討 論

佐藤時幸*・中川 洋**・小松原純子***・松本 良***・井龍康文****・松田博貴*****・大村亜希子*****
小田原 啓****・武内里香***:「石灰質微化石層序からみた沖縄本島南部,
知念層の地質年代」についての討論に答えて

Tokiyuki Sato, Hiroshi Nakagawa, Junko Komatsubara, Ryo Matsumoto, Yasufumi Iryu, Hiroki Matsuda, Akiko Omura,
Kei Odawara and Rika Takeuchi: Reply to the Ujiié's comments on "Geological age of the Chinen Formation in southern
Okinawa-jima based on calcareous microfossils"

は じ め に

この討論記事は、地質学雑誌、第110巻第1号に掲載された筆者らの論文、「石灰質微化石層序からみた沖縄本島南部、知念層の地質年代」(佐藤ほか, 2004)に対する氏家 宏氏の討論に答えるものである。

筆者らの論文では、沖縄本島南部のうりずん露頭および守礼ゴルフ場露頭の2地点で、石灰質ナノ化石および浮遊性有孔虫化石生層序に基づいて、知念層の層位学的位置および地質年代を検討し、(1) 鮮新統/更新統境界がうりずん露頭では知念層下部のユニットE/F境界に、ゴルフ場露頭では新里層/知念層境界より約3m上位にある、(2) 知念層基底の年代は両露頭とも1.97 Maよりやや古い鮮新世末に対比され、うりずん露頭の地質年代が、守礼ゴルフ場露頭の同基底年代よりやや古い、(3) うりずん露頭および守礼ゴルフ場露頭のいずれでも時間間隙が認められるが、その層準と規模は両露頭が近接するにもかかわらず異なる、などの新知見を示した。これに対し、氏家氏は、知念層と下位の新里層との境界は、筆者らが知念層下部で認めた不連続面であるユニットE/F境界におくべきであること、鮮新統/更新統境界をTanaka and Ujiié (1984)に従い、新里層上部に置くべきで

あること、含シルト岩偽礫細粒砂岩の成因が生物擾乱である根拠を示すべきである、との見解を示した。氏家氏の主張は、主に、岩相層序単元の定義に関する誤った理解と鮮新統/更新統境界に関する近年の知見の不理解に基づいている。よって、筆者らは以下に氏家氏の主張に対する反論を述べる。

新里層/知念層境界について

筆者らは、うりずん露頭の岩相をユニットAからKまでに区分し、暗緑青灰色の塊状シルト岩から石灰質砂岩に急変するユニットAB境界を新里層/知念層境界とした。氏家氏は、その上位のユニットE/F境界で“傾斜不整合”的關係があるのであれば、ユニットEまでを新里層にすべきである、と述べている。しかしながら、岩相層序区分単元の境界は「岩相が変化する位置に設定される」(日本地質学会, 2001)ものであり、また、「小さい堆積間隙、非整合あるいは不整合を含んだ一連の岩石は、境界を定義するための適切な岩相上の違いがない場合、ただ単にこれらの違いがあるからということで、2つ以上の岩相層序単元に区分すべきではない」ことに基くと、AB境界を新里層/知念層境界とすべきである。

鮮新統/更新統境界について

氏家氏は、石灰質ナノ化石種 *Discoaster brouweri* の消滅層準、浮遊性有孔虫 *Truncorotalia truncatulinoides* の出現層準、および浮遊性有孔虫の *Pulleniatina* group が右巻きポピュレーションから左巻きポピュレーションへと変わる層準が、Berggren et al. (1995a) の年代尺度の鮮新統と更新統の境界 (1.97 Ma) と一致するとし、それら3層準をもって鮮新統/更新統境界が認定できると述べている。その上で、それら3層準は新里層最上部にある (Tanaka and Ujiié, 1984) との従来の見解を繰り返している。しかし、氏家氏が引用した Berggren et al. (1995a) の年代尺度では、鮮新統/更新統境界は Olduvai Subchron の上限 (1.77 Ma) にあり、そこで引用されている Berggren et al. (1995b) による、浮遊性有孔虫の *T. truncatulinoides* の出現層準は鮮新統/更新統境界より下位で、Olduvai Subchron 直下 (2.00

