鹿児島県久多島の深海遠洋性石灰岩の層序・コノドント化石年代と海洋プレート層序学的比較

Lithostratigraphy, conodont ages, and oceanic plate stratigraphic correlation of deep-water pelagic limestone from Kutajima Island, Kagoshima, southwest Japan

吉田麻美*† 尾上哲治*

Asami Yoshida*† and Tetsuji Onoue*

2007年6月26日受付. 2008年2月1日受理.

* 鹿児島大学理学部地球環境科学科
Department of Earth and Environmental Sciences, Kagoshima University, Kagoshima 890-0065, Japan

† 現住所: 北海道浦河郡浦河町瑞穂 270
Present address; 270 Mizuho, Urakawa, Hokkaido 059-3453, Japan

Corresponding author; T. Onoue,
onoue@sci.kagoshima-u.ac.jp

Abstract: This paper describes the lithostratigraphy, microscopic characteristics, and conodont ages of Upper Triassic siliceous micrite from Kutajima Island, Kagoshima, southwest Japan. The siliceous micrite (ca. 34 m thick) comprises calcified radiolarians, thin-shelled bivalves, and calcispheres disseminated in a lime-mud matrix. Biostratigraphic data of conodonts show that the siliceous micrite accumulated in early Norian (*Epigondolella quadrata* Zone) through middle Norian (*Epigondolella spiculata* Zone to *Epigondolella elongata* Zone) with low sedimentation rates of 5.2 to 11.3 mm/kyr. The biotic constituents and lithologic characteristics of the siliceous micrite suggest the accumulation of deep-water oceanic basin. On the basis of lithologic characteristics and conodont ages, the siliceous micrite of Kutajima Island is compared with the siliceous micrite of the Sambosan accretionary complex, defined as a Late Jurassic to Early Cretaceous subduction-generated accretionary complex in southwest Japan.

Key words: Upper Triassic, conodont, pelagic limestone, Kutajima, Sambosan accretionary complex

はじめに

鹿児島県薩摩半島の西方沖約 10 km の海上に位置する久多島は、島全体が石灰岩から構成される無人島である。本研究では久多島を構成する石灰岩を久多島石灰岩 (Kutajima Limestone) と呼ぶことにする。久多島石灰岩は、その岩相・地帯構造上の位置関係から、秩父累帯南縁部に分布する三宝山付加コンプレックス (Sambosan accretionary complex: Onoue and Sano, 2007) の上部トリアス系石灰岩と比較されると考えられてきた (鹿島, 1971; 尾上ほか, 2007)。従来の研究では、久多島石灰岩が三宝山付加コンプレックス

Fig. 1. A: Map showing approximate distribution of Sambosan accretionary complex in Kyushu, southwest Japan, and location of Kutajima Island. Abbreviation B.T.L. stands for Butsuzo Tectonic Line. B: Geologic map showing localities of measured columnar sections A to F on Kutajima Island. Modified after Onoue et al. (2007).

の構成岩石に比較できるという考えのもと、鹿児島県北西部の久阿根地域を中心とした屈曲構造 (北薩屈曲: 橋本, 1962) 以南の地帯構造や、三宝山付加コンプレックスの南限をなす仏像構造線の通過位置が議論されてきた (大庭ほか, 1985)。しかしながら石灰岩の化石年代や詳細な岩相層序に関するデータはこれまでなく、久多島石灰岩と三宝山付加コンプレックスの上部トリアス系石灰岩との対比は不十分であった。

そこで本研究では、久多島石灰岩の帰属を明らかにするために、岩相層序の記載およびコノドント化石による年代決定を行った。その結果、久多島石灰岩は、トリアス紀新世ノリアン前期から中期にかけて堆積した深海・遠洋性石灰岩であることが明らかになった。

地質概略

研究対象である久多島は標高 29.8 m、外周約 700 m の無人島である。島の周囲約 10 km は陸域から完全に孤立しているため、周辺の地質体との分布・層序・構造関係は不明である (Fig. 1)。

久多島石灰岩は層状・団塊状のチャートを頻繁に伴う珪質ミクライトから構成される。層状・団塊状チャートは、放散虫などの生物遺骸を全く含まない隠微晶質石英からなる。層状のチャートは、厚さ 5 ~ 30 cm で、側方への連続性に乏しく、珪質ミクライトとの境界は不規則に湾曲する。珪質ミクライトの層理面は、北北東–南南西走向である。傾斜は島

Fig. 2. Measured columnar sections showing lithostratigraphy of siliceous micrite succession on Kutajima Island. Stratigraphic levels of thin-shelled bivalves, calcispheres and conodonts are indicated. Localities of columnar sections are shown in Fig. 1.

