



Bulletin
of the
Tohoku
University
Museum

No.23
2024

Bulletin of the Tohoku University Museum

Editors

- Ryusaku NGAOAKA** Professor of Art History
Department of Integrated Human Sciences, Graduate School of Arts and Letters, Tohoku University
- Atsushi FUJISAWA** Professor of Archaeology
The Tohoku university Museum, Tohoku University
- Yoshitaka KANOMATA** Professor of Archaeology
Department of Japanese Studies, Graduate School of Arts and Letters, Tohoku University
- Reishi TAKASHIMA** Professor of Geology and Stratigraphy
The Tohoku university Museum, Tohoku University

March, 2024

© **The Tohoku University Museum, Tohoku University**
6-3 Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8578, Japan

Printed by
Senkyo, Co., Ltd.
*2-4-2, Hinodemachi, Miyaginoku,
Sendai 983-0035, Japan*
Telephone : 022-236-7161

Cover image: Body design of Final Jomon Pottery drawn by the technique of "erased-over cord impressions". Original photograph by Miki Kikuchi.

Contents

Shuji Niko : Silurian cephalopods from the Gionyama Formation in the Kuraoka area, Miyazaki Prefecture, Southwest Japan	1
Shuji Niko and Masayuki Ehiro : Late Devonian longiconic nautiloids from the Tobigamori Formation, Iwate Prefecture, Northeast Japan	11
Shuji Niko and Masayuki Ehiro : Two Olenekian (Early Triassic) species of longiconic cephalopods from the Osawa Formation, Miyagi Prefecture, Northeast Japan	17
Masayuki Ehiro and Harumasa Kano : A new species of <i>Parisicaris</i> (Microcarididae, Thylacocephala) from the upper Olenekian (Lower Triassic) Osawa Formation in the South Kitakami Belt, Northeast Japan	23
Yoshitaka Kanomata, Hinako Aoki, Fumihito Nagase, Junmei Sawada, Fumiko Saeki and Daisei Kodama : Reexamination of the jar coffin excavated from the Sannotoge site in Aomori Prefecture	35
Atsushi Fujisawa, Harumasa Kano, Yoshinori Tajiri and Masanao Shimura : High-resolution 3-D measurement of stone chamber of Yunokuma Tumulus in Fukuoka Prefecture using SfM method	53
Yi Lian, Harumasa Kano and Yoshitaka Kanomata : Techno-typological study of clay stupas from the Tagajo abandoned temple site using X-ray CT	67

Silurian cephalopods from the Gionyama Formation in the Kuraoka area, Miyazaki Prefecture, Southwest Japan

Shuji Niko

Department of Environmental Studies, Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University,
Higashihiroshima 739-8521, Japan

Abstract: Silurian longiconic cephalopods are described for the first time from the Gionyama Formation in the Kuraoka area, Miyazaki Prefecture, Southwest Japan. They include four orthocerids (*Michelinoceras (Michelinoceras) alticameratum* Kobayashi, 1984, *Kopaninoceras kobayashii* Niko, Hamada and Yasui, 1989, *Orthocycloceras* sp., *Arionoceras densiseptum* Kobayashi, 1983) and three pseudorthoceratids (*Haloites gionyamaensis* sp. nov., *Gordonoceras?* sp., *Subdoloceras* sp.). Except for *Subdoloceras* sp. that occurs from the Wenlock (upper lower Silurian) G2 and the Ludlow (lower upper Silurian) G3 members, their occurrences are restricted exclusively to the G3 Member. The new species is differentiated from the type species of *Haloites*, *H. bellus* Chen in Chen *et al.*, 1982, from the Wenlock in Hubei, Central China by its less eccentric siphuncular position. The Gionyama cephalopod assemblage belongs to the *Kopaninoceras* Fauna, whose main distributional area is the northern margin of Gondwana, as with the Yokokurayama and Suberidani assemblages in the Kurosegawa Belt.

Introduction

The Gionyama Formation in the Kuraoka area, Miyazaki Prefecture, Southwest Japan comprises an approximately 1400 m succession of Middle Paleozoic sedimentary rocks. Hamada (1959a) divided it into four members, namely G1 (sandstone with thin acidic tuff layers), G2 (limestone conglomerate with sandy to muddy matrixes), G3 (massive limestone), and G4 (sandstone, acidic tuff, conglomerate). Among them, the Wenlock (upper lower Silurian) G2 and Ludlow (lower upper Silurian) G3 members occur well-preserved fossils, including corals (i.e., Hamada, 1958; Kido, 2010; Niko and Adachi, 2013) and trilobites (Hamada, 1959b; Kobayashi and Hamada, 1987), that typify Silurian faunas in the Kurosegawa Belt.

This paper describes Silurian cephalopods from the Gionyama Formation for the first time. Following three localities in the Kuraoka area have yielded cephalopods (Figure 1). Locality 1 states the western foot of Mt. Gionyama and occurs diverse fossils from limestone conglomerate of the G2 Member. Locality 4 is a road side outcrop of sandstone belonging to the G2 Member, from which *Geisonocerina?* sp. was listed by Hamada (1961). This species is neither figured nor described until now, furthermore I cannot detect an additional material at the identical locality. Locality 5 is a river bed of the Gokase River near Kyowa, where many float blocks of limestones derived

from the G3 Member are recognized.

Repository.—All examined specimens herein are housed in the Tohoku University Museum, Sendai (prefixed IGPS).

