甕島列島に分布する上部白亜系姫浦層群の層序と化石および堆積環境*

Stratigraphy, fossils and depositional environments of the Upper Cretaceous Himenoura Group on the Koshikijima Islands*

小松俊文¹ 三宅優佳¹ 真鍋 真²
平山 廉³ 簗本美孝⁴ 對比地孝亘⁵

概 要

甕島列島には、上部白亜系の姫浦層群が分布し、非海生～海生の化石を多産する。下甕島北部の姫浦層群では、下部～中部カンパニアン階の河川成堆積物や潮汐堆積物、波浪堆積物を伴う外浜や陸棚などの浅海相が繰り返しており、非海成層からはマガキ類のカキ礁や脊椎動物化石が産出し、外浜や陸棚堆積物には二枚貝やアンモナイトなどの大型化石や放散虫などの微化石が含まれている。中甕島の姫浦層群は、主に中部～上部カンパニアン階からなり、浅海相を伴うものの土石流堆積物やスランプ層が特徴的な陸棚斜面相が主体で、半遠洋性の泥岩からイノセラムスや放散虫などが産出する。また、土石流堆積物には、マガキ類の破片殻が含まれており、陸域から運搬されてきたと考えられる脊椎動物の骨片を伴う。

この巡検では、これらの化石の構成や産状、保存状態を観察することや堆積環境を復元する上で鍵となった堆積構造を観察する。また、イノセラムスやアンモナイトを用いて明らかになった下部～中部カンパニアン階の層序や動物相にも注目する。なお、鹿島地域から産出した脊椎動物化石については、鹿島支所内に保管されている標本を見学する。

Keywords

姫浦層群, 上部白亜系, 甕島列島, 層序, 化石, 堆積環境
Himenoura Group, Upper Cretaceous, Koshikijima Islands, Stratigraphy, Fossils, Sedimentary environment

地形図

1:25,000 「中甕」

*Toshifumi Komatsu¹, Yuka Miyake¹,
Makoto Manabe², Ren Hirayama³,
Yoshitaka Yabumoto⁴ and
Takanobu Tsuihiji⁵*

2014年2月3日受付.

2014年4月4日受理.

* 日本地質学会第121年学術大会(2014年・鹿児島)巡検(2コース)案内書

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科

Graduate School of Science and Technology,
Kumamoto University, Kumamoto 860-8555,
Japan

² 国立科学博物館地学研究所

Department of Geology & Palaeontology,
National Museum of Nature & Science, Tsukuba 305-0005 Japan

³ 早稲田大学国際教養学部

School of International Liberal Studies,
Waseda University, Tokyo 169-8050, Japan

⁴ 北九州市立自然史・歴史博物館

Kitakyushu Museum of Natural History and
Human History, Kitakyushu 805-0071 Japan

⁵ 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,
The University of Tokyo, Hongo, Bunkyo-ku, 113-0033 Japan

Corresponding author: T. Komatsu,
komatsu@sci.kumamoto-u.ac.jp

見学コース

- [1日目] 10:20 串木野港集合(甕島行き 11:25 発フェリーニュー甕に乗船)→上甕島里港→中甕島平良→上甕島里港→下甕島長浜港→下甕島鹿島町蘭牟田(泊)
- [2日目] 下甕島鹿島町蘭牟田→鹿島町熊ヶ瀬周辺→鹿島支所(地質・化石展示室)→鹿島町夜萩円山周辺→鹿島町円山北側海岸周辺→鹿島町中山周辺→下甕島鹿島町蘭牟田(泊)
- [3日目] 7:50 下甕島鹿島町蘭牟田→鹿島港(串木野行き 8:30 発フェリーニュー甕に乗船)→10:30 串木野港解散

見学地点

- Stop 1 (31°48'14"N, 129°50'19"E) 中甕島平良地域北東部の海岸: 姫浦層群 U-IV の陸棚斜面堆積物
- Stop 2a, b (Stop 2a: 31°45'37"N, 129°48'13"E; Stop 2b: 31°45'36"N, 129°48'11"E)
下甕島鹿島地域熊ヶ瀬鼻周辺: 姫浦層群 U-IIIa の非海成堆積物
- Stop 3 下甕島鹿島支所化石展示室: 姫浦層群から産出した化石の見学と脊椎動物化石の研究や普及活動の様子。
- Stop 4 (31°46'58"N, 129°47'18"E) 下甕島鹿島地域北西部夜萩円山: 姫浦層群 U-IIa の外浜・陸棚堆積物
- Stop 5 (31°47'10"N, 129°47'24"E) 下甕島鹿島地域北西部円山の北海岸: 姫浦層群 U-IIb の陸棚堆積物と下部～中部カンパニアン階の化石
- Stop 6 (31°45'18"N, 129°47'09"E) 下甕島鹿島中山地域の西海岸: 姫浦層群 U-IIb の陸棚堆積物と下部～中部カンパニアン階の化石

Fig. 1. (A) Distribution of the Upper Cretaceous Himenoura Group on the Koshikijima Islands. Stop 1 is located in the northeastern Taira area on Nakakoshikijima Island. (B) Outcrop localities at Stops 2–6 in the northern Kashima area on Shimokoshikijima Island.

はじめに

甕島列島には、上部白亜系の姫浦層群が分布しており、海岸沿いでは露出がよく、非海生や海生動物の化石を多産する。甕島列島の白亜系は、伊木(1902)によって、初めてその分布が示され、Matsumoto(1954)やKobayashi and Amano(1955)、Amano(1957)などで、天草地域に分布している姫浦層群に相当することが明らかにされた。その後、田中・寺岡(1973)や井上ほか(1982)により、甕島列島の姫浦層群の地質や層序、堆積環境、地質構造などの概略が報告

された。また、これらの研究と並行して、天草地域の姫浦層群や日本各地に分布する上部白亜系との対比、地質・層序学的な再検討、古生物学、堆積学、構造地質学などに関連する分野の研究が行われてきた(波多江, 1959, 1960; 田代・野田, 1973; 田中・寺岡, 1973; Tashiro, 1976; 井上ほか, 1982; 加納, 1997; 加納ほか, 1989; 利光ほか, 2004; 藤内ほか, 2008)。近年の研究では、中甕島から中部カンパニアン階の放散虫化石群集が報告され(荒巻ほか, 2013)、下甕島の姫浦層群からは恐竜やカメ類、ワニ類、魚類などの脊椎動物化石が報告された(近藤ほか, 2009; Miyake et al., 2009; 三宅

Fig. 2. Geologic map of Nakakoshikijima and northern Shimokoshikijima islands (after Kano et al., 1989).

