

北部北上帯, 陸中関地域の珪質泥岩から産出した 前期ペルム紀放射虫化石

亀高正男¹・中江 訓²・鎌田耕太郎³

Masao Kametaka, Satoshi Nakae and Kotaro Kamada (2005) Early Permian radiolarians from siliceous mudstone in the Rikuchu-Seki District, North Kitakami Terrane. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 56(7/8), p.237 - 243, 4 figs.

Abstract: Permian radiolarian fossils were discovered from red siliceous mudstone of the North Kitakami Terrane, in the Rikuchu-Seki District, Iwate Prefecture, Japan. This is the first report of Paleozoic radiolarians from the North Kitakami Terrane. Preservation of the radiolarian fossils are bad, because the accretionary complex in the district has been affected by contact metamorphism of Cretaceous granitic rocks. The radiolarian fauna, composed of *Pseudoalbaillella* sp. cf. *Ps. elegans*, *Ps. sp. cf. Ps. simplex*, *Ps. sp. cf. Ps. sakmarensis* and others, indicates early Early Permian (Asselian - early Sakmarian) in age. It is considered that this radiolaria-bearing red siliceous mudstone was originally overlain by chert and underlain by basaltic rocks in the reconstructed oceanic plate stratigraphy of the Jurassic accretionary complex in Japan.

Keywords: Early Permian, radiolarians, siliceous mudstone, Rikuchu-Seki District, North Kitakami Terrane, accretionary complex

要 旨

岩手県陸中関地域に分布する北部北上帯付加コンプレックスの赤色珪質泥岩から、前期ペルム紀の放射虫化石が産出した。本報告は、北部北上帯からの古生代放射虫化石の初めての産出報告である。本地域の付加コンプレックスは白亜紀花崗岩類の接触変成作用を被っており、放射虫化石の保存は不良である。得られた放射虫化石群集は *Pseudoalbaillella* sp. cf. *Ps. elegans*, *Ps. sp. cf. Ps. simplex*, *Ps. sp. cf. Ps. sakmarensis* など構成されており、これは前期ペルム紀の前期 (Asselian - Sakmarian 前期) の年代を示している。日本列島におけるジュラ紀付加コンプレックスの一般的な海洋プレート層序の岩相と年代の関係に照らし合わせると、この赤色珪質泥岩は堆積時には玄武岩とチャートの間の層準に位置していた可能性が高いと考えられる。