Cephalopod assemblage

The present Gionyama assemblage is composed by eight species of cephalopods, namely *Michelinoceras (Michelinoceras) alticameratum* Kobayashi, 1984, *Kopaninoceras kobayashii* Niko, Hamada and Yasui, 1989, *Orthocycloceras* sp., *Arionoceras densiseptum* Kobayashi, 1983, *Geisonocerina?* sp. (see Hamada, 1961; not confirmed in this study), *Haloites gionyamaensis* sp. nov., *Gordonoceras?* sp., and *Subdoloceras* sp. The latter three species are placed within the Order Pseudorthocerida that was not recorded previously in the Kurosegawa Belt. Not only *Kopaninoceras* but also *Michelinoceras*, *Orthocycloceras*, *Arionoceras* and *Subdoloceras* are the typical genera of the *Kopaninoceras* Fauna (Niko *et al.*, 2017) of which the main territory was the northern margin of Gondwana (peri-Gondwanan) including North Africa, Variscan Europe, southern Afghanistan, western Tibet, and Malaysia. This assemblage is one of the representatives of the fauna same as the Yokokurayama (Kobayashi, 1983, 1984, 1988; Kobayashi and Hamada, 1985; Niko *et al.*, 1989) and Suberidani (Niko, 2021) assemblages in the Kurosegawa Belt.

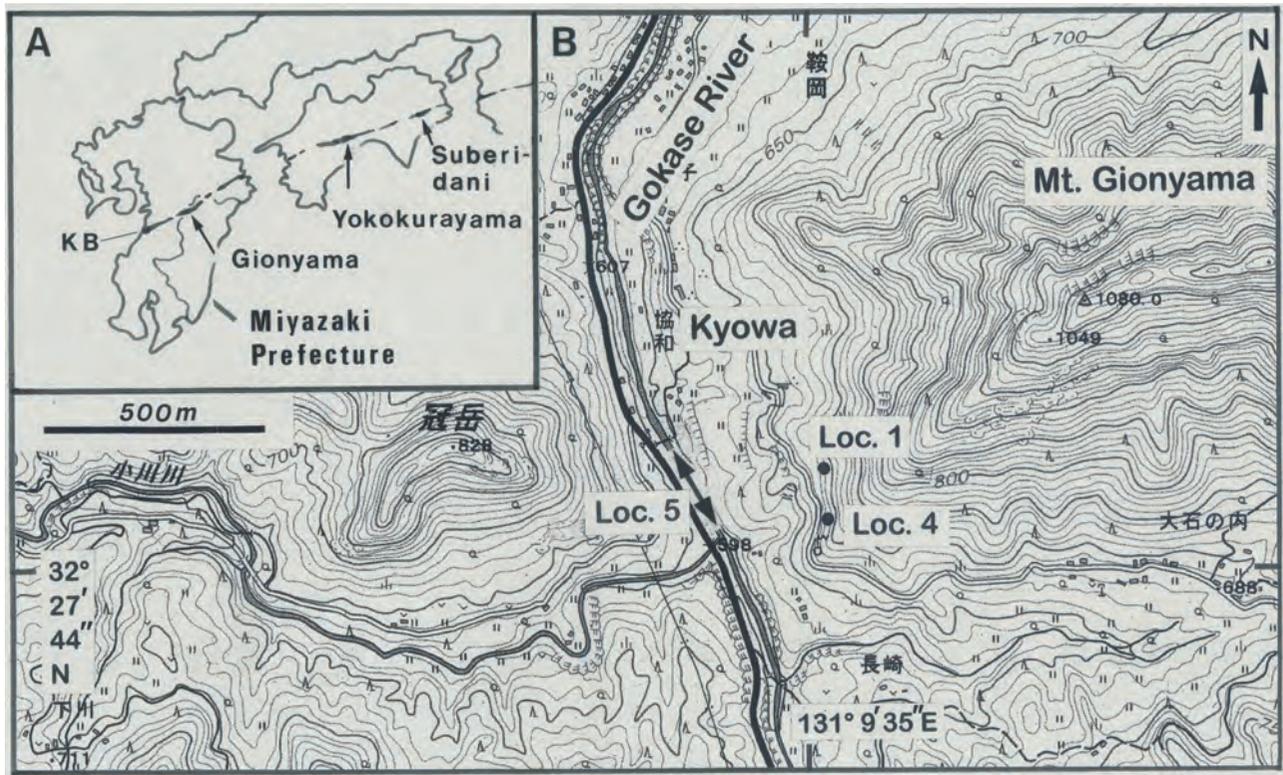


Figure 1. Map showing locations of the Kurosegawa Belt (KB), Miyazaki Prefecture, Gionyama, Yokokurayama and Suberidani in Southwest Japan (A), and cephalopod localities, 1, 4, 5 in the Kuraoka area (B). Used topographic map is "Digital Japan Basic Map" published by Geospatial Information Authority of Japan.

Systematic paleontology

Subclass Orthoceratoidea Teichert, 1967
 Order Orthocerida Kuhn, 1940
 Family Orthoceratidae M'Coy, 1844
 Subfamily Michelinoceratinae Flower, 1945
 Genus **Michelinoceras** Foerste, 1932
Type species.—*Orthoceras michelini* Barrande, 1866.
 Subgenus **Michelinoceras** Foerste, 1932, emend. Kiselev
 and Gnoli, 1992

Michelinoceras (Michelinoceras) alticameratum
 Kobayashi, 1984

Figures 2.A, 2.B

Michelinoceras sp. α, sp. nov., Kobayashi, 1983, p. 293, fig. 1.

