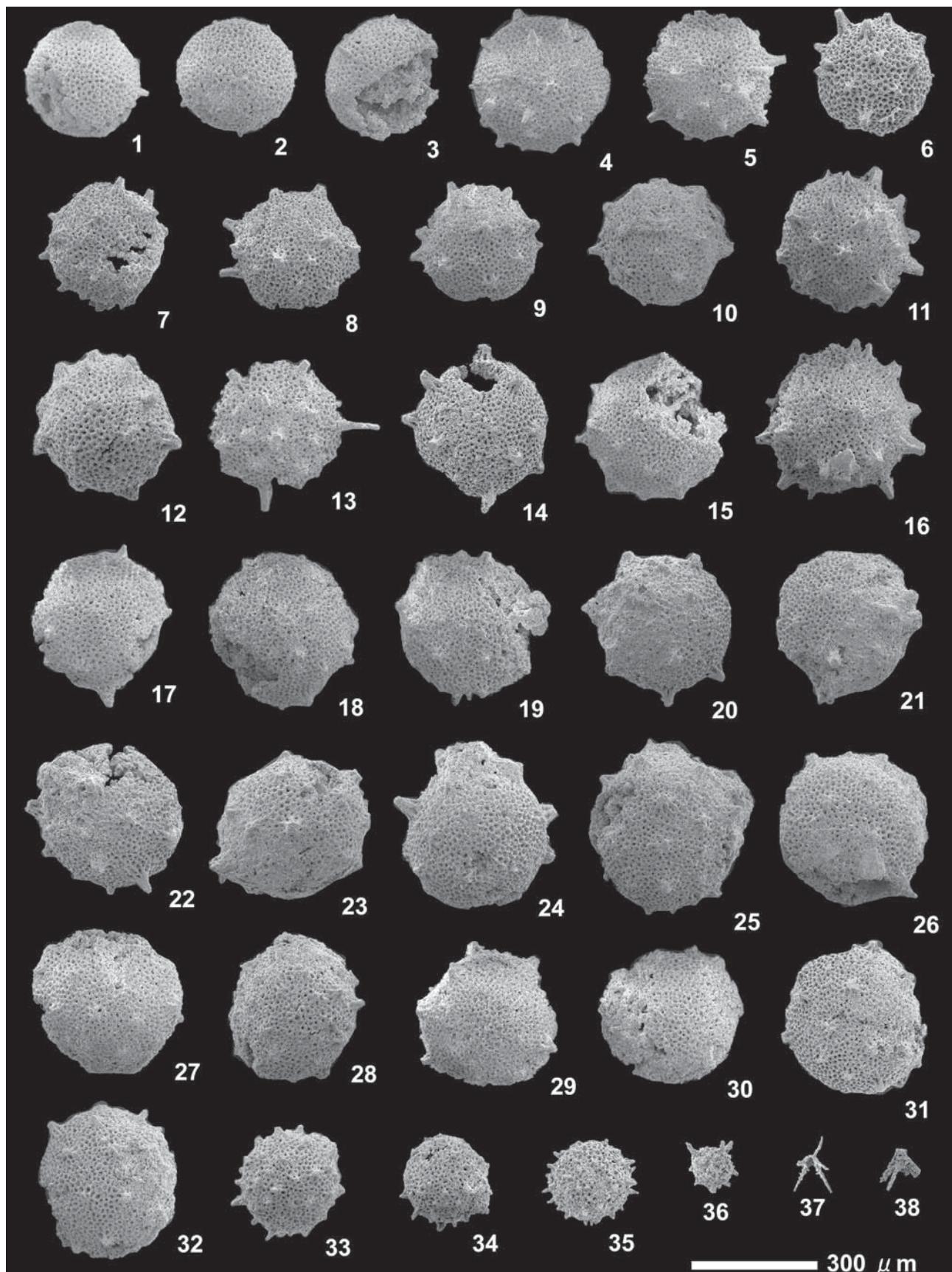


Fig. 4. Radiolarians from tuffaceous mudstone (Samples ht-111802, 111805, 111807, 111809) of the Hitoegane Formation. 1–3: *Zadrappolus* (?) *nudus* Kurihara, ht-111809. 4–32: *Oriundogutta* (?) sp., 4–6, 8, 10, 13, 14, 18, 19, 29–32, ht-111805, 7, 17, ht-111807, 9, 20–28, ht-111802, 11, 12, 15, 16, ht-111809. 33: *Zadrappolus yoshikiensis* Furutani, ht-111809. 34, 35: *Zadrappolus* (?) *hitoeganensis* Furutani, 34, ht-111809, 35, ht-111805. 36: *Rotasphaera* sp., ht-111805. 37, 38: *Palaeoscenidium* spp., 37, ht-111802, 38, ht-111805.