ほか, 2011; Tsuihiji et al., 2013). なお, 下甌島の脊椎動物化石は, 論文で報告されている恐竜を含む脊椎動物化石群集として, 日本で最も新しい時代のものである。

この巡検では, サンカクガイやイノセラムスなどで代表さ

れる二枚貝化石やアンモナイトなどの海生動物化石の構成や産状, 保存状態などを観察することや河川成堆積物や潮汐堆積物, 波浪堆積物を伴う外浜や陸棚などの浅海成堆積物, 土石流堆積物やスランプ堆積物が特徴的な陸棚斜面の堆積物な

Fig. 3. Columnar section of unit U-IV of the Upper Cretaceous (middle Campanian) Himenoura Group at Stop1, Taira area, Nakakoshikijima Island. This section is characterized by slope facies composed of slump, debris flow, and hemipelagic deposits. Poorly preserved non-marine and marine bivalves and costal fragments of non-marine aquatic turtles are found in debris flow deposits.

どについて堆積構造を中心に観察し、姫浦層群の堆積環境や層序、生物相、タフォノミーなどを理解することを目的とする。また、イノセラムスやアンモナイトによって明らかにされた下部～中部カンパニアン階が露出するセクションを訪ねる。なお、鹿島支所内の化石展示室では、近年になって下甌島から報告された恐竜やカメ類、ワニ類、魚類などの化石や脊椎動物化石の調査の進め方、これらの化石を用いた地質・古生物学分野の普及活動の様子について見学する。

地質概略

甌島列島は、鹿児島県薩摩半島の西方に位置し、主に上甌島と中甌島および下甌島の3島からなる(Fig. 1)。姫浦層群は、上甌島の南部や西部と中甌島、下甌島に露出し、基底部は露出していないものの、最上部は古第三系によって不整合に覆われ、層厚は1300 m以上に及ぶ(加納ほか, 1989)。地質構造については、田中・寺岡(1973)や藤内ほか(2007, 2008)で述べられ、北東側に沈下する複向斜構造を形成していることや下甌島南部および上甌島西縁の一部の地域は、花崗岩類の貫入に伴う接触変成作用の影響を強く受けていることが明らかにされた。さらに甌島列島の古応力場や構造発達史なども研究されている(Tonai et al., 2011)。

地質年代については、田代・野田(1973)や加納ほか(1989)などによって報告され、甌島列島の姫浦層群がカンパニアン階～マーストリヒチアン階を主体とし、サントニアン階を含む可能性があることも指摘されている。荒巻ほか(2013)では、放散虫化石を用いて、中甌島に露出する姫浦層群の下部が中部カンパニアン階であることを明らかにし、これより下位の地層が露出する下甌島北部の姫浦層群が下部～中部カンパニアン階を主体とすることを示した。

層序の概略については、田中・寺岡(1973)やTashiro(1976)、加納ほか(1989)などで検討されたが、地質構造が複雑であるため、断層で区切られたブロック間の対比が田中・寺岡(1973)とTashiro(1976)、加納ほか(1989)では異なっている。Tashiro(1976)と加納ほか(1989)では、下甌島北部の姫浦層群は断層を介して同じ地層が繰り返し露出している可能性を指摘しているため、田中・寺岡(1973)とは地質図や層序が異なり、姫浦層群の層厚は、田中・寺岡(1973)の見積もりと比べて薄く見積もられている。近年になって、三宅ほか(2012, 2013)は、下甌島北部の地質や層序をアンモナイトやイノセラムス、放散虫化石を用いて詳細に調査し、鹿島地域北部から北東部を除く地域ではTashiro(1976)や加納ほか(1989)の見解が概ね正しいことを明らかにした。

加納ほか(1989)によると、下甌島北部にはU-II(U-IIa, b1, b2, b3)とU-III(U-IIIa, b)、中甌島には、U-IIIcとU-IVが分布している(Fig. 2)。この巡検地域である下甌島の北東部には、U-IIb～U-IIIbが露出し、中甌島の北東部～南東部にはU-IV層が露出している。U-IIbは、層厚250 m以上で海成の泥岩や砂岩が主体であり、中部カンパニアン階を示す*Sphenoceramus schmidtii*などのイノセラムス化石を産出する(野田ほか, 1995; 三宅ほか, 2013)。U-IIIaは、主として低角の斜交層理の発達した層厚5～35 mの厚い細～粗粒砂岩からなり、厚さ2～5 mの泥岩や砂岩泥岩互層を挟む。U-IIIbは、大規模な斜交層理やトラフ型斜交層理の発達する厚い中～粗粒砂岩と厚さ5 m以下の砂質泥岩や砂岩泥岩互層からなり、*Corbula ushibukensis*や*Crassostrea* sp.などの汽水生の二枚貝や*Loxo japonica*などの浅海生の二枚貝化石を含む。中甌島のU-IVは、泥岩や砂岩、含礫泥岩が主体で、*S. schmidtii*や放散虫化石群

Fig. 4. Photographs of unit U-IV of the Himenoura Group at Stop 1. (A) Slump deposits of the slope facies. Hammer (ringed) is 28 cm long. (B) Debris flow deposits containing abundant rip-up mud clasts. An out-sized clast can be seen in the upper part of the debris flow deposits. (C) A poorly preserved bone fragment in the debris flow deposits.

集が報告されており、これらの化石によって、U-IV も中部カンパニアン階であることが明らかになっている(野田ほか, 1995; 荒巻ほか, 2013; 三宅ほか, 2012; 藪本ほか, 2014)。なお、この巡検では、加納ほか(1989)による地質図と層序区分を一部改訂して用いる(Fig. 2)。

見学地点の説明

Stop 1 中甌島平良地域北東部の海岸：姫浦層群 U-IV の陸棚斜面堆積物

[地形図] 1 : 25,000 [中甌]

[位置] 31°48'14"N, 129°50'19"E

[解説] Stop 1 付近に分布する姫浦層群の U-IV は、アンモナイトやイノセラムス、放散虫を含む半遠洋性の泥岩を主体とし、礫支持～基質支持の含礫泥岩や礫岩、砂岩、スランプ堆積物を伴う(Figs. 1–4)。これらの堆積物のうち礫支持～基質支持の含礫泥岩は、細礫から中礫が主体で外来礫を含むものの同時礫が多く、同時礫には稀に 1 m ほどの巨礫も含まれており、典型的な土石流堆積物の特徴を示している。このような土石流堆積物や厚いスランプ堆積物から、U-IV の主部は、陸棚斜面相と考えられている(井上ほか, 1982)。