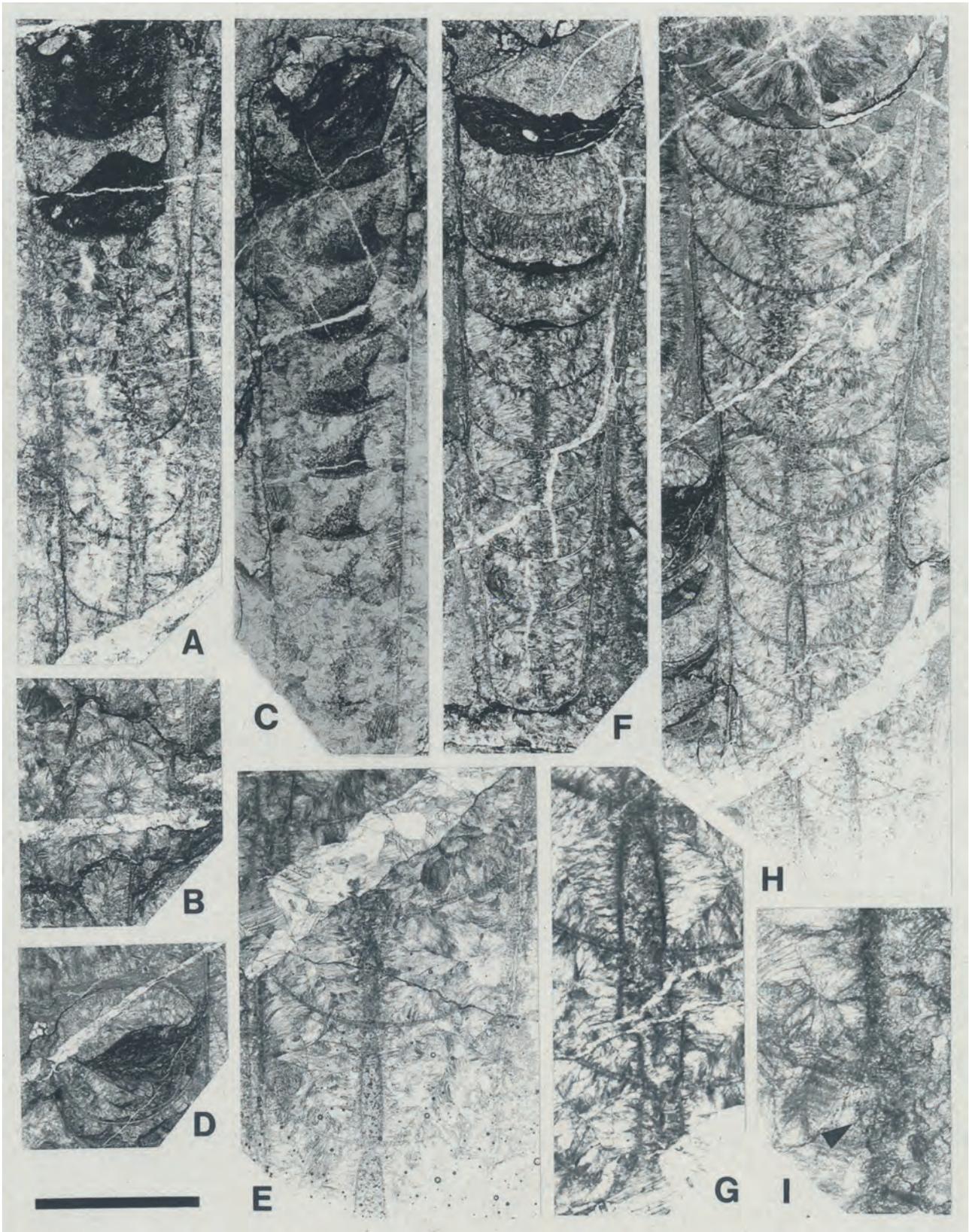
Michelinoceras alticameratum Kobayashi, 1984, p. 245, pl. 3, fig. 1; 1988, p. 1.

Michelinoceras (Michelinoceras) alticameratum; Niko, 2021, p. 2, 4, figs. 2.A–2.D, 2.G.

Description.—Conchs orthoconic with very gradual expansion and circular transverse sections; the largest specimen of imperfect phragmocone (IGPS coll. cat. no. 112840) attains 3 mm in approximate diameter; conch

→

Figure 2. A, B. *Michelinoceras (Michelinoceras) alticameratum* Kobayashi, 1984, thin sections. A, IGPS coll. cat. no. 112838, longitudinal (slightly oblique) section; B, IGPS coll. cat. no. 112839, transverse section. **C–I.** *Arionoceras densiseptum* Kobayashi, 1983, thin sections. C, IGPS coll. cat. no. 112824, longitudinal (off siphuncle) section, note well-developed cameral deposits; D, IGPS coll. cat. no. 112827, transverse (slightly oblique) section; E, G–I, IGPS coll. cat. no. 112826: E, partial enlargement of H to show details of apical phragmocone; G, partial enlargement of H to show details of siphuncle; H, longitudinal (slightly oblique) section; I, partial enlargement of H to show details of septal neck (arrow); F, IGPS coll. cat. no. 112828, longitudinal section. Scale bar is 3 mm in A–C, E; 6 mm in D, F, H; 2.5 mm in G; 0.6 mm in I.



surface probably smooth; apex, adoral phragmocone and body chamber are missing. Camerae long to relatively long with form ratios (maximum width/length) of 1.1–1.6 and deeply concaved septa; sutures are possibly transverse. Siphuncle relatively large for the genus with ratios of siphuncular diameter per corresponding conch diameter attaining 0.15 and subcentral in position; connecting rings cylindrical; septal necks orthochoanitic and long. Cameral deposits are not observable.