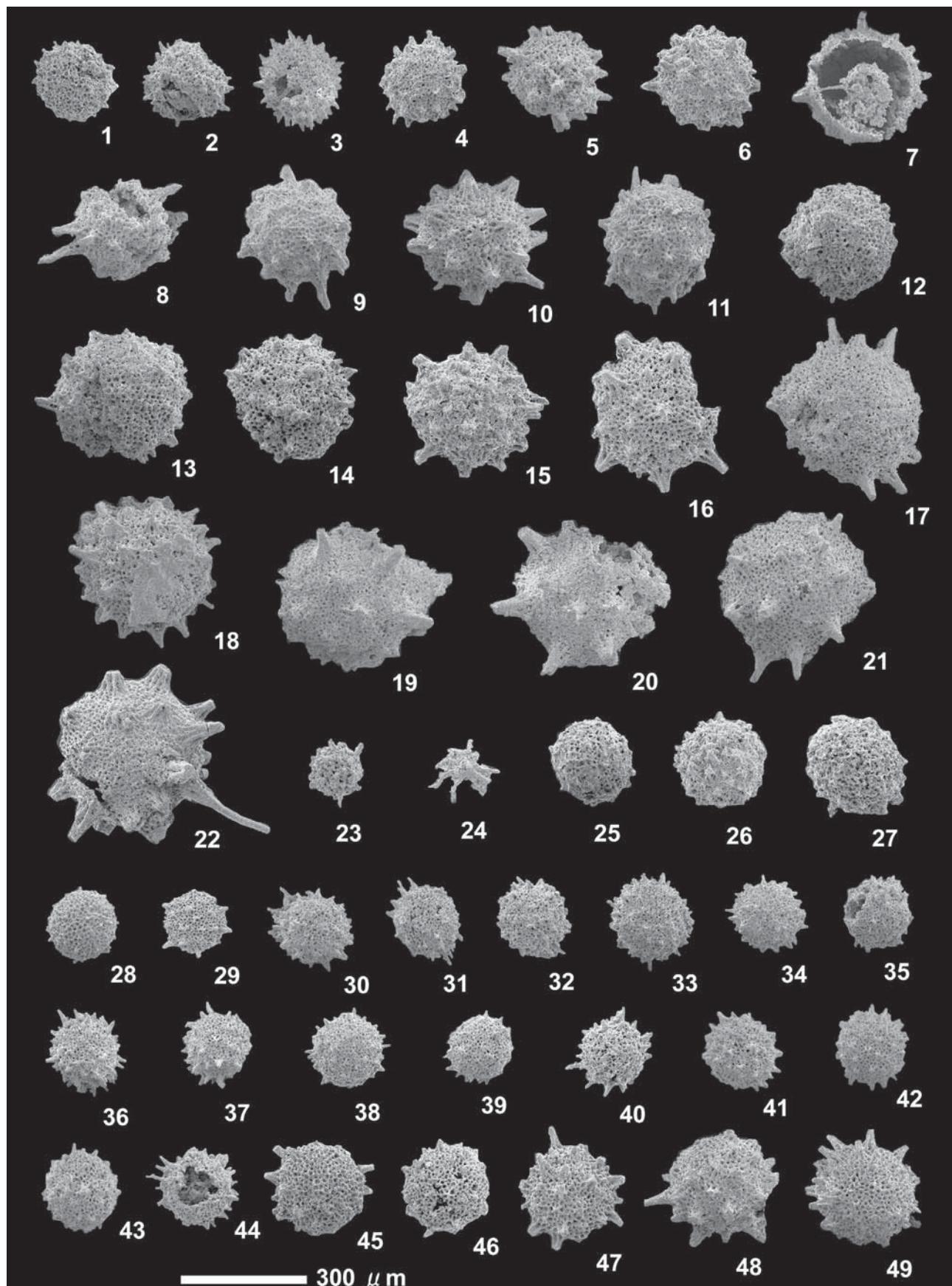


Fig. 5. Radiolarians from tuffaceous mudstone (Samples ht-112903, 112905, 112906) of the Hitoegane Formation. 1–6, 29–49: *Zadrappolus yoshikiensis* Furutani, 1–6, ht-112903, 29–49, ht-112905. 7–22: *Oriundogutta* (?) *kingi* Noble, ht-112903. 23: *Rotasphaera* sp., ht-112903. 24: *Palaeoumbraculum* sp., ht-112903. 25–27: *Zadrappolus* (?) sp., ht-112906. 28: *Zadrappolus hitoeganensis* Furutani, ht-112905.