Stop 1 では、厚さ数 10 cm～4 m ほどの土石流堆積物や塊状の細粒砂岩層、厚さ約 4～8 m のスランプ堆積物が泥岩

中に挟まれている(Fig. 4)。Stop 1 南部の土石流堆積物には、多くの同時礫と共にマガキ類(*Crassostrea*)や *Corbula ushibukensis* などの汽水生の二枚貝化石や *Nanonavis sachalinensis* や *Glycymeris amakusensis* などの浅海生の二枚貝化石を含んでいる(Figs. 3, 5)。姫浦層群から産出する *G. amakusensis* は、外浜堆積物中に多く、*N. sachalinensis* は陸棚環境の泥質堆積物に生息していたことが明らかになっている(Komatsu et al., 2008)。また、マガキ類の生息環境や古生態は、ジュラ紀後期から現在までほとんど変化していないことが報告されている(Komatsu et al., 2002; 小松, 2004)。これらの二枚貝化石は、離弁殻や破片で保存状態は悪く、散在的に産出し、典型的な他生の産状を示しているため、土石流によって汽水域や浅海域から陸棚斜面まで運搬されてきたと考えられる。産出量は少ないものの、この土石流堆積物中には、材片や数 cm～20 cm ほどの骨片、スッポン科(Trionychidae, gen. et sp. indet.)や所属不明のカメ類などの背甲なども含まれている(Fig. 4)。スッポン科などのカメ類の背甲は、1～2 cm ほどの破片で表面の装飾は磨耗されている。下甌島に露出する姫浦層群の河川成堆積物から保存状態の良いスッポンの背甲が多数産出していることや(Miyake et al., 2009)、現生のスッポン類のほぼ全ての種が淡水域に生息していること、背甲の保存状態などから、

Fig. 5. Bivalve fossils from unit U-IIb of the Himenoura Group in the Kashima area, Shimokoshikijima Island. The scale bars are 1cm. (A) *Protocardia koshikijimensis* Amano, lateral view of articulated valves, Stop 6, western Nakayama. (B) *Glycymeris amakusensis* Nagao, lateral view of left valve, Stop 6, western Nakayama. (C) *Periplomya nagaoi* Ichikawa and Maeda, lateral view of left valve, Stop 6, western Nakayama. (D) *Malletia himenourensis* Tashiro, lateral view of right valve, Stop 6, western Nakayama. (E) *Apiotrignonia amanoi* (Nokano), lateral view of right valve, Stop 6, western Nakayama. (F) *Nanonavis sachalinensis* (Schmidt), lateral view of left valve, Stop 6, western Nakayama. (H) *Inoceramus ezoensis* Yokoyama, lateral view of right valve, Stop 6, western Nakayama. (I) *Inoceramus toyajoanus* Nagao and Matsumoto, lateral view of left valve, Stop 6, western Nakayama. (G) *Sphenoceramus schmidtii* (Michael), lateral view of left valve, Stop 5, on the northern coast of Tsuburazaki.

Fig. 6. Columnar section of unit U-IIIa of the Upper Cretaceous (middle Campanian) Himenoura Group at Stop 2a in the eastern Kashima area, northern Shimokoshikijima Island. Sandstone and mudstone yield abundant brackish-water bivalves, such as *Corbula ushibukensis* and *Crassostrea* sp.

Fig. 7. Photographs of unit U-IIIa of the Himenoura Group at Stop 2a, Kumagasehana, the eastern Kashima area, northern Shimokoshikijima Island (A–E). (A) Three dimensional ripples. (B) Bioturbated mudstone containing brackish-water bivalves and *Thalassinoides* isp. (C) Gastropods from tidal flat deposits. (D) Several oyster (*Crassostrea* sp.) colonies forming a typical oyster bank. (E) Horizontal section of a part of an oyster (*Crassostrea* sp.) colony. (F) The oyster (*Crassostrea* sp.) colony is overlain by allochothonous oyster shell concentrations in Hirasezaki, northeastern Kashima area.

Stop 1 で産出するスッポン科の化石も陸域から運搬されてきたものと思われる。

Stop 2a, b 下甕島鹿島地域熊ヶ瀬鼻周辺：姫浦層群 U-IIIa, b の非海成堆積物

[地形図] 1 : 25,000「中甕」

[位置] 31°45'37"N, 129°48'13"E (Stop 2a)

31°45'36"N, 129°48'11"E (Stop 2b)

Fig. 8. Columnar section of unit U-IIIb of the Upper Cretaceous (middle Campanian) Himenoura Group at Stop 2b in Kumagasehana, eastern Kashima area, northern Shimokoshikijima Island.

[解 説] Stop 2 では、西北西–東南東走向の断層が発達しており、これより北側の地域(Stop 2a)には姫浦層群 U-IIIa が分布し、南側(Stop 2b)では姫浦層群 U-IIIb が露出している。Stop 2a は、砂岩や泥岩からなる層厚約 20 m のセクションで、粗～中粒砂岩の多くは塊状であるが、層準によっては斜交層理や平行葉理、カレントリップルなどの堆積構造が保存されている(Figs. 6, 7)。カレントリップルは、波長が約 20～30 cm で 3 次元的な形態をしているものが多い(Fig. 7A)。細粒砂岩や泥岩には、生物攪乱が発達しており、*Thalassinoides* isp. などのサンドパイプが含まれている(Fig. 7B)。化石はマガキ類や *C. ushibukensis* などの汽水生の二枚貝類や巻貝が多く、保存状態の悪いイノセラムスの

化石も稀に産出する(Figs. 6, 7)。マガキ類は、離弁殻や破片殻が横倒しの状態で、厚さ 10～50 cm 程度の他生的な貝殻密集層を形成することが多いが、複数の自生のコロニーがやや密集した状態でカキ礁を形成する層準もある(Fig. 7)。Stop 2a で観察できるマガキ類のコロニーは、鎮西(1982)や Chinzei(2013)などで報告された典型的なリレー戦略を示しており、複数の世代のマガキ類が世代を超えて上方あるいは斜め上方に成長する様子が 3 次元的に確認できる。マガキ類を主体とする他生的な貝殻密集層からは、保存状態の悪いカメ類の背甲や、分類群や部位の同定が不可能な脊椎動物の骨片が産出する。なお、このようなカキ礁は、鹿島地域北東の平瀬崎付近でも報告されており(Fig. 7F; 利光ほか、

Fig. 9. Photographs showing outcrops of unit U-IIIb of the Himenoura Group at Stop 2b in Kumagasehana, eastern Kashiima area. (A) Alternations of sandstone (channel-fill and sand bar deposits) and mudstone (back marsh deposits). (B) Fluvial channel-fill and sand bar deposits. Fluvial channel-fill deposits are characterized by concave erosional basal surfaces. (C) Thick channel-fill gravelly sandstone and back marsh deposits (BMDs). The thick channel-fill gravelly sandstone contains large-scale cross-stratification and abundant rip-up mud clasts. (D) Thin tidal flat deposits are intercalated in the section of Stop 2b, and contain U-shaped sand pipes (*Diplocraterion* isp.). (E) Rootlets from back marsh deposits. (F) Roots (trunks?) preserved in situ in back marsh deposits. (G) Fragments of large vertebrate bone are commonly found in back marsh deposits.