2004年7月27日受付。2004年7月27日受理。

- * 秋田大学工学資源学部
Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University, Tegata-Gakuencho 1-1, Akita 010-8502, Japan
- ** (株) ジオウィンドウ
GEOWINDOW Co. Ltd., Tamagawa 5-7-4, Chofu, Tokyo 182, Japan
- *** 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
Department of Earth and Planetary Science School of Science, University of Tokyo, Hongo 7-3-1, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0033, Japan
- **** 東北大学大学院理学研究科地学専攻地圏進化化学講座
Institute of Geology and Paleontology, Graduate School of Science, Tohoku University, Aobayama, Sendai 980-8578, Japan
- ***** 熊本大学理学部地球科学科,
Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami, Kumamoto 860-8555, Japan
- ***** 産業技術総合研究所海洋資源環境研究部門,
Marine Resources and Environment, Geological Survey of Japan, Higashi 1-1-1, Tsukuba, Ibaragi 305-8567, Japan

Fig.1. Photomicrographs (a, b, and c) and a polished slab (d) of bioturbated fine-grained sandstone (= monogenetic mudstone breccia in Tanaka and Ujiie, 1984). Samples from “+40” of Golf Links Section (Sato et al., 2004). Scale bar = 1 mm (a, b, and c) or 5 mm (d)

Ma)にあることが示されている。よって、氏家氏の *T. truncatulinoidea* の出現層準で鮮新統／更新統境界を決定すべきであるとの主張は明らかな誤りである。

今回の討論は、鮮新統／更新統境界問題に関わりがあり、討論に決着をつけるためには、同境界の模式地における生層序および古地磁気層序を明確にしておく必要がある。筆者らの鮮新統／更新統境界の認定は、佐藤が行った同境界模式地の調査結果に基づいている。鮮新統／更新統境界の模式地が決定されるまでの経緯は複雑で、ここでは詳細を省くが、同境界の模式地は、南イタリアのレ・カステラに近いヴリカにあり (Aguirre and Pasini, 1985)、同地におけるセクションの marker bed “e” 直上と同境界と決定されている (1984年, 第27回万国地質会議)。佐藤は、長期にわたって、新生界最上部の石灰質ナノ化石層序に関する研究を行っており、上部鮮新統に9の対比基準面を、第四系に12の対比基準面を設定した。中でも、第四系対比基準面は大西洋、太平洋、インド洋海域のみならず、北極海域まで明瞭に追跡され、古地磁気層序との関係も常に一定である (Takayama and Sato, 1987; Sato and Takayama, 1992; Sato and Kameo, 1996; Sato et al., 1998; Sato et al., in press)。氏家氏が問題とした鮮新統／更新統境界についても、佐藤らは、これらの石

灰質ナノ化石基準面を同境界の模式地で確認した (佐藤ほか, 1988; Takayama and Sato, 1993-1995)。その結果、鮮新統／更新統境界は Olduvai Subchron の上限直上にあり、境界の 11 m 上位には *Gephyrocapsa caribbeanica* の出現層準が、25 m 上位には *Gephyrocapsa oceanica* の出現層準があることが明らかにされている。

このように、石灰質ナノ化石対比基準面は汎世界的に追跡され、それらの同時性も高く、鮮新統～第四系においては、浮遊性有孔虫化石生層序よりもはるかに高精度で年代を決定可能である。よって、鮮新統／更新統境界は、うりずん露頭においては知念層下部のユニット E/F 境界に、ゴルフ場露頭においては新里層／知念層境界より約 3 m 上位にあることは確実である。