の南東側では $20^{\circ} \sim 50^{\circ}$ と比較的緩やかに西傾斜するが、中央部から北西側では $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ と高角度で西傾斜する (Fig. 1). 島の南部では南西傾斜の高角度断層が北北西-南南東走向で観察される。

珪質ミクライトの層序

久多島を構成する珪質ミクライトの岩相層序・年代を検討するため、島の北部と東部で実測柱状図を作成した (Fig. 1). 珪質ミクライト層の下限・上限は海底に没するため不明だが、今回検討した層序の全層厚は約 34 m である (Fig. 2).

珪質ミクライトは、通常明灰色である。主に方解石により完全に置換した放散虫遺骸に富む放散虫ミクライトより構成される (Fig. 3.A). 放散虫ミクライトは、放散虫化石のほかに *Posidonia* 類と考えられる薄殻二枚貝を少量含む。これらの化石片は基質支持でミクライト基質中に含まれる。

珪質ミクライト層の下部 7 m は、放散虫ミクライト中に単層の厚さが数 cm の薄殻二枚貝ミクライトを頻繁に挟むことで特徴づけられる (Fig. 2). 薄殻二枚貝ミクライトは暗灰色であり、明灰色の放散虫ミクライトとは露頭でも識別できる。上・下位の放散虫ミクライトとはスタイロライト面で接することが多いが、まれに薄殻二枚貝ミクライトから放散虫ミクライトに岩相漸移するものも見られる。薄殻二枚貝ミクライトは、殻の長さ 2 ~ 3 mm 程度で厚さが約 20 μm の *Posidonia* 類と考えられる薄殻二枚貝から構成される。二枚貝は、破片化した殻同士が重なり合って密集し、しばしば石

Fig. 3. Thin-section photomicrographs of Upper Triassic siliceous micrite on Kutajima Island. Stratigraphic levels of samples are shown in Fig. 2. A-D: Plane-polarized light, E: Cross-polarized light. A: Radiolarian micrite. Calcite-replaced radiolarian remains are scattered in a lime-mud matrix. AKI-3. Middle Norian. B: Exclusive and dense accumulation of thin-shelled bivalve. AKI-25. Late Carnian to early Norian. C: Siliceous micrite containing abundant calcispheres (arrow) and filamentous shells of thin-shelled bivalves. AKI-29. Early Norian. D: Cross-sectional view of calcispheres showing a thick, non-layered outer crustal layer (arrow). AKI-29. Early Norian. E: Siliceous micrite containing calcisphere and radiolarians. Calcisphere (C) having spherical shape, smooth outline, and structureless micritic interior. Radiolarian remains (R) are entirely replaced by calcite. AKI-29. Early Norian.

灰岩全体の 80 % 以上に達することもある (Fig. 3.B).

珪質ミクライト層の中位層準からは、薄殻二枚貝に伴い石灰質球粒 (calcisphere) が産する (Fig. 3.C). 石灰質球粒を含む薄殻二枚貝ミクライトは暗灰色~黒色で厚さは約 3 cm である。石灰質球粒は石灰岩全体の 20 ~ 30 % を占めることもある。石灰質球粒は、殻と内部から構成される (Fig. 3.D). 球粒の粒子径は 100 ~ 200 μm で、完全な球形からなる (Fig. 3.D). 石灰質球粒の中には、比較的厚い殻 (約 25 μm) に覆われたものも観察される (Fig. 3.D). これらの球粒は、方解石により殻が置換されている放散虫遺骸とは異なり、殻から内部にいたるまで全て細粒のミクライトから構成される (Fig. 3.E). 石灰質球粒の起源については、一般的に渦鞭毛藻類や藻類の石灰質シストが考えられるが (Flügel, 2004), 現時点では特定するには至っておらず今後さらなる検討を要する。

珪質ミクライト層の上部 20 m は、放散虫ミクライトから主に構成される。数層準に薄殻二枚貝ミクライトが見られるが、その産出頻度は珪質ミクライト層の下位層準に見られるものよりも少ない。