1990; 三宅ほか, 2011), ここではダブルマッドドレイプが繰り返し挟まれているタイダルバンドルや、複数の古流向を示すカレントリップルや斜交層理が特徴的な砂岩、レンチキュラー層理やフレーザー層理などが発達する潮汐堆積物が

露出している(三宅ほか, 2011).

Stop 2b は、泥岩や砂岩、礫岩を主体とする層厚 20 m 以上の露頭で、チャンネルを充填する砂岩や礫岩、植物の根や薄い炭層などを含む泥岩が特徴的である (Figs. 8, 9). チャネ

Fig. 10. Vertebrate fossils from unit U-IIIa of the Himenoura Group, Kashima area. The scale bars are 1cm. (A) Scute of a crocodilian. (B–D) Scutes of aquatic turtles. (B) *Carettochelyidae*, gen. et sp. indet. (peripheral). (C) *Trionychidae*, gen. et sp. indet. (neural). (D) *Adocus* sp. (right third peripheral). (E–F) Ganoid scales. (G) Tooth of a crocodilian in labial (G_1) and lingual (G_2) views. (H–J) Theropod remains. (H) Tooth in labial view. (I) Proximal part of a right dorsal rib in posterior (I_1), anterior (I_2), and proximal (I_3) views. (J) Maxillary tooth in lingual (J_1), distal (J_2), mesial (J_3), and labial (J_4) views.

ルを充填する砂岩や礫岩は、厚さ数 10 cm～4 m で大型の斜交層理が発達し、外来礫や同時礫(= 層内礫あるいはリップアップクラスト)、比較的大型の脊椎動物化石の骨片などを含む (Fig. 9G)。骨片は表面が摩耗しているものも多く、保存状態は悪い。厚さ約 0.5～1.5 m で斜交層理が発達する中～粗粒砂岩は、基底面が平で上面が緩やかな凸状の層の形態を示しており、砂州を形成した堆積物と考えられる (Fig.

9B)。チャネル充填堆積物や砂州堆積物を覆う泥岩は、有機物に富むやや淘汰の悪い砂質泥岩と淘汰の良いシルト岩が多く、層準によっては植物の根や根痕、厚さ 1～2 cm の炭層を挟むため、河川流路の周辺に発達した後背湿地などの環境下で形成されたと考えられる (Figs. 9E, 9F)。これらの後背湿地で堆積したと考えられる泥岩からも大型の脊椎動物の骨片が多数産出している。なお、ごく限られた層準で局所的に

		Fresh water			Brackish water	Marine		
		Fluvial			Tidal flat	Shoreface	Shelf	Slope
		Backmarsh /Swamp	Sand bar	Channel				
Vertebrate remains		abundant						
Trionychoid aquatic turtles	<i>Adocus</i> sp.	abundant						
	Trionychidae, gen., et sp. indet.	abundant						
	Carettochelyidae, gen., et sp. indet.	abundant						
		abundant						

Legend

abundant

common

rare

Fig. 11. Depositional facies containing vertebrate remains in the Himenoura Group, Koshikijima Islands. Back marsh and swamp deposits yield abundant terrestrial vertebrate remains and coastal fragments of aquatic turtles.

生痕化石(*Diplocraterion* isp.)が密集しており(Fig. 9D), レンティキュラー層理や様々な古流向を示すカレントリップルや斜交層理を伴うため、干潟などの汽水あるいは浅海相が挟まれている可能性はあるものの、Stop 2b ではチャンネルを充填する堆積物や植物が繁茂していた後背湿地などの堆積物が主体であることから、Stop 2b に露出する地層の大部分は河川相と考えられる。なお、これらの河川成堆積物の特徴は、Collinson(1996)や Mial(2010)などの蛇行河川相で一般的に報告されているものと類似している。

Stop 3 下甕島鹿島支所化石展示室：姫浦層群から産出した化石の見学

[地形図] 1:25,000「中甕」

[位置] 鹿島支所 1 階

[解説] 2009 年に獣脚類恐竜の歯や肋骨、スッポン科(*Trionychidae*, gen. et sp. indet.)や *Adocus* sp.(アドクス科 *Adocidae*), スッポンモドキ科(*Carettochelyidae*, gen. et sp. indet.)などの水生カメ類の背甲、ワニの歯や皮骨板、魚類などの化石が、下甕島鹿島地域北東部の姫浦層群の U-III (U-IIIa, b) から見つかった(Fig. 10; 近藤ほか, 2009; Miyake et al., 2009)。その後、熊本大学や国立科学博物館などを中心とする研究者や学生が調査や発掘を進めた結果、獣脚類や角竜類、竜脚類などの恐竜の歯や所属不明の骨、硬鱗魚の鱗(ガノイン鱗)や骨などが見つかり(e.g., Tsuihiji, et al., 2013), さらに鹿島地域の各地に露出する U-IIIa, IIIb の複数の露頭から *Adocus* sp. やスッポン科などのカメ類やワニ類、所属不明の大型動物の骨片などが報告された(Miyake et al., 2009)。

これらの化石のうち鹿島地域北東部から見つかったものは、厚さ約 20 cm の砂質泥岩とこれを覆う層厚約 1 m の暗灰色泥岩から散在的に産出し、関節している個体は無く、破損しているものを含むものの、表面の磨耗などはほとんど認められず保存状態は良い。これらの砂質泥岩や暗灰色泥岩からは、硬鱗魚の鱗や水生のカメ類が比較的多産し、二枚貝なども産出するため、沼沢地(swamp)で堆積したと考えられるが、この暗灰色泥岩は植物の根痕を多数含む泥岩で覆われることから、沼沢地から後背湿地のような環境へと変化した

ことが分かる(Miyake et al., 2009)。なお、鹿島地域で見つかった脊椎動物化石は、河川成堆積物や潮汐堆積物、外浜堆積物などから産出しており、河川成のチャンネル充填堆積物や潮汐堆積物、外浜堆積物から産する化石は全般的に保存状態が悪く産出量も少ないが、河川の流路周辺に発達した後背湿地や沼沢地で堆積した泥質堆積物から産出した化石は保存状態が良い(Figs. 10–12)。