1. はじめに

北部北上山地には、緑色岩・石灰岩・チャート・泥岩・砂岩及びこれらの混在岩からなるジュラ紀付加コンプレックスが広く分布している。かつてこれらの地

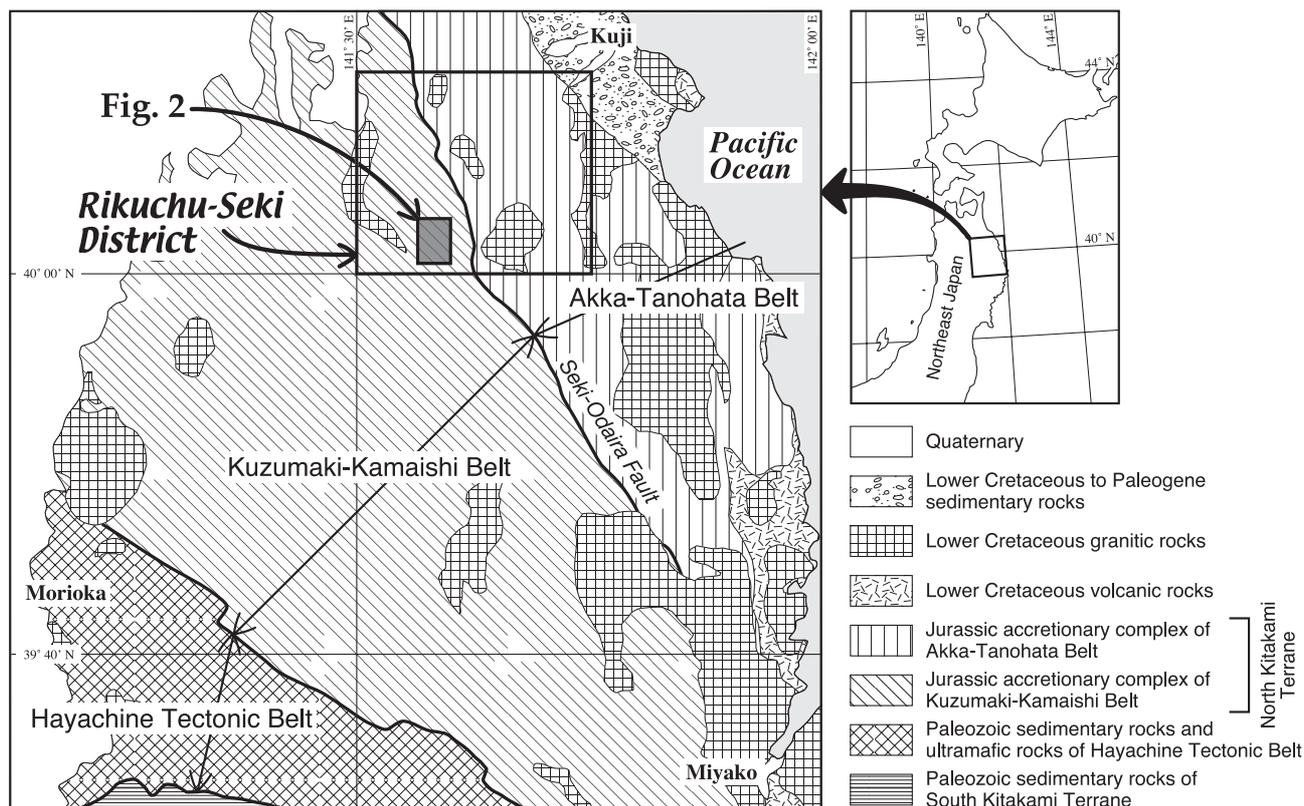
質体は、紡錘虫などの石灰岩に含まれる化石の年代から、西から順に北部北上帯 (狭義; 上部石炭系 - ペルム系)・岩泉帯 (三畳系 - ジュラ系)・田老帯 (ジュラ系 - 下部白亜系) の三帯に区分され、それぞれが葛巻構造線・田老構造線で接するとされていた (例えば、島津ほか, 1970)。その後、各地の石灰岩・チャートからコノドント化石が産出し (豊原ほか, 1980; 村井ほか, 1985 など)、小貫 (1981) はそれらを基に北部北上帯 (狭義) の範囲を岩泉構造線 (関 - 大平断層) まで延長し、岩泉帯の残りの部分を安家帯とした。1980年代以降、碎屑岩から放射虫化石の産出が報告され (例えば、竹谷・箕浦, 1984)、各帯の地質体がジュラ紀付加コンプレックスであることが明らかにされた。大上・永広 (1988) は産出化石の年代と砂岩組成の違いを基に、岩泉構造線 (関 - 大平断層) 以西を葛巻 - 釜石帯 (上部石炭系 - ジュラ系)、以東を安家 - 田野畑帯 (三畳系 - ジュラ系) という二帯に区分し直した。本論では大上・永広 (1988) の見解に従い、葛巻 - 釜石帯・安家 - 田野畑帯の名称を用い、両帯をあわせた部分を北部北上帯 (広義; 単に北部北上帯と記述) と呼称する。

著者の一人鎌田は陸中関地域の調査研究を進めている。一方、亀高と中江は鎌田より、岩手県下閉伊郡岩泉町蓬森付近に露出する葛巻 - 釜石帯に属する大鳥層

¹日本学術振興会特別研究員, 産業技術総合研究所 地質情報研究部門 (JSPS Research Fellow, Institute of Geology and Geoinformation, GSJ, AIST)

²産業技術総合研究所 企画本部 (Planning Headquarters, AIST)

³弘前大学 教育学部 自然科学科教室 (Department of Natural Science, Faculty of Education, Hirosaki University, Bunkyo-cho 1, Hirosaki 036-8560, Japan)



第1図 北部北上帯の地質概略図。

Fig. 1 Index map of the North Kitakami Terrane.

(杉本, 1974) の赤色珪質泥岩の試料提供を受け, 前期ペルム紀の放散虫化石群集を見いだした. これまでに北部北上帯からは古生代放散虫の産出は知られておらず, 本論が初の報告となる. この放散虫群集は, 北部北上帯の海洋プレート層序の復元及び地質構造発達史を考える上で重要な資料となる. そこで本論では, 得られた放散虫化石群集の概要を報告し, それらの示す年代と地質学的な意義について考察する.