Material examined.—IGPS coll. cat. nos. 112833, 112836, 112838–112840.

Occurrence.—All specimens examined herein occurred in limestone boulders at locality 5. Lithologically, these fossil-bearing limestones obviously belong to the Ludlow (lower upper Silurian) G3 Member of the Gionyama Formation.

Discussion.—*Michelinoceras* (*Michelinoceras*) *alticameratum* is a common constituent of the late Silurian faunas in the Kurosegawa Belt, Southwest Japan. It was first described by Kobayashi (1984) from the upper Fukada Formation of the Yokokurayama Group in Kochi Prefecture. Subsequently, this species discovered from the Suberidani Group in Tokushima Prefecture (Niko, 2021). There is a few tentative in the present specific identification of the Gionyama specimens because they are fragments of the apical phragmocones.

Genus *Kopaninoceras* Kiselev, 1969

Type species.—*Orthoceras jucundum* Barrande, 1870.

Kopaninoceras kobayashii Niko, Hamada and Yasui, 1989

Figures 3.A, 3.B

Kopaninoceras kobayashii Niko, Hamada and Yasui, 1989, p. 61, 63, figs. 2.A, 2.B; Niko, 2021, p. 4, figs. 2.E, 2.F, 2.H.

Description.—Conchs orthoconic with circular transverse sections; expansion of conch is relatively rapid for the order, approximately 9°; the largest specimen of imperfect phragmocone (IGPS coll. cat. no. 113837) attains 5.5 mm in approximate diameter; conch surface probably smooth; apex and body chamber are missing. Camerae relatively long to moderate with form ratios (maximum width/length)

of 1.4–1.9; septa relatively deep; sutures faintly oblique to possibly transverse. Siphuncle narrow and composed by cylindrical connecting rings and long orthochoanitic septal necks; position of siphuncle is subcentral. Cameral deposits are episeptal-mural and hyposeptal.

Material examined.—IGPS coll. cat. nos. 112823, 112830, 112832, 112834, 112837.

Occurrence.—All examined specimens were collected from float blocks of limestones derived from the Ludlow G3 Member at locality 5.

Discussion.—*Kopaninoceras kobayashii* is also a typical species in the Kurosegawa late Silurian cephalopod assemblages. It commonly occurs in the Yokokurayama and Suberidani groups in Southwest Japan (Niko *et al.*, 1989; Niko, 2021).

Subfamily Leurocycloceratinae Sweet, 1964

Genus *Orthocycloceras* Barskov, 1972

Type species.—*Orthocycloceras alayense* Barskov, 1972.

Orthocycloceras sp.

Figures 3.C, 3.D

Description.—Longiconic and annulated orthocones with circular transverse sections; conch expansion gradual. Camerae short with form ratios (maximum width/length) of 3.1–5.2; septa shallow. Siphuncle central with cylindrical connecting rings and short orthochoanitic septal necks. Cameral deposits episeptal-mural.

Material examined.—IGPS coll. cat. nos. 112819, 112820, 112831, 112835.

Occurrence.—All examined specimens were collected from float blocks of limestones derived from the Ludlow G3 Member at locality 5.

Discussion.—There is a possibility that the present Gionyama specimens are conspecific with *Orthocycloceras* sp. (Niko, 2021, p. 4, figs. 2.I–2.K) described from the Suberidani Group. Unfortunately, they are inadequate to determinate, because their well-oriented section through the central axis of the siphuncle was not available.