なお、氏家氏は、筆者らが鮮新統／更新統境界をユニット E/F 境界ではなく、それより下位の E+150 層準に求めたと記しているが、これは明らかに氏の引用間違いである。すなわち、論文に記したごとく、筆者らの見解は鮮新統／更新統境界をユニット E/F 境界におくものであり、その直下の試料 E+150 層準から産出したわずかの *Gephyrocapsa caribbeanica* と *Gephyrocapsa oceanica* の個体は、E/F 境界部が生物擾乱を被っていることより、本来上位層に含ま

れていた個体が生物擾乱によって下位層に混入したものと解釈される。

シルト岩角礫層

氏家氏は、筆者らが述べた“含シルト岩偽礫細粒砂岩”が、Tanaka and Ujiie (1984) で指摘した細礫サイズの角礫を含む泥岩角礫層 (monogenetic mudstone breccia) より上位にある可能性を指摘し、生物擾乱により形成された岩相であるならば、その層準と顕微鏡写真を提示すべきであると述べている。Tanaka and Ujiie (1984) では、知念層基底に泥岩角礫層が存在することが記述されているものの、柱状図の精度および記載が不十分なため、泥岩角礫層の正確な層位学的位置は追認しがたく、また、彼らの柱状図と筆者らが 1/10 の縮尺で記載した柱状図とを正確に対応づけることも困難である。しかし、筆者らの“含シルト岩偽礫細粒砂岩”は、知念層基底から 40 cm 上位 (層厚 23 cm)、および 93 cm 上位 (層厚 10 cm) の 2 層準に位置しており、Tanaka and Ujiie (1984) が知念層基底の泥岩角礫層 (ただし彼らの同層準上下の岩相記載は siltstone) とした層準とほぼ同一と考えられる。

“シルト岩角礫”は露頭において容易に認められる。すなわち、一見不均質なシルト質砂岩に見える岩相を詳細に観察すると、砂岩中にシルト岩角礫 (～円礫) が散在するという産状を示す。鏡下においては、シルト岩偽礫の内部に、同心円状のラミナ様構造がみられる。礫と基質の境界は必ずしも明瞭ではなく、漸移的な場合が認められる (Fig.1)。また、生砕物の中には、両者の境界をまたぐものも認められる。以上より、氏家氏が submarine erosion によって形成されたとした“泥岩角礫”は生痕化石 (巣穴) を角礫と誤認したものであり、その存在に特別な地質学的意義を付加するのは不適当である。

沖縄調査の今後

Ujiie (1994) は、琉球列島の新生代地史を示した。その中で、知念層を含む琉球層群は島尻層群と不整合関係にあり、島尻層群堆積後、琉球層群堆積前 (1.7 ~ 0.5 Ma) に、琉球弧や沖縄トラフの原型の形成等の造構運動 (島尻変動) があったとされた。しかしながら、知念層と島尻層群との間には大きな時間間隙はないこと (中川ほか, 2001) や、琉球層群の堆積の開始時期は更新世前期 (1.65 ~ 1.45 Ma) にまで遡ること (山本ほか, 2003) が報告され、Ujiie (1994) の新生代地史は、少なくとも第四系に関する限り、その根拠である層序と年代論に大きな誤りがあることが明らかになっている。知念層は、層序および岩相の両点において、泥質堆積物からなる島尻層群と礫性堆積物からなる琉球層群の中間に位置し、琉球列島におけるサンゴ礁の成立過程を知る上で重要な堆積物である。筆者らの論文で明らかになったように、知念層の基底の年代は近接する露頭間でも一致せず、また、時間間隙の規模と層位学的位置も異なる。したがって、筆者らは、知念層の堆積過程を正しく把握するためには、ステレオ