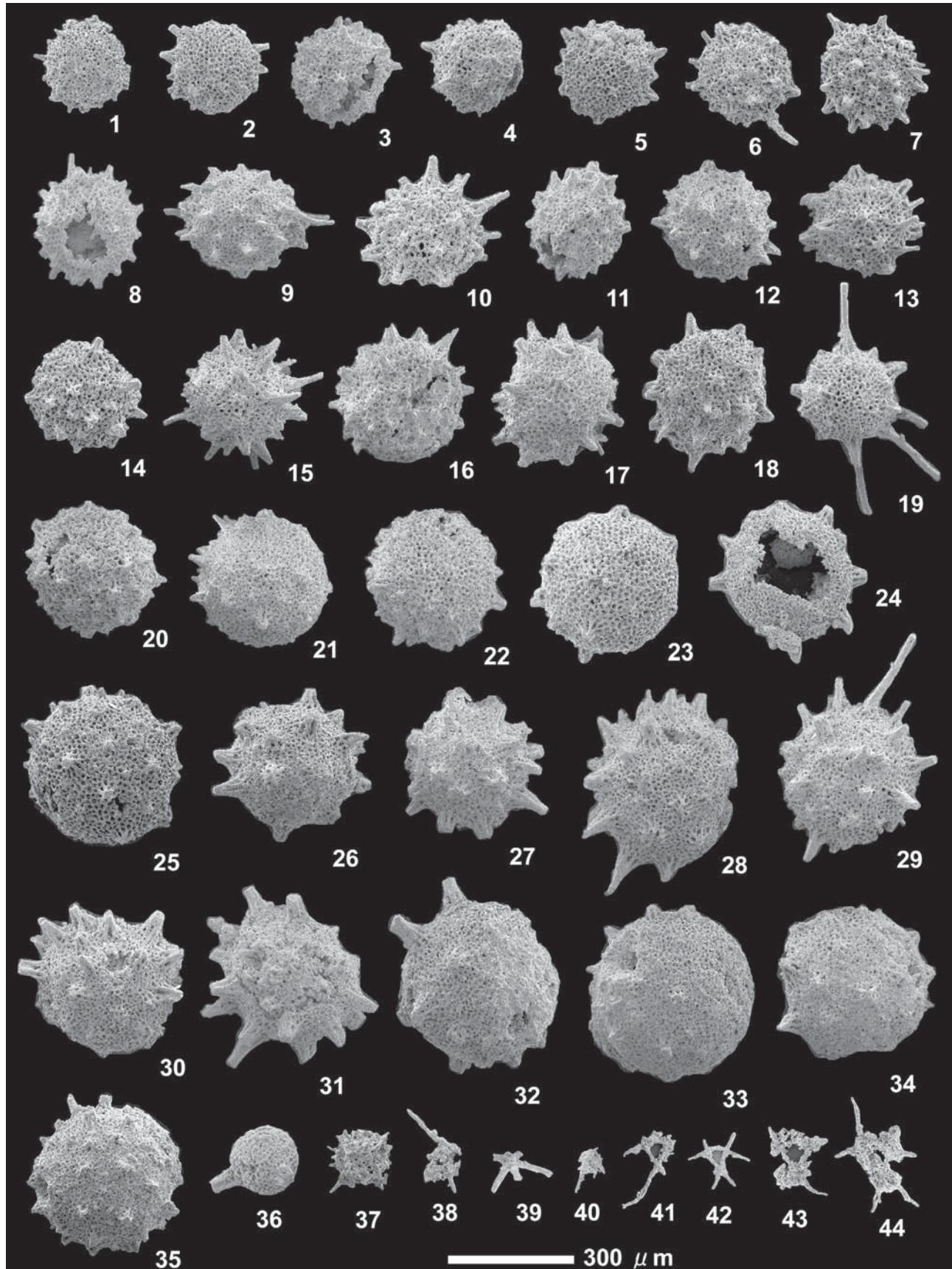


Fig. 6. Radiolarians from tuffaceous mudstone (Sample ht-112905) of the Hitoegane Formation. 1–14: *Zadrappolus yoshikiensis* Furutani. 15–30: *Oriundogutta* (?) *kingi* Noble. 31–35: *Fusalfanus* (?) *konomoriensis* Aitchison, Hada, Ireland and Yoshikura. 36: *Futobari solidus* Furutani. 37: *Rotasphaera* sp. 38: *Palaeoscenidium* sp. 39: *Fukujius yamakoshii* Furutani. 40: *Goodbodium flammatum* (Goodbody). 41, 42: *Ceratoikiscum ichinotaniense* Ishiga. 43, 44: *Ceratoikiscum armiger* Furutani.

Rotasphaera や *Palaeoscenidium* などのように繊細な骨格を持つものが保存されていない可能性は高い。Z. (?) *nudus* (Fig. 4 の 1–3) は、栗原 (2004) が *Zadrappolus* sp. A (栗原, 2004 の Plate I–14) としたもので、わずかに細い主棘が生える直径 280 μm 程度の外殻と 100 μm 程度の内殻を持つ (内殻の枚数は不明)。*Oriundogutta* (?) sp. は、*O.* (?) *kingi* に似るが、主棘は短く少ない。

上述の種から時代を議論するのは難しい。栗原 (2004) の *Zadrappolus* sp. A は、*Fusalfanus osobudaniensis* – *Sequicollacta itoigawai* 群集帯から *F. solidus* – *Z. tenuis* 帯まで産出している。しかし、この群集には *Futobari solidus* Furutani は確認されていないので、おそらく前期デボン紀には及ばず、後期シルル紀の群集と考えられる。

試料 ht-112903, ht-112905, ht-112906 の群集 : Z. yoshikiensis, Z. hitoeganensis, Zadrappolus (?) sp., O. (?) kingi, F. (?) konomoriensis, F. solidus, Rotasphaera sp., Palaeoscenidium sp., Palaeoumbraculum sp., Fukuijus yamakoshii Furutani, Goodbodium flammatum (Goodbody), Ceratoikiscum ichinotaniense Ishiga および C. armiger が含まれ、Z. yoshikiensis と O. (?) kingi が特に多い (Figs. 5, 6)。本群集は、O. (?) kingi の産出と F. solidus がわずかながら含まれることから、F. solidus – Z. tenuis 帯の群集でも後期シルル紀プリドリ世のものに比較される。