鹿島支所では、これらの脊椎動物化石に加えて、甕島列島の姫浦層群から産出するアンモナイトやオウムガイ、二枚貝、巻貝、ウニなどの化石を展示している。また、調査や発掘の様子、姫浦層群の地質全般についてパネルなどを用いて解説し、これらの学術的な価値や保存の必要性などを訴えているほか、小中学校を中心とする理科や自然科学分野の教育的な資源として活用している(Fig. 12)。さらに大学や博物館などの研究者が中心となって一般向けの普及講演や野外巡検、露頭観察会なども実施している。

Stop 4 下甕島鹿島地域西北部夜萩円山：姫浦層群 U-IIa の外浜・陸棚堆積物

[地形図] 1:25,000「中甕島」

[位置] 31°46'58"N, 129°47'18"E

[解説] 夜萩円山の展望台付近には、大型斜交層理やトラフ型斜交層理の発達した厚さ数 m~25 m の砂岩とハンモック状斜交層理(HCS)を伴う細粒砂岩と泥岩の互層、厚さ 1~5 m の生物攪乱が発達した暗灰色泥岩が分布している(Figs. 13–15)。砂岩泥岩互層中の HCS 砂岩は、厚さ 10 cm~2 m ほどで、砂岩層の上部は生物攪乱が発達し、厚さ数 cm から 40 cm の生物攪乱の発達した泥岩で覆われている。HCS 砂岩やトラフ型斜交層理の基底部には、幅約 50 cm~2 m ほどのレンズ状の貝殻密集層(shell-concentration)が挟まれ、*Loxo japonica* や *Apiotrigonia* sp. などの二枚貝化石が含まれる(Figs. 13B, 15E, 15F)。 *L. japonica* は、HCS 砂岩層上部の生物攪乱が発達した砂岩からも産出しており、貝殻密集層中の化石は離弁殻で表面が磨耗されているものが多いが、生物攪乱が発達した砂岩中の個体は合弁殻が多く、殻の接合面を層理面に対して垂直に保っている個体が含まれる。HCS 砂岩で特徴づけられる砂岩と泥岩の互層は、

Fig. 12. Modes of vertebrate fossil occurrence (A, B) and outreach activities in Kashima area (C–F). (A) An isolated femur. (B) An isolated turtle shell tentatively identified as *Adocus* sp. (C) Local primary school pupils learning about the geology and paleontology of the area (D) Local children looking at fossils from the island on display at a library (E) Local senior citizens learning how to prepare fossils at Kashima Community Center. (F) A university student demonstrating fossils for a family participating in a fossil dig event.

一般的に波浪が卓越する内側陸棚で堆積したと考えられているため (Cheel and Leckie, 1993; Johnson and Baldwin, 2004; Plint, 2010), *L. japonica* は外浜や内側陸棚環境の砂底に生息していたと思われる。

大型斜交層理やトラフ型斜交層理が発達する砂岩は、細粒

～粗粒砂からなり、HCS 細粒砂岩を伴う。これらの砂岩は、*L. japonica* やサンカクガイの *Yaadia japonica*, マガキ類の破片殻などを産出し、厚さ 10 m ほどのレンズ状の貝殻密集層や厚さ 20～30 cm で幅数 10 m 以上にわたって分布する貝殻密集層を形成する。貝殻密集層の多くは、斜交層理の

Fig. 13. Photographs of unit U-IIa of the Himenoura Group at Stop 4 in Yohagimaruyama, western Kashima area. (A) A huge outcrop (>170 m in height) of the lower to middle Campanian U-IIa. See the bed numbers (Y-01 to Y-12) in the stratigraphic column of Fig. 14. (B) Shell concentrations consisting of bivalves such as *Loxo japonica* and *Yaadia japonica* (Y-08). (C) Alternations of thinly laminated sandstone and bioturbated mudstone (Y-10) are overlain by hummocky cross-stratified sandstone (HCS).

侵食面を覆っている。これらの堆積物は、静穏時に堆積する泥質堆積物を伴わないことから静穏時の波浪限界よりも浅い外浜環境で堆積したもので、貝殻密集層は典型的なラグ堆積物と考えられる。このような特徴は、天草下島の姫浦層群でも極普通に報告されている(熊谷・小松, 2004; Komatsu et al., 2008)。

比較的厚い暗灰色泥岩は、厚さ数 m~10 m で、内側陸棚や外浜の堆積物を覆い、稀にイノセラムス類の *Inoceramus* sp. やウニ、有孔虫や放散虫などが産出する。この暗灰色泥岩は、一般的に生物攪乱が発達しており、砂質泥岩や平行葉理を伴う厚さ数 cm の細粒~極細粒砂岩層を伴う。内側陸棚の堆積物から上方あるいは側方に変化することから、この暗

Fig. 14. Columnar section of unit U-IIa of the Upper Cretaceous (lower to middle Campanian) Himenoura Group at Stop 4 in the western Kashima area, showing stratigraphic occurrences of bivalves.

Fig. 15. Photographs of unit U-IIa of the Himenoura Group at Stop 4. (A, B) Basal and lower parts of the huge outcrop (Yohagimaruyama: Fig. 13A). (C) Alternations of hummocky cross-stratified sandstone (HCS) and thin dark gray mudstone (Y-01). (D) The HCS is overlain by convolute laminated sandstone (Y-03). (E) Shell concentration composed mainly of *Loxo japonica* and *Glycymeris amakusensis* (horizontal view, Y-01). (F) Shell concentration (vertical view, Y-01). Abundant disarticulated shells show a convex-up arrangement.

灰色泥岩は外側陸棚で堆積したと考えられる。なお、外側陸棚から内側陸棚、外浜環境へと変化する厚さ 10~20 m ほどの上方浅海化ユニットが複数回と外浜から内側陸棚、外側陸棚環境へと変化する上方深海化ユニットが Stop 5 とその周辺で確認でき、これらのユニットが夜萩円山の高さ約 170 m の断崖を形成している (Figs. 13, 14)。

Stop 5 下甕島鹿島地域北西部円山の北海岸：姫浦層群 U-IIb の陸棚堆積物と下部～中部カンパニアン階の化石

[地形図] 1 : 25,000「中甕」

[位置] 31°47'10"N, 129°47'24"E

[解説] Stop 5 では、U-IIb1 から産出する二枚貝やアンモナイトなどの軟体動物化石の産状や保存状態と層序に注目して観察を行う。ここでは生物攪乱の発達した厚さ 60 m 以上の砂質泥岩が発達し、*Loxo japonica* や *Glycymeris amakusensis* などを多産する細粒砂岩を覆う (Figs. 16, 17)。こ

Fig. 16. Columnar section of unit U-IIa of the Upper Cretaceous (lower to middle Campanian) Himenoura Group at Stop 5 on the northern coast of Tsuburazaki in the western Kashima area, showing stratigraphic occurrences of characteristic bivalves and ammonoids. *Sphenoceras schmidtii* is an important age-diagnostic inoceramid species, indicating the middle Campanian. *Texanites* (ammonoid) is commonly found in the Santonian to lower Campanian.