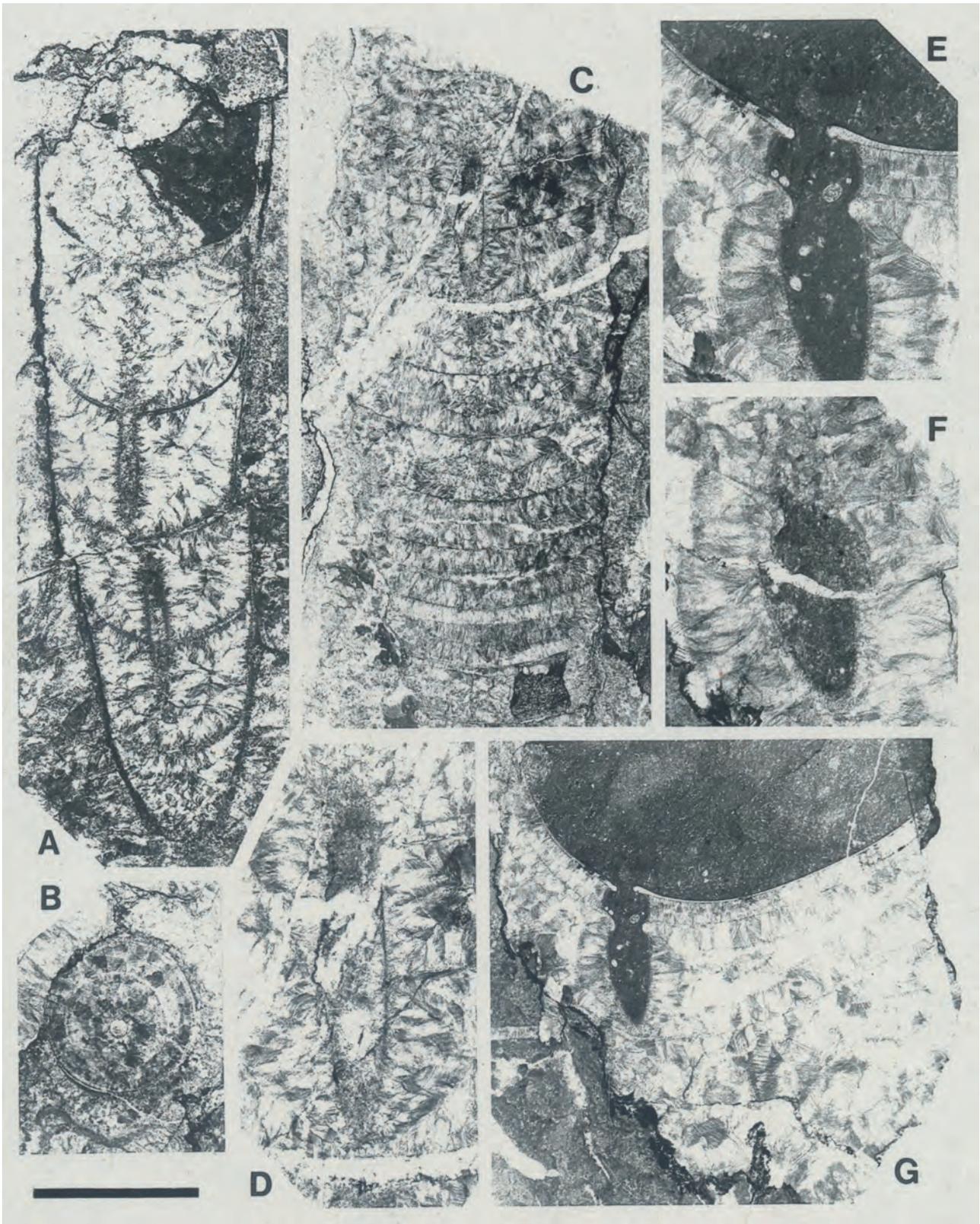
Family Arionoceratidae Dzik, 1984

Genus *Arionoceras* Barskov, 1966

Type species.—*Orthoceras arion* Barrande, 1866.

→

Figure 3. A, B. *Kopaninoceras kobayashii* Niko, Hamada and Yasui, 1989, thin sections. A. IGPS coll. cat. no. 112830, longitudinal (slightly oblique) section: B. IGPS coll. cat. no. 112837, transverse section. **C, D.** *Orthocycloceras* sp., IGPS coll. cat. no. 112820, thin sections. C, longitudinal (slightly oblique) section: D, partial enlargement of C to show details of siphuncle. **E–G.** *Gordonoceras?* sp., IGPS coll. cat. no. 112822, thin sections. E, F, partial enlargements of G to show details of siphuncle: G, longitudinal (slightly oblique) section. Scale bar is 3 mm in A, B, E, F; 6 mm in C, G; 2.5 mm in D.



Arionoceras densiseptum Kobayashi, 1983
 Figures 2.C–2.I

Arionoceras densiseptum Kobayashi, 1983, p. 293, fig. 5; 1984, p. 246, 247, pl. 3, figs. 3–5; The Tokai Fossil Society, 1995, p. 48, upper fig.

Description.—Conchs longiconic orthocones with slightly elliptical (dorsoventrally depressed?) transverse sections; expansion angles of conchs are relatively large for the order, ranging from 5° to 8°; the largest specimen of imperfect phragmocone (IGPS coll. cat. no. 112826) attains 9 mm in approximate diameter; conch surface probably smooth; apex and body chamber are missing. Camerae moderate to short with form ratios (maximum width/length) of 2.0–3.2; septal curvature moderate; sutures slightly oblique leaning toward the dorsum. Siphuncle shifts to the venter and subcentral in position; siphuncular walls composed by short orthoconic septal necks and nearly cylindrical connecting rings. Cameral deposits are episeptal-mural and hyposeptal, but developments of the latter deposits are partial and restricted to the ventral side.

Material examined.—IGPS coll. cat. nos. 112824–112829.

Occurrence.—All examined specimens were collected from float blocks of limestones derived from the Ludlow G3 Member at locality 5.

Discussion.—Characteristics of the examined six specimens from the Gioniyama Formation are quite identical with those of *Arionoceras densiseptum*, whose type locality is the upper Fukada Formation. This discovery represents the first record of the species except for the Yokokurayama Group.

Order Pseudorthocerida Barskov, 1963

Family Pseudorthoceratidae Flower and Caster, 1935

? Subfamily Pseudorthoceratinae Flower and Caster,
 1935

Genus ***Haloites*** Chen *in* Chen, Liu and Chen, 1981

Type species.—*Haloites bellus* Chen *in* Chen, Liu and Chen, 1981.