2. 化石産出地点の地質概略

陸中関地域は岩手県久慈市の西方に位置し, 葛巻 - 釜石帯と安家 - 田野畑帯の境界断層 (関 - 大平断層) が本地域西部をNNW-SSE方向に縦走する (Fig. 1). 杉本 (1974) は周辺地域を精査し, 上部三畳系の茅森層群とこれを不整合に被うジュラ系 - 下部白亜系の岩泉層群からなる岩相層序を確立した. これらの地質体はNW-SEないしNNW-SSE走向を示し, 同方向の軸跡を持つ褶曲構造をなしている.

茅森層群は見かけ下位の木沢畑層と見かけ上位の間木平層に区分される. 両層とも石灰岩・チャートを挟在する泥岩並びに砂岩からなり, 石灰岩から後期三畳紀のコノドント化石を産出する (村田・杉本, 1971).

岩泉層群は見かけ下位より, 沢山川層 (玄武岩 - 安

山岩溶岩・火山碎屑岩), 安家層 (石灰岩), 高屋敷層 (石灰岩・チャートを挟在する泥岩及び砂岩泥岩互層), 関層 (チャート・珪質泥岩・泥岩), 合戦場層 (チャートを挟在する砂岩泥岩互層), 大鳥層 (チャート) に区分されている (杉本, 1974). 杉本 (1974) によると, 沢山川層と安家層, 並びに合戦場層と大鳥層がそれぞれ整合関係である以外は, 地層の層序関係は断層であるとされている. 一方, 大上・永広 (1988) は, 岩泉層群のうち整合関係にあるのは沢山川層と安家層のみで, 他は互いに断層関係であるとみなし, NNW-SSE走向の断層による同一層の繰り返しがあると考えた. また, 大上・永広 (1988) の区分に従えば, 沢山川層・安家層・高屋敷層・関層 (東列) が安家 - 田野畑帯に, 関層 (西列)・合戦場層・大鳥層が葛巻 - 釜石帯に属すると考えられる. このように, 陸中関地域の中・古生界は各層の層序や構造関係などに不明な点が多く, 層序・地質構造・年代についての再検討が必要である.

陸中関地域周辺の岩泉層群から産出した化石は以下の通りである. 安家 - 田野畑帯に区分される地域では, 沢山川層の石灰岩から中生代型の石灰藻 (杉本, 1974) が, 安家層の石灰岩から三畳紀コノドント (豊原ほか, 1980; 村井ほか, 1985など) が産出している. 高屋敷層の石灰岩からは珊瑚・層孔虫の報告があり (島津ほか, 1970), チャートから三畳紀コノドント (豊原ほか,

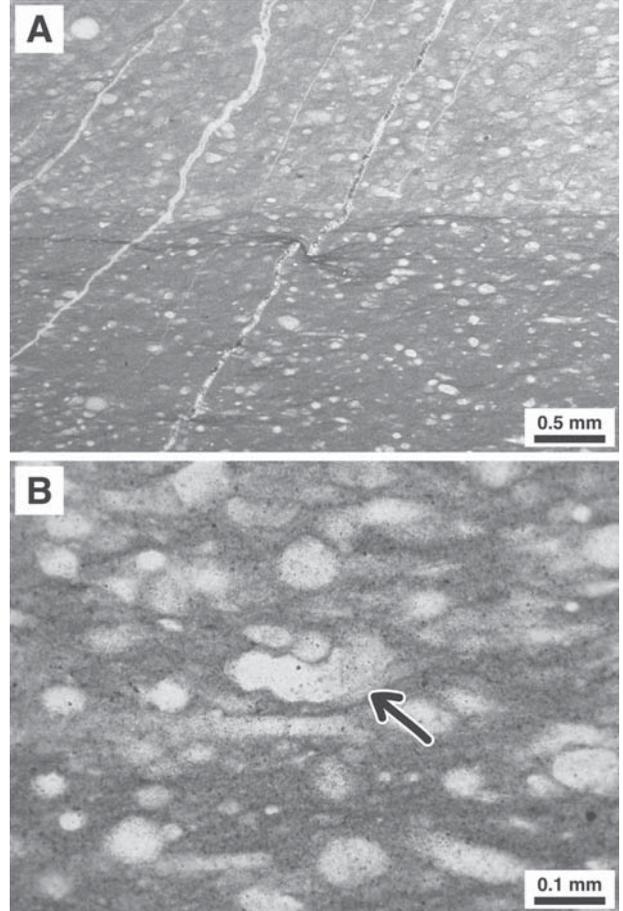


第2図 陸中関地域のペルム紀放射虫化石産出地点. 国土地理院発行の2万5千分の1地形図「安家森」を使用。
Fig. 2 Locality map showing the occurrence of Permian radiolarian fossils from the Rikuchu-Seki District. Base map is from 1:25,000 topographic map "Akkamori" published by Geographical Survey Institute of Japan.