の砂質泥岩は、厚さ約 1~5 cm の細粒~極細粒砂岩の薄層やレンズ状の貝殻密集層を挟み、砂岩薄層には平行葉理が発達し、稀に斜交葉理を伴う。レンズ状の貝殻密集層や砂質泥岩には、イノセラムスやサンカクガイなどの二枚貝化石や異常巻きアンモナイトの *Glyptoxoceras* sp., オウムガイ、巻貝、ウニ、サメの歯などが多数含まれており (Fig. 17)、放散虫や有孔虫などの微化石も産出する。 *N. sachalinensis* や *G. amakusensis*, *Fenestricardita ovata* などの二枚貝化石は、生息姿勢を示す個体も多数観察される (Figs. 17D, 17G, 17H)。なお、イノセラムスの化石は、層理面上でパッチ状に密集 (= レンズ状の貝殻密集層) あるいは散在的に産出する場合が多く、パッチ状に密集しているイノセラムスは、大型殻の破片や離弁殻が多く、その表面にはコケムシやサンゴ、石灰質の管状生痕などの様々な表生生物が付着している。イノセラムス類は、*Inoceramus toyajoanus* や *Inoceramus ezoensis*, *Sphenoceras schmidtii* などが産出し、*I. toyajoanus* や *I. ezoensis* は一般的にサントニアン期~カンパニアン期に特徴的で (野田ほか, 1995), *S. schmidtii* は中期カンパニアン期を示す (Shigeta and Maeda, 2005; 山口ほか, 2008)。なお、*I. toyajoanus* は、*Inoceramus balticus balticus* の変種あるいは亜種として報告されていたが、*I. balticus balticus* と同所的に産出することが野田ほか (1995) などで報告されているため、この巡検案内書では *Inoceramus balticus toyajoanus* を *I. toyajoanus* として報告する。アンモナイトは *Glyptoxoceras* sp. が多産し、サントニアン階~下部カンパニアン階を支持する *Texanites* sp. が *S. schmidtii* の初産出層準よりも 3~4 m ほど下位の層準から産出しているため、このセクションでは下部カンパニアン階~中部カンパニアン階が連続的に露出している可能性が高い。

Stop 5 へは、小型船で向かうため、この行程の中で下甌島北側や北西側の断崖、中甌島南側の露頭などを船上から観察し、姫浦層群の層序や大規模なスランプ堆積物、各種堆積構造を見学する予定である。

Stop 6 下甌島鹿島中山地域の西海岸：姫浦層群 U-IIb の陸棚堆積物と下部~中部カンパニアン階の化石

[地形図] 1 : 25,000「中甌」

[位置] 31°45'18"N, 129°47'09"E

[解説] Stop 6 の周辺には、軟体動物化石を多産する姫浦層群 U-IIb の海成層が分布し、Stop 5 で観察できるセクションの下部とほぼ同じ層準が露出している。Stop 6 では、生物攪乱の発達した暗灰色の泥岩や砂質泥岩が発達し、厚さ約 1~5 cm の細粒~極細粒砂岩の薄層やレンズ状の貝殻密集層を挟む (Fig. 18)。砂岩薄層には平行葉理や斜交葉理が確認できる。レンズ状の貝殻密集層や砂質泥岩には、イノセラムスやサンカクガイの *Apiotrigonia crassoradiata*, *Apiotrigonia amanoi* に加えて *N. sachalinensis* や *G. amakusensis*, *Ezonuculana mactraeformis*, *Malletia himenourensis*, *Nippononectes tamurai*, *Protocardia koshikijimensis*, *Fenestricardita densigranulata*, *Peri-*

Fig. 17. Photographs of unit U-IIa of the Himenoura Group at Stop 5 on the north coast of Tsuburazaki, northern Kashima area. (A) Photograph showing the upper part of the section of Fig. 16. (B) Photograph showing the lower part of the section of Fig. 16. (C) Shell concentration consisting mainly of *Loxo japonica* and *Glycymeris amakusensis* is embedded in the basal sandstone shown in Fig. 16. (D) Mode of occurrence of in situ preserved specimen of *Glycymeris amakusensis*, with the commissural plane perpendicular to the bedding. (E) Shark tooth. (F) Mode of occurrence of an ammonoid (*Glyptoxoceras* sp.). The thin shells of the early stage are poorly preserved. (G) In situ preserved specimens of *Nanonavis sachalinensis* are abundant in the inner- to outer-shelf mudstone of the Himenoura Group. (H) In situ preserved specimens of *Fenestricardita ovata* are commonly obtained from the outer-shelf mudstone.

promya nagaoi, “*Eriphyla*” sp. などの二枚貝化石やアンモナイト、オウムガイ、巻貝、ウニ、サメの歯などが多数含まれており、下部～中部カンパニアン階に特徴的な *Amphi-*

pyndax pseudoconulus や *Dictyomitra koslovae*, *Dictyomitra formosa* などの放散虫化石も報告されている (Figs. 18, 19; 三宅ほか, 2013)。

Fig. 18. Columnar section of unit U-IIa of the Upper Cretaceous (lower to middle Campanian) Himenoura Group at Stop 6 in western Nakayama, showing stratigraphic occurrences of bivalves, ammonoids and radiolarians. *Eupachydiscus haradai* (ammonoid) is commonly found in the Santonian to lower Campanian. *Sphenoceramus schmidtii* indicates the middle Campanian. The radiolarian assemblage composed of *Amphipyndax pseudoconulus*, *Dictyomitra koslovae* and *Dictyomitra formosa* suggests the Santonian to middle Campanian.

Fig. 19. Radiolarian fossils from unit U-IIb3 in Nakayama, southern Kashima area. The scale bars are 50 μ m. (A) *Amphipyndax pseudoconulus* (Pessagno). (B) *Dictyomitra koslovae* Foreman. (C) *Dictyomitra formosa* Squinabol.