珪質ミクライト層の上部 20 m は、ドロマイト化が著しいことで特徴づけられる (Fig. 2). ドロマイト化した珪質ミクライトは、鏡下で観察すると、数 10 μm の自形のよい菱形のドロマイト結晶がミクライト基質中に散在している様子が観察される。またドロマイト結晶は、ミクライト基質のみならず方解石脈やチャートノジュール中にも認められる。ドロマイトの起源については不明だが、このような産状は、ドロマイト結晶が珪質ミクライト堆積以降の続成作用により形成された可能性を示唆している。

Fig. 4. Upper Triassic conodonts from siliceous micrite on Kutajima Island. Stratigraphic levels of samples are shown in Fig. 2. 1 a, b, c: *Epigondolella* cf. *quadrata* Orchard. a: lateral view; b: upper view; c: lower view. AKI-20. 2 a, b, c: *Epigondolella* cf. *quadrata* Orchard. a: lateral view; b: upper view; c: lower view. AKI-30. 3 a, b: *Epigondolella spatulata* (Hayashi). a: upper view; b: lower view. AKI-30. 4 a, b, c: *Epigondolella postera* (Kozur and Mostler). a: upper view; b: lower view; c: lateral view. AKI-9. 5 a, b, c: *Epigondolella matthewi* Orchard. a: lateral view; b: upper view; c: lower view. AKI-9. 6 a, b, c: *Epigondolella* aff. *tozeri* Orchard. a: lateral view; b: upper view; c: lower view. AKI-6.

コノドント化石年代

コノドント化石年代決定のため、久多島の珪質ミクライトの5層準から各2～3 kgの石灰岩試料を採取し、酢酸処理した。その結果、4層準から各4～11固体の年代決定に有効なコノドント化石を検出した (Fig. 4; Table 1)。コノドント化石の化石帯および年代決定については、Orchard (1991b) に従った。

珪質ミクライト層のAKI-20からは*Epigondolella* cf. *quadrata* Orchardを産出する。*E. quadrata*は、カナダ西部ブリティッシュコロンビアのQueen Charlotte島 (Orchard, 1991b) および同北東部のWilstone湖 (Orchard et al., 2001) から報告されており、この種が示すコノドント化石帯は、ノーリアン前期の*E. quadrata*帯に比較される (Orchard, 1991b)。

AKI-30からは*Epigondolella spatulata* (Hayashi), *Epigondolella* cf. *quadrata* Orchardなどのコノドント化石が産する。*E. spatulata*は、西南日本各地の下部～中部ノーリアン層状チャート・石灰岩から記載されている (例えば、林, 1968; Ishida and Hirsch, 2001)。

AKI-9は、*Epigondolella postera* (Kozur and Mostler), *Epigondolella matthewi* Orchardを産する。*E. postera*

Table 1. List of conodont fossils from Kutajima Island.

Sample Taxa	Sample			
	AKI-20	AKI-30	AKI-9	AKI-6
<i>Epigondolella matthewi</i>				
<i>E. postera</i>				
<i>E. cf. quadrata</i>				
<i>E. spatulata</i>				
<i>E. aff. tozeri</i>				

は西南日本の中部ノーリアン層状チャート (例えば、Isozaki and Matsuda, 1982) のほか、ヨーロッパアルプス (Channel et al. 2003), ブリティッシュコロンビア (Orchard, 1991b) の中部ノーリアン石灰岩から報告されている。*E. matthewi*は、Orchard (1991b) によればノーリアン中期の*Epigondolella multidentata*帯に比較される。

AKI-6からは、*E. spatulata* (Hayashi), *Epigondolella* aff. *tozeri* Orchardが産出する。*E. tozeri*はブリティッシュコロンビア北東部のPardonet層の中部ノーリアン (*E. spiculata*帯～*E. elongata*帯) から産出が知られている (Orchard, 1991b)。

以上のコノドント化石の検討から、久多島の珪質ミクライト層は*E. quadrata*帯 (AKI-20) から*E. spiculata*帯～*E. elongata*帯 (AKI-6) に比較される。これらの化石帯が示す珪質ミクライト層の堆積年代は、トリアス紀新世ノーリアン前期から中期である。