Zadrappolus 属放散虫の種間における中間的な殻形態について

前述のいずれの試料でも多産する *Zadrappolus* 属の放散虫は、Nazarov and Ormiston (1984) によって提唱された Inaniguttidae 科に含められている (Furutani, 1990; Noble, 1994)。Inaniguttidae 科は、Noble (1994) がまとめているように (Noble, 1994 の Text-figure 10)，骨針ではなく多面体ないし球状の内殻と大型の格子状外殻をもつことが特徴である。主棘は棒状で先細りになるか円筒状を呈し、基部にのみ稜一溝構造が発達する。De Wever et al. (2001) のように、Inaniguttidae 科を独立した科として扱うことを疑問視する意見もあるが、図版が悪いという理由によるもので、根拠があるように思えない。実際、後期シルル紀では上記の特徴を確実に備える *Fusalfanus* 属、*Zadrappolus* 属および *Futobari* 属が知られており、古生代球状放散虫の独立した一科として重要である。

しかし、後期シルル紀の Inaniguttidae 科における種の分類基準、特に *Zadrappolus* 属については、未だ問題が多

い。例えば、*Fusalfanus* 属や *Futobari* 属の種 (*Fusalfanus osobudaniensis*, *Futobari solidus*, *Futobari morishitai*, いずれも Furutani, 1990 が提唱) は、比較的容易に識別される形質により限定的に定義されている。これに対し、*Zadrappolus* 属の個体を実際に種に区分しようとすると、Furutani (1990) が基準とした外殻の大きさ、主棘の形状 (強く先細りするか円筒状か、あるいは基部の稜一溝構造の発達程度) や密度について中間的形質状態の個体が多数あり、種名を決定するに当たり迷う場合が多い。

例えば、Furutani (1990) の基準にしたがえば、Fig. 3 の 1 ~ 26 のうち、1 ~ 9 は *Z. hitoeganensis* に、10 ~ 26 は *Z. spinosus* に同定され、また、Fig. 3 の 27 ~ 48 のうち、27 ~ 41 は *Z. yoshikiensis* に、42 ~ 48 は *O. (?) kingi* に同定される。なお、*O. (?) kingi* については、二重の内殻をもっているものが確認されており、今後検討が進めば *Zadrappolus* 属に含められる可能性が高い。Furutani (1990) によれば、*Z. hitoeganensis* と *Z. spinosus* はともに多数の短い円筒状の主棘をもち、前者はやや小型 (直径 170 ~ 180 μm)、後者は大型 (直径 200 ~ 220 μm) の外殻をもつとされる。しかし、Fig. 3 で示したように個体群を並べると、外殻の大きさ・主棘の数において実際はかなり中間的な形質をもった個体が見られる。また、*Z. yoshikiensis* と *O. (?) kingi* とした個体群においても、先細りする比較的短い主棘と直径 200 μm 以下の外殻をもつ個体から直径 300 μm 以上の外殻に太く長い主棘をもつ個体まで、中間型が存在する。しかし、形態変化上のエンドメンバーを比較すると、例えば Fig. 3 の 1 と 36 では外殻の直径が 2 倍以上も異なることになる。現時点では、このような球状放散虫の形態変異を数量的に示した例は古生代の研究では皆無であり、新生代においても少ない。しかし、Suzuki (2006) は、新生代の *Sphaeropyle* 属の同種において、第 1 外殻の直径が 79 ~ 87 μm から 135 ~ 143 μm へと大きく異なる事例を報告している。時代や分類群により変異のあり方は様々であろうが、新生代放散虫の研究例を考慮すると、ここで示した *Zadrappolus* 属の事例も種内変異である可能性は十分にあると考えられる。

以上、シルル紀の放散虫は、*Zadrappolus* 属のような生層序学的に重要とされるグループでも、多くの分類学的な問題を抱えている。しかし、*Zadrappolus* 属は、シルル紀で多産し保存耐性も優れるため、種の判断基準や定量的な取り扱いに工夫をこらすことなどによって、生層序や古環境解析に利用できる可能性を秘めている。形態変化が大きくてそのような取り扱いに成功した例としては、新生代の *Cyrtocapsella tetrapera* Haeckel があり、分類学的に整理され (Sanfilippo and Riedel, 1970)，年代層序の