アンモナイトは、異常巻きの *Glyptoxoceras* sp. が多産し、サントニアン階～下部カンパニアン階を支持する *Eupachydiscus haradai* が産出する。イノセラムス類の *Inoceramus toyajonanus* や *Inoceramus ezoensis* などは、これらのアンモナイトと共産するが、中期カンパニアン期を示す *S. schmidtii* は、これらの化石が産出した層準よりも約 18 m 上位の泥岩から産出する(三宅ほか, 2013)。したがって、Stop 6 では Stop 5 と同様に下部カンパニアン階～中部カンパニアン階が連続的に露出しており、Stop 5 を含む円山周辺では円山南部から夜萩浦に分布する東西走向の断層を介して姫浦層群 U-IIb の下部カンパニアン階～中部カンパニアン階が再び露出していることが伺える。なお、岩相や産出化石の構成は、Stops 4, 5 で露出している比較的厚い泥岩と酷似していることから、Stop 6 の泥岩も外側陸棚で堆積したと考えられる。

謝 辞

本巡検案内書を作成するにあたって、東京学芸大学の高橋修氏と愛媛大学の楠橋直氏、北九州市立自然史・歴史博物館の大橋智之氏、熊本大学大学院の卒業生である荒巻美紀氏や査読者である北九州市立自然史・歴史博物館の御前明洋氏と国立科学博物館の重田康成氏からは、層序や化石に関する有益なコメントを多数いただいた。編集担当である山口大学の宮田雄一郎氏からは、原稿や図の体裁などに関する丁寧な御指摘をいただき、本稿を改善することができた。また、現地での調査や脊椎動物化石の発掘作業では、薩摩川内市教育委員会や企画政策部、鹿島地区コミュニティ協議会および鹿島町在住の方々には様々な形で協力をしていただいた。以上の方々に厚く御礼を申し上げる。

文 献

- Amano, M., 1957, Upper Cretaceous molluscan fossils from Shimo-Koshiki-Jima, Kyushu. *Kumamoto Jour. Sci., Ser. B, Sect. 1. Geol.* 2, 46–67.
 荒巻美紀・小松俊文・三宅優佳・高橋修・堤之恭(Aramaki, M., Komatsu, T., Miyake, Y., Takahashi, O. and Tsutsumi, Y.),

- 2013, 鹿児島県中甕島の上部白亜系姫浦層群から産出した放射虫化石. 地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan), 119, 45–50.
 Cheel, R. J. and Leckie, D. A., 1993, Hummocky cross-stratification. In Wright, V. P., ed., *Sediment. Rev.*, 1, 103–122.
 鎮西清高(Chinzei, K.), 1982, カキの古生態学(1). 化石(Fossils), no.31, 27–34.
 Chinzei, K., 2013, Adaptation of oysters to life on soft substrates. *Hist. Biol.*, 25, 223–231.
 Collinson, J. D., 1996, Alluvial sediments. In Reading, H. G., ed., *Sedimentary environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 37–82.
 Johnson, H. D. and Baldwin, C. T., 1996, Shallow clastic seas. In Reading, H. G., ed., *Sedimentary environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 281–324.
 波多江信広(Hatae, N.), 1959, 熊本県天草下島における上部白亜系と古第三系との境界について. 鹿児島大学理科報告(Rep. Fac. Sci., Kagoshima Univ.), 8, 101–111.
 波多江信広(Hatae, N.), 1960, 天草下島南半部の地質と地質構造. 鹿児島大学理科報告(Rep. Fac. Sci., Kagoshima Univ.), 9, 61–107.
 伊木常誠(Iki, T.), 1902, 20 万分の 1 甕島地質図および同説明書 (Geological Map of the Koshiki District, Scale 1: 200,000 and its Explanatory Text). 地質調査所(Geol. Surv. Japan), 99p.
 井上英二・田中啓策・寺岡易司(Inoue, E., Tanaka, K. and Teraoka, Y.), 1982, 中甕地域の地質. 地域地質調査報告 5 万分の 1 地質図幅(Geology of the Nakakoshiki District, with Geological Sheet Map at 1: 50000), 地質調査所(Geol. Surv. Japan), 99p.
 加納学(Kano, M.), 1997, “らせん状糞石”について. 三笠市立博物館紀要(Bull. Mikasa City Mus.), 1, 1–13.
 加納学・利光誠一・田代正之(Kano, M., Toshimitsu, S. and Tashiro, M.), 1989, 鹿児島県甕島地域の姫浦層群の層序と堆積相. 高知大学術研報(Res. Rep. Kochi Univ.), 38, 157–172.
 Kobayashi, T. and Amano, M., 1955, On the Pseudoquadrate trigonians, Steinmannella, in the Indopacific province. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, 26, 193–208.
 小松俊文(Komatsu, T.), 2004, 日本の中生代汽水生二枚貝化石群に関する研究の現状: 天草地域の白亜系から産出する二枚貝の生息域とジュラ紀～白亜紀マガキ類の古生態について. 化石(Fossils), no.76, 76–89.
 Komatsu, T., Chinzei, K., Zakhera, M. S. and Matsuoka, H., 2002, Jurassic soft-bottom oyster Crassostrea from Japan. *Palaeont.*, 45, 1037–1048.
 Komatsu, T., Ono, M., Naruse, H. and Kumagae, T., 2008, Upper Cretaceous depositional environments and bivalve assemblages of far-east Asia: the Himenoura Group, Kyushu, Japan. *Cret. Res.*, 29, 489–508.
 近藤謙介・小松俊文・真鍋真・對比地孝亘・大橋智之・渡辺正幸・池上直樹・廣瀬浩司・三宅優佳(Kondo, K., Komatsu, T., Manabe, M., Tsuihiji, T., Ohashi, T., Watanabe, M., Ikegami, N., Hirose, K. and Miyake, Y.), 2009, 鹿児島県甕島に分布する上部白亜系姫浦層群から産出した脊椎動物化石とその堆積環境. 日本古生物学会 2009 年年会講演予稿集(2009 Ann. Meet. Palaeont. Soc. Japan, Abstr.), 73.
 熊谷太郎・小松俊文(Kumagae, T. and Komatsu, T.), 2004, 熊本県牛深市大島に分布する姫浦層群の堆積環境と二枚貝化石群. 化石(Fossils), no.76, 63–75.
 Matsumoto, T., 1954, ed., *The Cretaceous System in the Japanese Islands*. Japan Soc. Prom. Sci. Res., Tokyo, 324p.
 Miall, A. D., 2010, Alluvial deposits. In James, N. P. and Dalrymple, R. W., eds., *Facies models 4*, Geo. Assoc. Canada, 105–137.
 Miyake, Y., Aramaki, M., Komatsu, T., Manabe, M., Hirayama, R., Tsuihiji, T., Ohashi, T., Yabumoto, Y., Ikegami, N. and Kondo, K., 2009, Vertebrate fossil remains from the Upper Cretaceous Campanian to Maastrichtian Himenoura Group in the Koshikijima Islands, Kagoshima, Kyushu, Japan. *4th*