1980; 村井ほか, 1985など)が産出している。また, 高屋敷層中の見返橋礫岩の石灰岩礫からペルム紀紡錘虫・鳥ノ巣型珊瑚・層孔虫などが記載されている(小貫, 1969)。葛巻-釜石帯に区分される各層からは, チャート及び珪質泥岩からペルム紀-後期三疊紀コノドント(豊原ほか, 1980; 村井ほか, 1985など)の産出が知られている。なお, コノドントの示す年代について, 初出の諸論文では単にペルム紀と記載されているが, その後, 大上・永広(1988)はこれらを後期ペルム紀であるとしている。その他に, 合戦場層から植物化石の破片が産出している(杉本, 1974)。更に最近では, 関層の泥岩から後期ジュラ紀の放射虫化石の産出が初めて報告された(中江・鎌田, 2003)。

3. 珪質泥岩試料

今回放射虫化石を産出した岩石試料の採取地点は, 陸中関地域の南西部(岩手県下閉伊郡岩泉町蓬森西方)に位置し, 南南東に流れる安家川から支流沿いに北東



第3図 珪質泥岩の薄片写真(単ポーラー)。A) 珪質泥岩はやや珪質な部分(写真の上部)とやや泥質な部分(写真の下部)からなる。中央の石英脈はスタイロライトによって切られている。B) 前期ペルム紀型の*Pseudoalbaillella*属の放射虫(矢印)。

Fig. 3 Thin section photomicrographs of siliceous mudstone (plane-polarized light). A) Siliceous mudstone consists of slightly siliceous part (upper half of the picture) and slightly muddy part (lower half). A quartz vein (center of the picture) is cut by a stylonite. B) Early Permian-type *Pseudoalbaillella* (arrow).

方に約1.3 km遡行した地点(標高860 m)である(Fig. 2)。安家川河床からこの地点までは, わずかに珪質泥岩を伴う層状チャートが露出しており, 本地点周辺は大鳥層(杉本, 1974)の分布域に相当する。放射虫化石を産出した珪質泥岩は, 見かけ上は大鳥層のチャートに挟在されるようである。しかしながら露頭欠如のため, 両者の直接的な層序関係を確認するには至っていない。

珪質泥岩試料は赤褐色-赤紫色を呈し, 切断面には数mm-数cmの葉理が認められる。鏡下では, やや珪質な部分とやや泥質な部分が葉理を形成しているのが観察される(Fig. 3A)。微細な石英や粘土鉱物などからなる基質に, 放射虫や海綿骨針などの化石粒子がおおむね葉理と平行に配列している。放射虫や海綿骨針の内部は再結晶化した細粒な石英で充填されており, 基質を構成する石英粒子も, 通常の珪質泥岩の基質を

なす石英粒子に比べて再結晶化の影響でやや粗粒化している。化石粒子と基質の境界は不鮮明である (Fig. 3B)。岩石片の仮像らしき粒子も認められるが、すべて微細な石英などに置換されている。基質の粘土鉱物は泥質部で多く含まれており、場所により定向配列をなしている。微細な不透明鉱物が散在するほか、細かなヘマタイト粒子も含まれており、これが赤色を呈する要因の一つと考えられる。基質は多数の脈によって貫かれており、大部分の脈は細粒石英から構成されているが、不透明鉱物や微細な褐色の鉱物が伴われる場合がある。また、基質にはまれにスタイロライトが認められるが、スタイロライトは石英脈を切る場合と切らない場合がある (Fig. 3A)。石英の再結晶化などは、白亜紀花崗岩類の貫入による熱変成を被ったためと考えられる。

4. 放散虫化石

珪質泥岩試料2個を4%フッ化水素酸溶液に24時間浸し、残渣をボルティングクロス (目開き約65 μm) 等を用いて回収した。上記の作業を合計4回繰り返し、集めた残渣に水と過酸化水素水を加え約30分間煮沸し、化石をクリーニングした。残渣を乾燥させた後、双眼実体顕微鏡下で放散虫化石などを拾い出して電子顕微鏡で観察した。