Haloites gioniyamaensis sp. nov.
 Figures 4.A–4.F

Diagnosis.—Longiconic pseudorthoceratid with gently exogastric cyrticone in apical and orthocone in adoral parts; conch expansion gradual; camerae short; siphuncle near central with position ratio of 0.55; siphuncular segments subglobose to pyriform; septal necks cyrtocoanitic; cameral deposits mural and hyposeptal; annulosiphonate endosiphuncular deposits indicate subtriangular protrusion.

Description.—An only available specimen that designated

herein the holotype is longicone with circular transverse section and consists of imperfect phragmocone and apical body chamber; its apical part exhibits gentle exogastric curvature and adoral one is orthoconic; measurements of the holotype are 69 mm in preserved length, 15 mm in maximum observable diameter, and 33 mm in preserved length of body chamber; conch expansion gradual indicating approximately 4° at phragmocone; body chamber may exhibit weak constriction; detailed character of shell surface unknown because it embedded in matrix, but distinct ornamentation is not detected in longitudinal and transverse sections; apex and peristome are missing. Camerae short indicating 3.0–3.4 in form ratio (maximum width/length); septa shallow; in observations of longitudinal sections, sutures seem transverse. Siphuncle nearly central, but faint shifts to dorsum in position with siphuncular position ratio (minimum distance from ventral shell surface to central axis of siphuncle/corresponding conch diameter) of 0.55; siphuncular wall composed by short cyrtocoanitic septal necks and strongly inflated connecting rings; septal neck shapes asymmetrical indicating hook-like in ventral side with approximately 0.6 mm in brim length and simple cyrtocoanitic in dorsal side with 0.3–0.4 mm in ditto; longitudinal profiles of segments are subglobose to pyriform with form ratios (maximum width/length) of 0.8–1.0; connecting rings undifferentiated in structure, but slightly thickened attaining 0.08 mm. Cameral deposits well-developed and differentiated into mural and hyposeptal types; endosiphuncular deposits annulosiphonate, slightly thicker in ventral side than in dorsal one, and microgranular in structure; longitudinal section of well-preserved endosiphuncular deposits indicates subtriangular protrusion on adoral surface of septum.

Material examined.—Holotype, IGPS coll. cat. no. 112818.

Occurrence.—The holotype occurred in flat block of limestone deriving from the G3 Member of the Gioniyama Formation. The fossil-bearing block was collected from the riverbed at locality 5.

Etymology.—The specific name is derived from the type stratum.

Discussion.—The present species from the Gioniyama Formation is tentatively assigned to an insufficiently diagnosed genus *Haloites*, because its gross conch shape and siphuncular structure are similar to those of the generic type, *H. bellus* Chen (*in* Chen *et al.*, 1982, p. 44, 45, pl. 10, figs. 14, 15), described from the Wenlock Xiushan Formation in Hubei, Central China, and as far as I know there is no comparable Silurian genus with it. These two species can be distinguished by their siphuncular position ratios, i.e., 0.55 in the Gioniyama species versus 0.57–0.63 in *H. bellus*. These numeral values indicate less eccentric siphuncular position in the former than the latter. Therefore, the author