久多島石灰岩の帰属

久多島の珪質ミクライトは、浅海棲生物化石片をいっさい含まず浮遊性生物遺骸に富むことから遠洋性石灰岩と見なされる。また陸源性粗粒碎屑物を含まないことから大陸から遠く離れた大洋域で堆積したと考えられる。コノドント化石年代の検討から明らかになった珪質ミクライトの層の堆積年代は、Ogg (2004) によれば、約214.5～213 Ma (*E. quadrata*帯) から210～208 Ma (*E. spiculata*帯～*E. elongata*帯) である。珪質ミクライト層の層厚と堆積年代から見積もると、その堆積速度は5.2～11.3 mm/kyrと太平洋や大西洋の深海底で形成された遠洋性炭酸塩岩の堆積速度と同程度に遅い (Davies et al., 1977)。

久多島石灰岩と同質の上部トリアス系珪質ミクライトは、九州西部球磨—五木地域に分布する三宝山付加コンプレックスから報告されている (Kanmera, 1969; Onoue and Sano, 2007)。この上部トリアス系珪質ミクライトは、側方に数100 m～数 kmにわたって追跡されるシート状岩体として層状放散虫チャートに伴って産出する。Onoue and Sano (2007) は、球磨—五木地域に分布する珪質岩類の岩相層序およびコノドント・放散虫化石年代から、深海相である中部トリアス～上部ジュラ系珪質岩層序を復元した。珪質岩層序のトリアス系は、下位より、上部アニシアン～下部カーニアン放散虫チャート (層厚約30 m)、上部カーニアン～下部ノーリアン珪質ミクライト (約30 m)、上部ノーリアン放散虫チャート (約15 m) の順に重なる層序をもつ。このうち珪

Fig. 5. Map showing approximate distribution of Sambosan accretionary complex in southwestern Kyushu, and location of Kutajima Island. Modified after Morishita and Teraoka (1996).

珪質ミクライトは、明灰色～暗灰色で、層状・団塊状のチャートノジュールを挟む。主に方解石により完全に置換された放散虫遺骸に富む放散虫ミクライトから構成されており、ときおり薄殻二枚貝ミクライトを挟む (Kanmera, 1969; Onoue and Sano, 2007)。珪質ミクライトからはノーリアン中期のコノドント化石はこれまで報告されていないが、少なくともカーニアン後期～ノーリアン前期頃にかけて深海環境で形成されたと考えられている (Onoue and Sano, 2007)。

球磨～五木地域で復元された三宝山付加コンプレックス珪質岩層序の上部トリアス系珪質ミクライトと久多島の珪質ミクライトは、浮遊性生物遺骸に富む下部ノーリアン深海・遠洋性石灰岩という点で共通する。久多島から産する石灰質球粒は球磨～五木地域の珪質ミクライトからは未発見だが、薄殻二枚貝ミクライトを挟む放散虫ミクライトから構成される岩相の特徴もよく一致する。

以上の両地域の岩相および化石年代の比較から、久多島石灰岩は九州西部の三宝山付加コンプレックスから復元された中部トリアス～上部ジュラ系珪質岩層序の上部トリアス系珪質ミクライトに対比できる。したがって、鹿児島県西部における三宝山付加コンプレックスは、阿久根～川内地域から久多島にかけて南北方向に分布すると考えられる (Fig. 5)。また本研究の成果は、三宝山付加コンプレックスの南限をなす仏像構造線が、鹿島 (1971) や大庭ほか (1985) が指摘したように、久多島の東側を通過するとする見解を支持する。

ま と め

岩相層序・コノドント化石年代に基づき、鹿児島県薩摩半島西方沖に分布する久多島石灰岩の帰属について検討した。

久多島石灰岩は層状・団塊状のチャートノジュールを頻繁に挟む明灰色～暗灰色の珪質ミクライトから構成される。珪質ミクライトは、放散虫・薄殻二枚貝などの浮遊性生物遺骸に富み、堆積速度が 5.2 ～ 11.3 mm/kyr と遅い典型的な深

海・遠洋性石灰岩である。珪質ミクライトの堆積年代は、コノドント化石の検討からトリアス紀新世ノーリアン前期 (*E. quadrata* 帯) からノーリアン中期 (*E. spiculata* 帯～*E. elongata* 帯) である。岩相およびコノドント化石年代に基づくと、久多島石灰岩は、球磨川中流域の三宝山付加コンプレックスから復元された珪質岩層序の上部トリアス系珪質ミクライトに対比される。