主要な基準とされている (Sanfilippo and Nigrini, 1995)。*Zadrapolus* 属については、今後より保存の良い試料を得て、内殻の形状と外殻の大きさとの対応関係や相似的な形態変化をもつ一群における大きさの頻度分布を調べることなどが分類学的研究を進める現実的な手段である。また、現生種において同様な形態変異をもつ種を探査し、その動態をアナログとして用いることも、上の問題の理解を深める一助になると思われる。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、東北大学の鈴木紀毅博士には、多くの有益なご教示を賜り、原稿が大きく改善された。なお、本研究では、平成 13 ~ 14 年度および平成 15 ~ 17 年度文部科学省科学研究費補助金（特別研究員奨励費）の一部を使用した。記して感謝の意を表する。

引用文献

- Aitchison, J.C., Hada, S., Ireland, T. and Yoshikura, S., 1996, Ages of Silurian radiolarians from the Kurosegawa terrane, southwest Japan constrained by U/Pb SHRIMP data. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, **14**, 53-70.
- De Wever, P., Dumitrica, P., Caulet, J.P., Nigrini, C. and Caridroit, M., 2001, *Radiolarians in the Sedimentary Record*. Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam, 533 p.
- Furutani, H., 1990, Middle Paleozoic radiolarians from Fukui area, Gifu Prefecture, central Japan. *Journal of Earth Science, Nagoya University*, **37**, 1-56.
- Furutani, H., 1996, Evolution of Palaeoscenidiidae and Ceratoikiscidae (Radiolaria) in Late Devonian (Preliminary report). In Noda, H. and Sashida, K., eds., *Professor Hisayoshi Igo Commemorative Volume on Geology and Paleontology of Japan and Southeast Asia*, Gakujyutsu Toshio Insatsu, Tokyo, 71-84.
- 古谷 裕, 1997, 高知県横倉山における後期デボン紀放散虫群集の変遷—Palaeoscenidiidae 科および Ceratoikiscidae 科放散虫の進化とその背景. 大阪微化石研究会誌, 特別号, no. 10, 15-26.
- 古谷 裕, 1998, 高知県横倉山層群の中畠セクションにおける *Tlecerina* 属 (Palaeoscenidiidae 科) の多様性の変遷. 大阪微化石研究会誌, 特別号, no. 11, 1-9.
- 古谷 裕, 2001, 高知県横倉山層群の中畠セクションにおける Palaeoscenidiidae 科および Ceratoikiscidae 科のステージ 6 と 7 の境界部での形態変化. 大阪微化石研究会誌, 特別号, no. 12, 1-12.
- 原山 智, 1990, 上高地地域の地質・地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 地質調査所, 175pp.
- Igo, H., 1990. Paleozoic strata in the Hida "Gaien" Belt. In Ichikawa, K., Mizutani, S., Hara, I., Hada, S. and Yao, A., eds., *Pre-Cretaceous terranes of Japan*, Publication of IGCP Project No. 224: Pre-Jurassic Evolution of Eastern Asia, Osaka, 41-48.
- Igo, H., Adachi, S., Furutani, H. and Nishiyama, H., 1980, Ordovician fossils first discovered in Japan. *Proceedings of the Japan Academy*, **56**, 499-503.
- Jones, M.K. and Noble, P.J., 2006, Sheinwoodian (uppermost Lower Silurian) Radiolaria from the Cape Phillips Formation, Nunavut, Canada. *Micropaleontology*, **52**, 289-315.
- Kobayashi, T. and Hamada, T., 1974, Silurian trilobites of Japan, in comparison with Asian, Pacific and other faunas. *The Palaeontological Society of Japan, Special Paper*, no. 18, 155pp.
- Kobayashi, T. and Hamada, T., 1987, On the Silurian trilobite faunule of Hitoegane near Fukui in the Hida Plateau, Japan. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 147, 131-145.
- 栗原敏之, 2004, 飛騨外縁帶のシルル系・デボン系放散虫生層序. 地質学雑誌, **110**, 620-639.
- Kurihara, T., 2007, Uppermost Silurian to Lower Devonian radiolarians from the Hitoegane area of the Hida-gaien terrane, central Japan. *Micropaleontology*, **53**, 221-237.