タイプの観点から脱却し、柔軟な発想をもって、徹底的な岩相層序学的・生層序学的研究を行う必要があると認識し、それを推進中である。

文 献

- Aguirre, E. and Pasini, G., 1985, The Pliocene Pleistocene boundary. *Episode*, **8**, 116-120.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C., III and Aubry, M.-P., 1995a, A revised Cenozoic Geochronology and chronostratigraphy. In Berggren, W. A., Kent, D. V., Aubry, M.-P. and Hardenbol, J. eds, *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation*: SEPM Special Publication no. 54, Tulsa, OK, 129-211.
- Berggren, W. A., Hilgen, F. J., Langereis, C. G., Kent, D. V., Obradovich, J. D., Raffi, I., Raymo, M. E. and Shackleton, N. J., 1995b, Late Neogene chronology: New perspectives in high-resolution stratigraphy. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **107**, 1272-1287.
- 中川 洋・松田博貴・佐藤時幸・平塚美由紀・尾田太良, 2001, 沖縄本島南部知念層の堆積相と堆積時代—予察—. 堆積学研究, no. 53, 99-101.
- 日本地質学会誌編, 2001, 国際層序ガイド. 共立出版, 33-48
- Sato, T. and Kameo, K., 1996, Pliocene to Quaternary calcareous nannofossil biostratigraphy of the Arctic Ocean, with reference to late Pliocene glaciation. In Thiede, J., Myhre, A.M., Firth, J.V., Johnson, G.L. and Ruddiman, W. F. (eds.), *Proc. ODP Sci. Res.*, **151**, College Station, TX (Ocean Drilling Program), 39-59.
- 佐藤時幸・中川 洋・小松原純子・松本 良・井龍康文・松田博貴・大村亜希子・小田原啓・武内里香, 2004, 石灰質微化石層序からみた沖縄本島南部、知念層の地質年代. 地質雑, **110**, 38-50.
- Sato, T., Saito, T., Takahashi, H., Sato, Y., Osato, C., Goto, T., Hibino, T., Higashi, D. and Takayama, T., 1998, Preliminary report on the geographical distribution of the cold water nannofossil *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller during the Pliocene to Pleistocene. *Jour. Min. Coll. Akita Univ.*, Ser. A, **8**, 32-46.
- Sato, T. and Takayama, T., 1992, A stratigraphically significant of new species of the calcareous nannofossil *Reticulofenestra asanoi*. In Ishizaki K. and Saito T. eds., *Centenary of Japanese micropaleontology*, Terra Sci. Pub. Comp., Tokyo, 457-460.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・亀尾浩司, 1988, 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序, その 4 : 総括—太平洋側および鮮新統/更新統境界の模式地との対比. 石技誌, **53**, 475-491.
- Sato, T., Yuguchi, S., Takayama, T. and Kameo, K., in press, Drastic change of the geographical distribution of the cold water nannofossil *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller during the late Pliocene, with special reference to glaciation in the Arctic Ocean. *Mar. Micropaleontol.*
- Takayama, T. and Sato, T., 1987, Coccolith biostratigraphy of the north Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 94. In Ruddiman W.F., Kidd, R.B., Thomas, E. et al. eds., *Init. Repts. DSDP*, **94** (U.S. Govt. Printing Office), 651-702.
- Takayama, T. and Sato, T., 1993-1995, Coccolith biostratigraphy of the Pliocene/Pleistocene boundary stratotype. *Ann. Geol. des pays Helleniques le serie*, **T. 36**, 143-150.
- Tanaka, Y. and Ujiie, H., 1984, A standard Late Cenozoic microbiostratigraphy in southern Okinawa-jima, Japan. Part 1. Calcareous nannoplankton zones and their correlation to the planktonic foraminiferal zones. *Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo*, Ser. C, **10**, 141-168.
- Ujiie, H., 1994, Early Pleistocene birth of the Okinawa Trough and Ryukyu Island Arc at the northwestern margin of the Pacific: evidence from Late Cenozoic planktonic foraminiferal zonation. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **108**, 457-474.
- 山本和幸・井龍康文・中川 洋・佐藤時幸・松田博貴, 2003, 沖縄本島, 本部半島基部に分布する下部第四系の層序の再検討—呉我礫層・仲尾次砂層の層位学的位置について—. 第四紀研究, **42**, 279-294.