謝辞 鹿児島大学フロンティアサイエンス研究推進センターの帆足雅通技術補佐員には、走査電子顕微鏡の使用にあたり便宜を図って頂いた。カナダ地質調査所の M.J. Orchard 博士には、コノドント化石の同定について有益な助言を頂いた。また鹿児島大学理学部の安田知佳、坂元秀平の両氏には現地調査に協力して頂いた。以上の方々に感謝いたします。

文 献

- Channell, J. E. T., Kozur, H.W., Sievers, T., Mock, R., Aubrecht, R. and Sykora, M., 2003, Carnian-Norian biomagnetostratigraphy at Silická Brezová (Slovakia): correlation to other Tethyan sections and to the Newark Basin. *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.*, **191**, 65-109.
- Davies, T.A., Hay, W.W., Southam, J.R. and Worsley, T.R., 1977, Estimates of Cenozoic ocean sedimentation rates. *Science*, **197**, 53-55.
- Flügel, E., 2004, *Microfacies of carbonate rocks*. Springer, New York, 976p.
- 橋本 勇, 1962, 鹿児島県北薩地方の時代未詳層群の層序と構造. 九州大教養地研報, **8**, 47-62.
- 林 信悟, 1968, 栃木県葛生町のあど山層から産出したコノドントについて. 地球科学, **22**, 63-77.
- Ishida, K. and Hirsch, F., 2001, Taxonomy and faunal affinity of late Carnian-Rhaetian conodonts in the Southern Chichibu Belt, Shikoku, SW Japan. *Riv. Ital. Paleontol. S.*, **107**, 227-250.
- Isozaki, Y. and Matsuda, T., 1982, Middle and Late Triassic conodonts from bedded chert sequences in the Mino-Tamba Belt, Southwest Japan. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, **25**, 103-136.
- Kanmera, K., 1969, Litho- and Bio-facies of Permo-Triassic Geosynclinal Limestone of the Sambosan Belt in southern Kyushu. *Palaeont. Soc. Japan, Spec. Publ.*, **14**, 13-39.
- 鹿島愛彦, 1971, 九州の仏像構造線についての二、三の知見. 愛媛大紀要 (自然科学), **6**, 1-12.
- 森下祐一・寺岡易司, 1996, 串木野地域における秩父・四万十両帯の境界と熱水活動. 資源地質, **46**, 189-195.
- 大庭 昇・富田克利・山本温彦・福元 豊, 1985, 鹿児島県久多島の地質, リン鉱床および構造的位置. 鹿児島大理紀要 (地学・生物学), **18**, 45-54.
- Ogg, J.G., 2004, The Triassic period. In Gradstein, F.M., Ogg, J.G., and Smith, A.G., eds., *A Geologic Time Scale 2004*, Cambridge University Press, Cambridge, 271-306.
- Onoue, T. and Sano, H., 2007, Triassic mid-oceanic sedimentation in Panthalassa Ocean: Sambosan accretionary complex, Japan. *Island Arc*, **16**, 173-190.
- 尾上哲治・吉田麻美・坂元秀平, 2007, 鹿児島県久多島, 三宝山付加コンプレックスの深海・遠洋性石灰岩. 地質雑, **113**, I-II.
- Orchard, M.J., 1991a, Late Triassic conodont biochronology and biostratigraphy of the Kunga Group, Queen Charlotte Island, British Columbia. In Woodsworth, G.J., ed., *Evolution and hydrocarbon potential of the Queen Charlotte Basin*, British Columbia, Geol. Surv. Canada, paper 90-10, 173-193.
- Orchard, M.J., 1991b, Upper Triassic conodont biochronology and new index species from the Canadian Cordillera. *Bull. Geol. Surv. Canada*, **417**, 299-335.
- Orchard, M.J., McRoberts, C.A., Tozer, E.T., Johns, M.J., Sandy, M.R. and Shaner, J.S., 2001, An intercalibrated biostratigraphy of the Upper Triassic of Black Bear Ridge, Williston Lake, northeast British Columbia. *Geol. Surv. Canada Curr. Res.*, 2001-A6, 1-21.