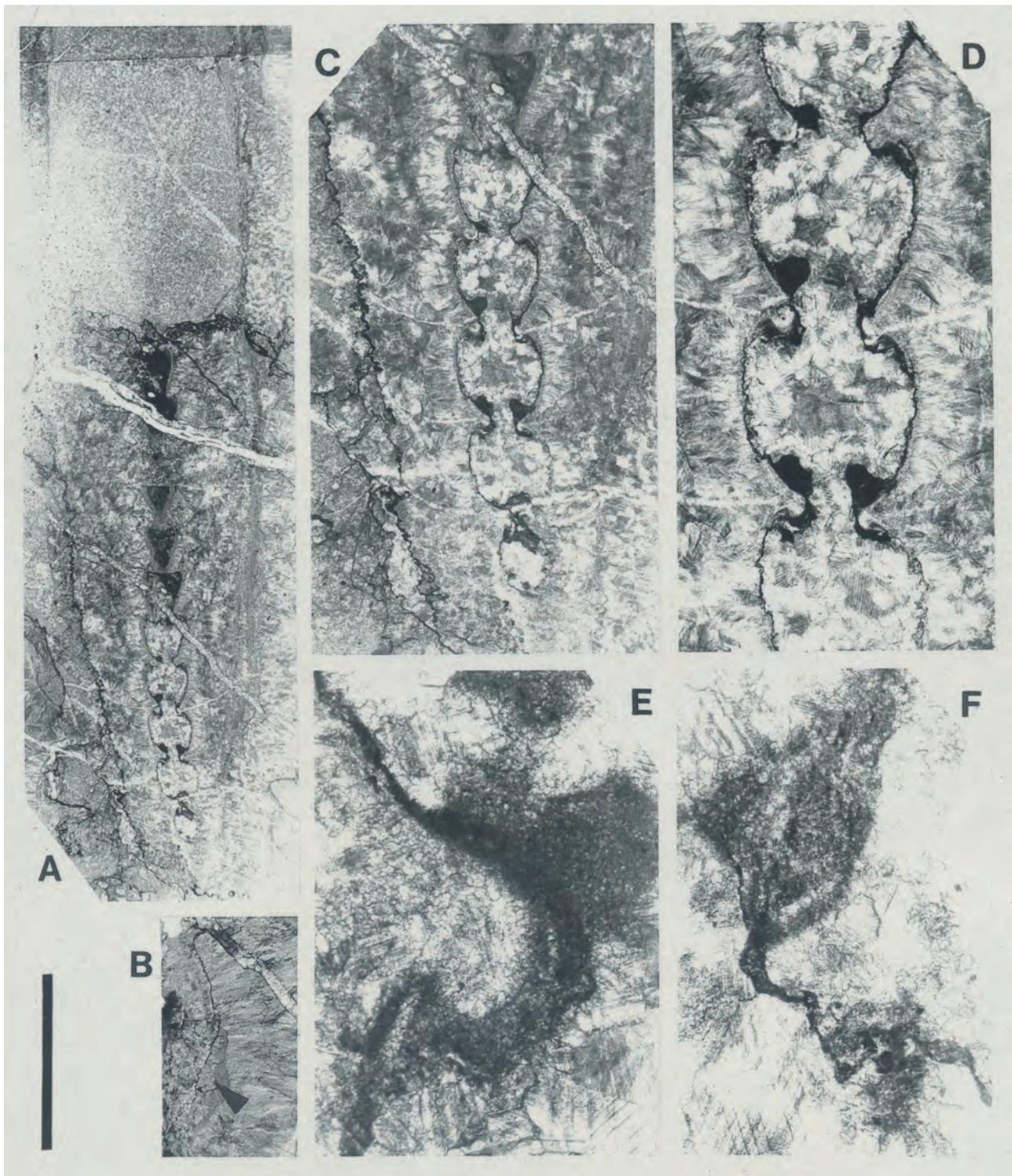


Figure 4. *Haloites gionyamaensis* sp. nov., holotype, IGPS coll. cat. no. 112818, thin sections. **A**, longitudinal section, venter on left. **B**, transverse section of body chamber (arrow). **C**, **D**, partial enlargements of A to show details of siphuncle. **E**, partial enlargements to show details of ventral septal neck. **F**, partial enlargements to show details of dorsal septal neck. Scale bar is 12 mm in A; 6 mm in B, C; 3 mm in D; 0.6 mm in E, F.

advocates a new species as *H. gionyamaensis* even though some unclear points concerning the generic placement still remain.

The exogastric curvature of the apical shell and the subglobular siphuncular segments of *Haloites gionyamaensis* are also recognized in the Devonian to Carboniferous pseudactinoceratine pseudorthocerids, such

as *Pseudactinoceras* Schindewolf, 1943, *Campyloceras* M'Coy, 1844, and *Macroloxoceras* Flower, 1957. However, these siphuncles are distinctly ventral from the central axis of the conch. There is a possibility that *Haloites* and genera of the subfamily Pseudactinoceratinae Schindewolf, 1943, are phylogenetically related.