- Intern. Symp. of the IGCP507*, 70–71.
- 三宅優佳・荒巻美紀・小松俊文・高橋 修・重田康成・真鍋 真・對比地孝亘・平山 廉・藪本美孝・大橋智之(Miyake, Y., Aramaki, M., Komatsu, T., Takahashi, O., Shigeta, Y., Manabe, M., Tsuihiji, T., Hirayama, R., Yabumoto, Y. and Ohashi, T.), 2012, 鹿児島県下甌島に分布する姫浦層群から産出する脊椎動物化石とその地質年代. 第162回日本地質学会西日本支部例会講演要旨集(162nd Reg. Meet. Nishinohon Branch, Geol. Soc. Japan, Abstr.), O-07.
- 三宅優佳・荒巻美紀・小松俊文・對比地孝亘・真鍋 真・平山 廉(Miyake, Y., Aramaki, M., Komatsu, T., Tsuihiji, T., Manabe, M. and Hirayama, R.), 2011, 鹿児島県の甌島列島に分布する上部白亜系姫浦層群の非海生脊椎動物化石を含む堆積相. 堆積学研究(*Jour. Sediment. Soc. Japan*), **70**, 62.
- 三宅優佳・小松俊文・高橋 修・重田康成(Miyake, Y., Komatsu, T., Takahashi, O. and Shigeta, Y.), 2013, 鹿児島県下甌島北部に分布する姫浦層群の層序と地質年代. 日本古生物学会2013年年会講演予稿集(2013 Ann. Meet. Palaeont. Soc. Japan, Abstr.), 33.
- 野田雅之・大塚雅勇・加納 学・利光誠一(Noda, M., Otsuka, M., Kano, M. and Toshimitsu, S.), 1995, 九州御船層群ならびに姫浦層群から産出する白亜紀イノセラムス. 大分地質学会誌特別号(*Spec. Issu. Geol. Soc. Oita*), **2**, 1–63.
- Plint, A. G., 2010, Wave- and Storm-Dominated Shoreline and Shallow-Marine Systems. In James, N. P. and Dalrymple, R. W., eds., *Facies Models 4*, 167–199.
- Shigeta, Y. and Maeda, H., 2005, The Cretaceous System in the Makarov area, southern Sakhalin, Russian Far East. *Nat. Sci. Mus. Monog.*, **31**, 1–136.
- 田中啓策・寺岡易司(Tanaka, K. and Teraoka, Y.), 1973, 鹿児島県甌島の上部白亜系姫浦層群. 地調月報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **24**, 157–184.
- Tashiro, M., 1976, Bivalve faunas of the Cretaceous Himenoura Group in Kyushu. *Palaeont. Sci. Japan, Spec. Pap.*, no. 19, 102p.
- 田代正之・野田雅之(Tashiro, M. and Noda, M.), 1973, 九州のいわゆる姫浦層群の地質時代. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **79**, 465–480.
- 藤内智士・板谷徹丸・大岩根 尚・清川昌一(Tonai, S., Itaya, T., Oiwan, H. and Kiyokawa, S.), 2007, 甌島列島北部地域における断層の構造とK–Ar年代. 堆積学研究(*Jour. Sediment. Soc. Japan*), **64**, 149–153.
- 藤内智士・大岩根 尚・清川昌一(Tonai, S., Oiwan, H. and Kiyokawa, S.), 2008, 鹿児島県甌島列島北部の地質構造と古応力解析. 地学雑(*Jour. Tokyo Geogr. Soc.*), **114**, 547–559.
- Tonai, S., Suganuma, Y., Ashi, J., Itaya, T., Oiwan, H. and Kiyokawa, S., 2011, Differential timing of vertical-axis block rotations in the northern Ryukyu Arc: Paleomagnetic evidence from the Koshikijima Islands, Japan. *Tectonophysics*, **497**, 71–84.
- 利光誠一・加納 学・田代正之(Toshimitsu, S., Kano, M. and Tashiro, M.), 1990, 姫浦層群上部亜層群のカキ化石礁. 化石(*Fossils*), no. 52, 1–11.
- 利光誠一・尾崎正紀・川辺禎久・川上俊介・駒澤正夫・山崎俊嗣(Toshimitsu, S., Ozaki, M., Kawabe, Y., Kawakami, S., Komazawa, M. and Yamazaki, T.), 2004, 20万分の1地質図幅「甌島及び黒島」(*Geological Map of the Koshiki-Jima and Kuro-Shima 1: 200,000*). 産総研地質調査総合センター(Geol. Surv. Japan, AIST).
- Tsuihiji, T., Komatsu, T., Makoto, M., Miyake, Y., Aramaki, M. and Sekiguchi, H., 2013, Theropod tooth from the Upper Cretaceous Himenoura Group in the Koshikijima Islands, southwestern Japan. *Paleontol. Res.*, **17**(1), 39–46.
- 山口弘幸・小松俊文・佐藤道孝・長谷川四郎・西 弘嗣(Yamaguchi, H., Komatsu, T., Sato, M., Hasegawa, S. and Nishi, H.), 2008, 熊本県天草下島の西部に露出する上部白亜系姫浦層群の地質. 化石(*Fossils*), no. 84, 18–36.
- 藪本美孝・御前明洋・大橋智之・小松俊文・三宅優佳・前川 匠・真鍋 真・平山 廉・楠橋 直(Yabumoto, Y., Misaki, A., Ohashi, T., Komatsu, T., Miyake, Y., Maekawa, T., Manabe, M., Hirayama, R. and Kusuhashi, N.), 2014, 鹿児島県下甌島北部の上部白亜系姫浦層群から産出した板鰐類化石. 日本古生物学会第163回例会講演予稿集(*Prog. 163th Reg. Meet. Palaeont. Soc. Japan, Abstr.*).

科学論文では、学説の検証可能性を保証することが重要です。そのため、地質学雑誌掲載論文には、重要な証拠となった試料がどこで得られたかを示しているものがあります。言うまでもないことですが、見学や採取を行う場合、各自の責任において地権者や関係官庁への連絡と許可の取得の必要があることにご注意下さい。詳しくは、次のページをご覧ください。

<http://www.geosociety.jp/publication/content0073.html>

一般社団法人日本地質学会