- Kurihara, T., Tsukada, K., Otoh, S., Kashiwagi, K., Minjin, Ch., Sersmaa, G., Dorjsuren, B. and Bujinlkham, B., 2006, Geologic signature of the Middle Palaeozoic super ocean 'Palaeo-Pacific' discovered in the Central Asia Orogenic Belt of central Mongolia. In Yang, Q., Wang, Y. and Weldon, E.A., eds., *Ancient Life and Modern Approaches: abstracts of the Second International Palaeontological Congress*, University of Science and Technology of China Press, Hefei, 495-496.
- MacDonald, E.W., 2006, Haplotaeniatumidae and Inaniguttidae (Radiolaria) from the Lower Silurian of the Cape Phillips Formation, Cornwallis Island, Nunavut, Canada. *Journal of Paleontology*, **80**, 19-37.
- Nazarov, B.B., 1988, Paleozoic Radiolaria. Practical Manual of Microfauna of the USSR. Leningrad, Nedra, 2, 232pp. (in Russian)
- Nazarov, B.B. and Ormiston, A.R., 1984, Tentative system of Paleozoic Radiolaria. In Petrushevskaya, M.G. and Stepanjants, S.D., eds., *Morphology, Ecology and Evolution of Radiolaria*. Zoological Institute, Leningrad, Nauka, 64-87. (in Russian with English summary)
- Nazarov, B.B. and Ormiston, A.R., 1993, New biostratigraphic important Paleozoic Radiolaria of Eurasia and North America. In Blanford, J.R. and Murchev, B.L. eds., *Radiolaria of giant and subgiant fields in Asia. Nazarov Memorial Volume*. Micropaleontology Press Special Publication, 6, 22-60.
- Noble, P.J., 1994, Silurian radiolarian zonation for the Caballos Novaculite, Marathon uplift, West Texas. *Bulletin of American Paleontology*, **106**, 55 pp.
- Noble, P.J. and Aitchison, J.C., 2000, Early Paleozoic radiolarian biozonation. *Geology*, **28**, 367-370.
- Sanfilippo, A. and Nigrini, C., 1995, Radiolarian stratigraphy across the Oligocene/Miocene transition. *Marine Micropaleontology*, **24**, 239-285.
- Sanfilippo, A. and Riedel, W. R., 1970, Post-Eocene 'closed' theoperid radiolarians. *Micropaleontology*, **16**, 446-462.
- Suzuki, N., 2006, Ontogenetic growth and variation in the skeletal structure of two Late Neogene *Sphaeropyle* species (Polycystina radiolarians). *Journal of Paleontology*, **80**, 849-866.
- 田沢純一・金子 篤, 1991, 飛騨山地福地地域一重ヶ根の凝灰岩から産出したシルル紀三葉虫 *Enocrinurus* とその意義. 地球科学, **45**, 61-64.
- 東田和弘, 1997, 岐阜県上宝村一重ヶ根地域の古生界の層序と構造. 地質学雑誌, **103**, 658-668.
- 東田和弘, 2006, 2.6 福地: 一重ヶ根層 オルドビス紀～シルル紀の珪長質な凝灰質堆積岩層. 日本地質学会編, 日本地方地質誌 4 中部地方, 朝倉書店, 東京, 164-165.
- 東田和弘・小池敏夫, 1997, 岐阜県上宝村一重ヶ根地域より産出したオルドビス紀コドント化石について. 地質学雑誌, **103**, 171-174.
- Umeda, M., 1997, Late Silurian and Early Devonian radiolarians from the Konomori area in the Kurosegawa Terrane, Southwest Japan. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, **51**, 413-432.
- Wakamatsu, H., Sugiyama, K. and Furutani, H., 1990, Silurian and Devonian radiolarians from the Kurosegawa Tectonic Zone, southwest Japan. *Journal of Earth Science, Nagoya University*, **37**, 157-192.