2試料のうち1試料 (試料RS-02) から同定可能な放散虫化石と、海綿骨針やコノドント化石の破片が得られた。放散虫化石はいずれも保存状態が悪く、個体表面の石英粒子は再結晶化が進み、結晶の径が10 μm に達する場合がある。しかしながら、表面装飾や内部構造が失われていても、外形的特徴からある程度の同定が可能な属種が多数ある。電子顕微鏡観察の結果、*Pseudoalbaillella* sp. cf. *Ps. elegans*, *Ps. sp. cf. Ps. simplex*, *Ps. sp. cf. Ps. scalprata*, *Ps. sp. cf. Ps. longicornis*, *Ps. sp. cf. Ps. sakmarensis*, *Ps. sp. cf. Ps. chilensis*, *Ps. spp.*, *Latentifistula* spp., *Ishigaum?* sp. を同定することができた (Fig. 4)。

Ps. elegans, *Ps. simplex* と *Ps. longicornis* は、Ishiga and Imoto (1980) によって丹波帯の層状チャートから記載された種である。*Ps. elegans* は、segmentationの

ない非常に長いpseudoabdomenが特徴とされ (Ishiga and Imoto, 1980), apertural marginには大きなslitがある (Ishiga et al., 1984)。本試料から得られた個体 (Figs. 4.1-4.4) はいずれもwingが折れて失われており、slitも確認できない。Pseudoabdomenが直線的に伸びた個体が多いが、まれにIshiga et al. (1984) が図示したような末端部で弓状に曲がった個体も産出している (Fig. 4.4)。

Ps. simplex は *Pseudoalbaillella* 属の中では小型で、segmentationのないシンプルな形態をしている。得られた個体 (Figs. 4.8-4.14) はいずれも、wingが根元の部分しか残されていないが、全体の大きさやapical cone/pseudothorax/pseudoabdomenの比率から、*Ps. sp. cf. Ps. simplex* とした。

Ps. longicornis も小型で、全体長に対して相対的に長いapical cone、小球状のpseudothoraxとそこから斜め下に伸びた2本のwing、非常に短いpseudoabdomenからなる (Ishiga and Imoto, 1980)。Fig. 4.7に示した個体は保存が悪いため、wingは根元しか残っておらず、apical coneのsegmentationも確認できない。

Ps. scalprata は Holdsworth and Jones (1980) によってアメリカ合衆国・ネバダ州のHavallah層から記載された種で、前期-中期ペルム紀の代表的な放散虫の一つである。彼らの記載した個体は大きくて目立つapical coneを持ち、球状ないし三角形に膨らんだpseudothoraxから短い刃状のwingが伸び、pseudoabdomenが非常に短いのが特徴である。今回 *Ps. sp. cf. Ps. scalprata* と同定した個体はpseudoabdomenがやや長く、このうちの1つ (Fig. 4.5) は、Ishiga et al. (1984) が *Ps. sp. aff. Ps. scalprata* とした種に形態が類似している。

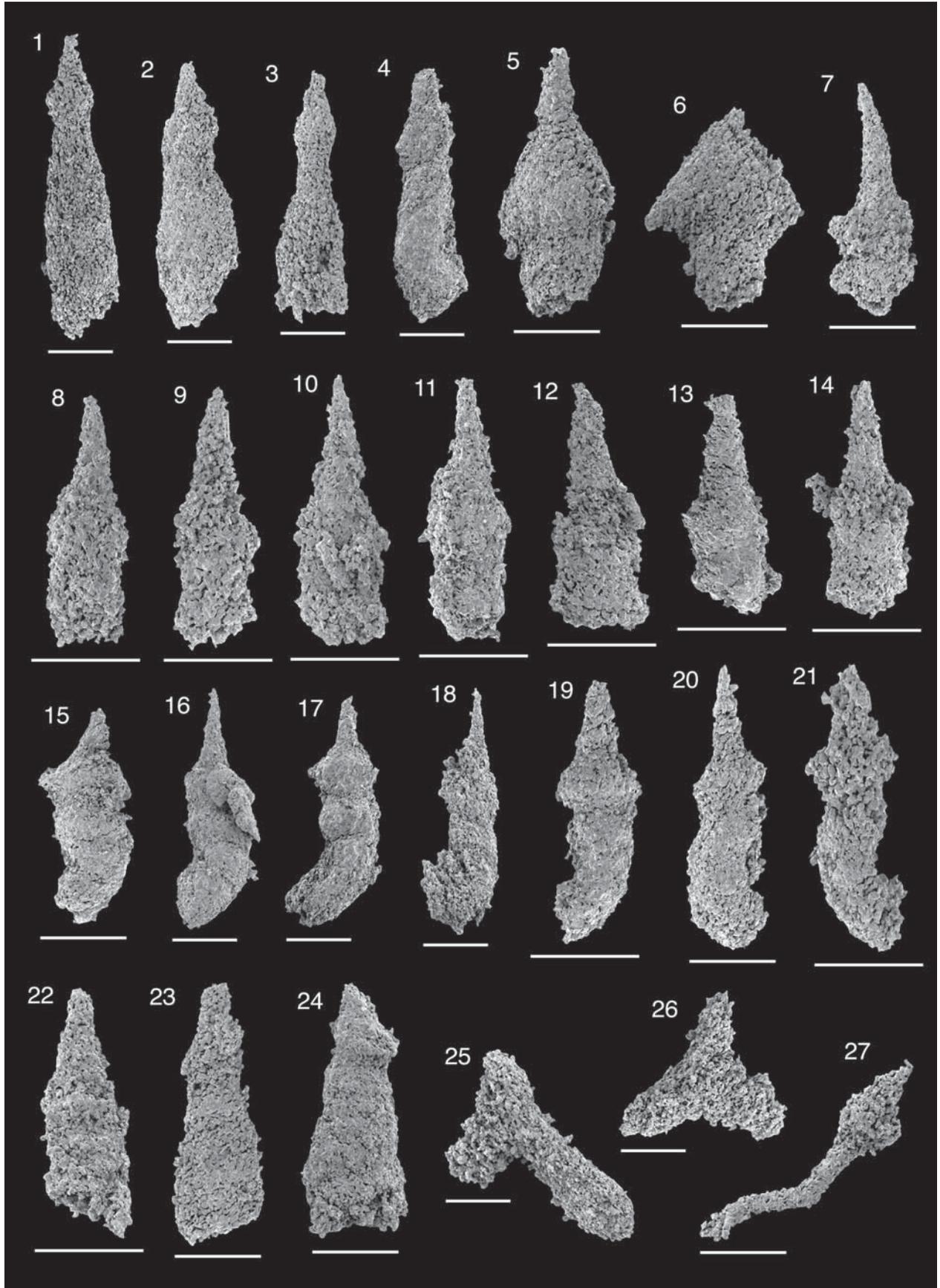
Ps. sakmarensis は Kozur (1981) によって、ロシア・ウラル地域でアンモナイトにより年代がSakmarianと決定された試料から産出・記載された種で、左右非対称の長いwing、3つのsegmentからなる曲がったpseudoabdomenや、横向きapertural marginなどが特徴とされる。本試料から得られた個体 (Figs. 4.15-17) にはwingはほとんど残されていないが、pseudoabdomenが3つのsegmentに区切られていることが観

→

第4図 陸中関地域の珪質泥岩から産出したペルム紀放散虫化石。スケールバーは100 μm を示す。

Fig. 4 Early Permian radiolarian fossils from siliceous mudstone in the Rikuchu-Seki District. All scale bars indicate 100 μm .

- 1-4. *Pseudoalbaillella* sp. cf. *Ps. elegans* Ishiga and Imoto
- 5-6. *Pseudoalbaillella* sp. cf. *Ps. scalprata* Holdsworth and Jones
7. *Pseudoalbaillella* sp. cf. *Ps. longicornis* Ishiga and Imoto
- 8-14. *Pseudoalbaillella* sp. cf. *Ps. simplex* Ishiga and Imoto
- 15-17. *Pseudoalbaillella* sp. cf. *Ps. sakmarensis* (Kozur)
- 18-21. *Pseudoalbaillella* sp. cf. *Ps. chilensis* Ling and Forsythe
- 22-24. *Pseudoalbaillella* spp.
- 25-26. *Latentifistula* spp.
27. *Ishigaum?* sp.



察できる。pseudoabdomenはFig. 4.15の個体のように、dorsal側に一旦曲がった後に末端部がventral側に曲がっている。また、Kozur (1981)の図示した個体よりもapertureが小さいようである。

*Ps. chilensis*はLing and Forsythe (1987)によってチリ南部の下部ペルム系から記載された種で、pseudoabdomenの末端が釣り針状に曲がるのが特徴である。*Ps. u-forma*に似ているが、*Ps. u-forma*のようにpseudoabdomenがU字型に折り返して曲がっていない。また、*Ps. sakmarensis*のようにpseudoabdomenのsegmentationはなく、長いwingも持たない。今回*Ps. sp. cf. Ps. chilensis*とした個体(Figs. 4.18-21)は、*Ps. sp. cf. Ps. sakmarensis*とした個体によく似ているが、pseudoabdomenのsegmentationが非常に弱い、または確認できない。Pseudoabdomenが直線的に伸び末端部だけがventral側に曲がる個体(Fig. 4.18)や、pseudoabdomen全体が緩やかに湾曲する個体(Fig. 4.20)がある。Kozur (1981)は*Ps. u-forma*から*Ps. sakmarensis*へと形態が進化したと考えており、我々が*Ps. sp. cf. Ps. sakmarensis*及び*Ps. sp. cf. Ps. chilensis*と同定した個体は、両者の中間形態を示している可能性がある。

*Ps. spp.*とした個体(Figs. 4.22-24)には、apical coneやpseudoabdomenに水平または斜めのsegmentationが見られる。これらは*Ps. nodosa*や*Ps. annulata*に近い形態を示しているが、保存状態が悪いため種レベルの同定は困難である。

5. 考 察

*Ps. chilensis*はLing and Forsythe (1987)の*Ps. annulatus* - *Ps. u-forma*帯から産出しており、これはIshiga (1986, 1990)の*Ps. u-forma* m. I帯に相当する。*Ps. elegans*と*Ps. simplex*はIshiga (1986, 1990)の*Ps. u-forma* m. II帯の主要構成種であり、*Ps. simplex*はこの帯の下部に産出が限られるとされる。一方、*Ps. sakmarensis*は、*Ps. lomentaria*帯から*Ps. scalprata* m. *rhombothoracata*帯にかけて産出している(Ishiga, 1986, 1990)。Ishiga (1986, 1990)のレンジチャートに従えば、*Ps. simplex*と*Ps. sakmarensis*は共存しないとされている。*Ps. sp. aff. Ps. scalprata*は*Ps. lomentaria*帯下部の構成種とされ(Ishiga, 1986)、*Ps. longicornis*も*Ps. lomentaria*帯の構成種の一つである(Ishiga, 1986, 1990)。

以上を基に、本試料から得られた放散虫を総合的に判断すれば、この群集の層序的位置は*Ps. u-forma* m. I帯から*Ps. lomentaria*帯下部に相当すると考えるのが妥当である。したがって、その年代はIshiga (1986)に従えばWolfcampianの前期から中期にあたり、国際

層序委員会(International Commission on Stratigraphy: ICS)のタイムスケール(Gradstein *et al.*, 2004)ではAsselianからSakmarian前期に相当する。

これまでに北部北上帯では、数地点の泥岩などからジュラ紀放散虫が報告されている(例えば、竹谷・箕浦, 1984; 中江・鎌田, 2003など)。このほか、チャートから三畳紀の放散虫が検出されたとの記述がなされている(川村ほか, 1996; 永広ほか, 2001)。しかし、それ以前の年代を示す放散虫は報告されておらず、したがって、本報告は北部北上帯からの古生代放散虫の最初の報告である。

今回化石が産出した地点は、葛巻構造線と岩泉構造線(関-大平断層)に挟まれた地域に位置している。両構造線の間の地域に限定すれば、チャートからの後期ペルム紀コノドントが最も古い年代を示していた。したがって、この放散虫群集は両構造線に挟まれた地域では最も古い年代を示している。

放散虫を産出した珪質泥岩は見かけ上チャート中に狭まれた産状を示すが、チャートとの関係は露頭欠如により不明である。ジュラ紀付加コンプレックスにおいて海洋プレート層序を復元した場合には、珪質泥岩(珪質頁岩)はチャートより上位にあたり、砂岩・泥岩からなる陸源碎屑物の下位層準に位置する場合が多い(例えば、中江, 2000)。また、珪質泥岩が緑色岩類を覆いチャートに漸移する産状も、丹波帯付加コンプレックスから報告されている(例えば、石渡・中江, 2001; 中江ほか, 2002)。化石から判明している本地域の年代は、チャートが後期ペルム紀-後期三畳紀であり、泥岩は後期ジュラ紀である。したがって、本地域の付加コンプレックスが、ジュラ紀付加コンプレックスの標準的な層序を有していたと仮定するならば、この珪質泥岩はチャートを覆うものではなく、チャートの下位側で玄武岩類を覆っていた可能性が高い。玄武岩類を覆う珪質泥岩には、斜長石や玄武岩の岩石片などが含まれている(例えば、中江ほか, 2002)。しかし、今回の試料は接触変成を被っているため、初生的な組織や構成していた岩石片を特定できなかった。一方で、この珪質泥岩がチャートの層間に整合に堆積したものであるという可能性も排除できない。この問題を解明するためにも、本地域の層序・地質構造の解明を更に進める必要がある。

謝辞: 大阪市立大学の桑原希世子博士には、査読を通じて有益なご助言をいただいた。岐阜大学の小嶋 智教授には、前期ペルム紀の放散虫化石についてご教示いただいた。岩石薄片は広報部地質標本館の大和田 朗氏・福田和幸氏に製作していただいた。以上の方々に深く感謝の意を表します。

文 献

- 永広昌之・野木大志・森 啓・川島悟一・鈴木紀毅・吉原 賢 (2001) 北部北上山地, 葛巻 - 釜石帯の石灰岩礫岩より六放サンゴ化石の産出とその意義. 地質雑, **107**, 531-534.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G. and Smith, A. G. (2004, eds.) *A geologic time scale 2004*. Cambridge Univ. Press, 589p.
- Holdsworth, B. K. and Jones, D. L. (1980) Preliminary radiolarian zonation for Late Devonian through Permian time. *Geology*, **8**, 281-285.
- Ishiga, H. (1986) Late Carboniferous and Permian radiolarian biostratigraphy of Southwest Japan. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, **29**, 89-100.
- Ishiga, H. (1990) Paleozoic radiolarians. 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, 285-295.
- Ishiga, H. and Imoto, N. (1980) Some Permian radiolarians in the Tamba district, Southwest Japan. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, **34**, 333-345.
- Ishiga, H., Imoto, N., Yoshida, M. and Tanabe, T. (1984) Early Permian radiolarians from the Tamba belt, Southwest Japan. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, **38**, 44-52.
- 石渡 明・中江 訓 (2001) 福井県若狭地方の夜久野オフィオライトと丹波帯緑色岩. 日本地質学会第108年学術大会見学旅行案内書, 67-84.
- 川村寿郎・井龍康文・川村信人・町山栄章・吉田孝紀 (1996) 南部北上帯古生界標準層序と“早池峰構造帯”. 日本地質学会第103年学術大会見学旅行案内書, 59-97.
- Kozur, H. (1981) Albaillellidea (Radiolaria) aus dem Unterperm des Vorurals. *Geol. Palaont. Mitt. Innsbruck*, **10**, 263-274.
- Ling, H. Y. and Forsythe, R. D. (1987) Late Paleozoic Pseudoalbaillellid radiolarians from southernmost Chile and their geological significance. In McKenzie, G. D., ed., *Gondwana six: structure, tectonics, and geophysics* (Geophys. Monograph, **40**), 253-260.
- 村井貞允・大上和良・大石雅之 (1985) 岩泉町における先上部白亜系の地質 (その1). 岩泉町, 1-45.
- 村田正文・杉本幹博 (1971) 北部北上山地よりトリアス紀後期コノドント化石の産出 (予報). 地質雑, **77**, 393-394.
- 中江 訓 (2000) 付加複合体の区分法と付加体地質学における構造層序概念の有効性. 地質学論集, no. 55, 1-15.
- 中江 訓・鎌田耕太郎 (2003) 北部北上帯「陸中関」地域から産出した後期ジュラ紀放射虫化石. 地質雑, **109**, 722-725.
- 中江 訓・小松原琢・内藤一樹 (2002) 西津地域の地質. 地域地質調査報告 (5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 90p.
- 大上和良・永広昌之 (1988) 北部北上山地の先宮古統堆積岩類に関する研究の総括と現状. 地球科学, **42**, 187-201.
- 小貫義男 (1969) 北上山地地質誌. 東北大地質古生物研邦報, no. 69, 1-239.
- 小貫義男 (1981) 北上山地, 20万分の1北上川流域地質図説明書. 長谷地質調査事務所, 1-223.
- 島津光夫・田中啓策・吉田 尚 (1970) 田老地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 54p.
- 杉本幹博 (1974) 北上山地外縁地向斜地域の層位学的研究. 東北大地質古生物研邦報, no. 74, 1-48.
- 竹谷陽二郎・箕浦幸治 (1984) 北上山地東縁部の先宮古統より発見された放射虫化石. 日本地質学会第91年学術大会講演要旨, 205.
- 豊原富士夫・植杉一夫・木村敏雄・伊藤谷生・村田明広・岩松 暉 (1980) 北部北上山地一渡島半島の地向斜. 総合研究A研究成果報告書「日本列島北部における地向斜および構造帯区分の再検討」, 27-36.

(受付: 2005年4月26日; 受理: 2005年6月16日)