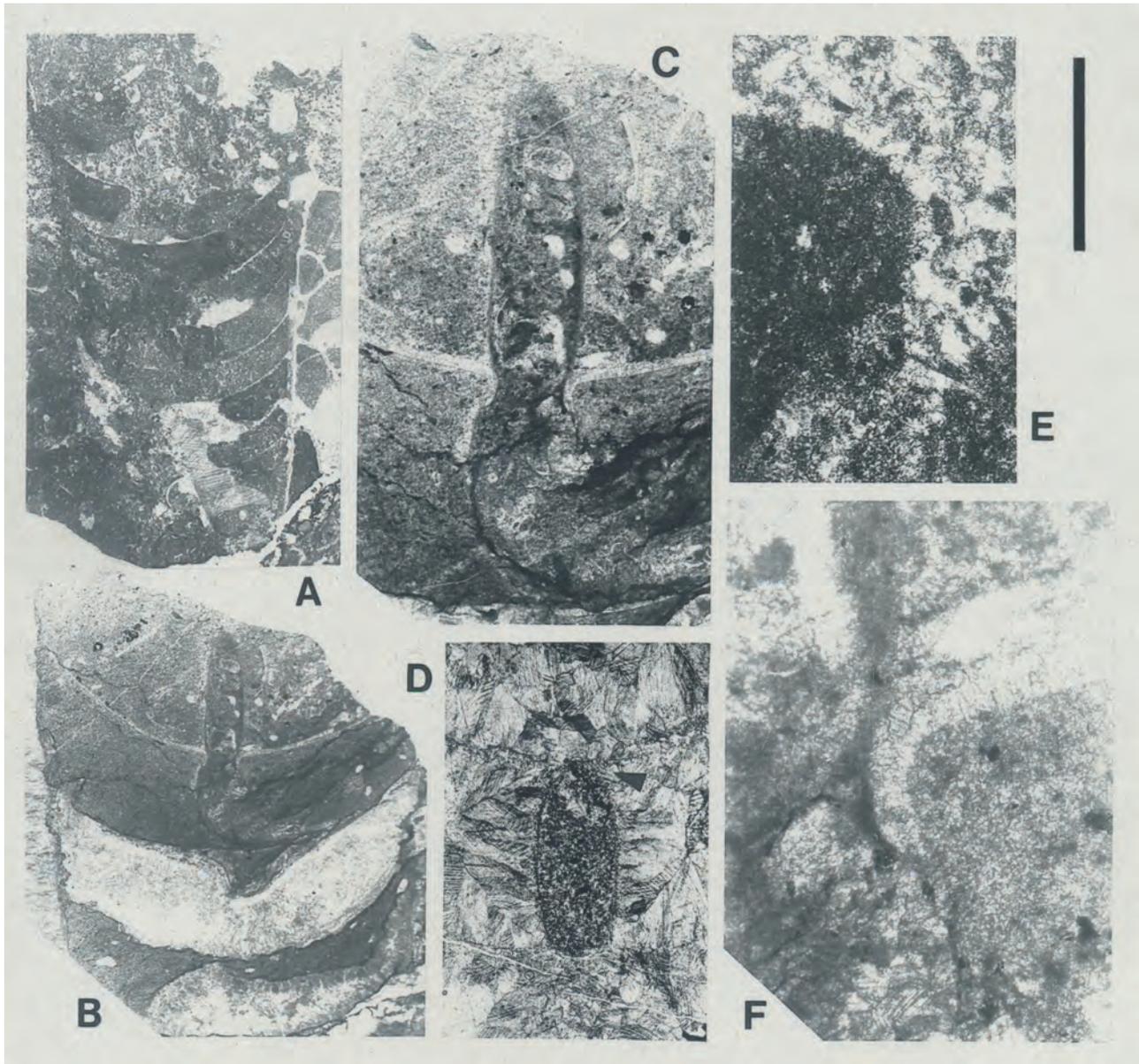


Figure 5. *Subdoloceras* sp., thin sections. **A, D, E**, IGPS coll. cat. no. 112817: **A**, longitudinal (slightly oblique) section; **D**, longitudinal (slightly oblique) section, showing details siphuncle, arrow indicates septal neck; **E**, partial enlargement of **A** to show details of septal neck. **B, C, F**, IGPS coll. cat. no. 112821: **B**, longitudinal (slightly oblique) section; **C**, partial enlargement of **B** to show details of siphuncle; **F**, partial enlargement of **B** to show details of septal neck. Scale bar is 6 mm in **A, B**; 3 mm in **C, D**; 0.6 mm in **E, F**.

Subfamily Spyroceratinae Shimizu and Obata, 1935

Genus **Gordonoceras** Teichert and Glenister, 1953

Type species.—*Gordonoceras bondi* Teichert and Glenister, 1953.

Gordonoceras? sp.

Figures 3.E–3.G

Description.—A single fragment of longiconic cyrtocone is available for this study; it consists of adoral phragmocone with the last septum and apical body chamber; conch diameter attains at least 16.5 mm. Camerae very short; septal curvature deep. Siphuncle situates near midway between conch axis and margin; septal neck achoanitic in the last septum and cyrtuchoanitic to suborthochoanitic in the second one from the last; connecting rings more or less inflated. No endosiphuncular and cameral deposits preserved.

Material examined.—IGPS coll. cat. no. 112822.

Occurrence.—This specimen was collected in flat block of limestone deriving from the Ludlow G3 Member at locality 5.

Discussion.—In its general conch shape and siphuncular position, the fragment is suggestive of *Gordonoceras*, whose type species was described from the Silurian of Tasmania (Teichert and Glenister, 1953), but is not complete to enough for a confident identification.

Genus **Subdoloceras** Kröger, 2008

Type species.—*Subdoloceras tafilaltense* Kröger, 2008.

Subdoloceras sp.

Figures 5.A–5.F

Description.—Two fragmentary phragmocones are available in this study; they are longiconic orthocones with moderate expansion for the order and circular transverse sections; the larger specimen (IGPS coll. cat. no. 112821) attains 12 mm in conch diameter. Camerae short, having maximum width per length ratios of 3.1–4.8; septa deeply concaved and form oblique sutures. Siphuncle subcentral in position; septal necks suborthochoanitic, short; connecting rings mostly cylindrical with abrupt constrictions at septal foramina. No endosiphuncular and cameral deposits preserved.

Material examined.—IGPS coll. cat. nos. 112817, 112821.

Occurrence.—A specimen (IGPS coll. cat. no. 112817) was collected from limestone pebble in limestone conglomerate belonging to the Wenlock (late early Silurian) G2 Member at locality 1. Another specimen (IGPS coll. cat. no. 112821) occurs in flat block of limestone deriving from the Ludlow G3 Member at locality 5.

Discussion.—The Gionyama specimens display

similarities to *Subdoloceras* that was previously known from the Pragian to upper Emsian (Lower Devonian) of Morocco (Kröger, 2008), especially in their cameral length and siphuncular structure. However, the fragmentary nature of the present species prevents identification in the specific level.

Acknowledgements

The author is particularly grateful to the late Takashi Hamada, who focused my attention on the Gionyama fauna and provided the information of fossil locality and geology in the Kuraoka area. I sincerely thank Tomio Adachi and Yasuyoshi Hirata for their donations of part of the cephalopod material described in this study. Special thanks also go to Toshifumi Komatsu and Gengo Tanaka for their supports during the field work. This paper has benefited from the criticisms of Masayuki Ehiro.

References

- Barskov, I. S., 1963, System and phylogeny of pseudorthoceratids. *Bulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel Geologicheskii*, vol. 38, p. 149, 150. (in Russian)
- Barskov, I. S., 1966, *Cephalopods of Late Ordovician and Silurian of Kazakhstan and Middle Asia*, 200 p. Avtoreferat Dissertatsii na Soiskanie Uchenoi Stepeni Kandidata Geologo-Mineralogicheskikh Nauk. Izdatel'stvo Moskovskogo Universitete, Moscow. (in Russian)
- Barskov, I. S., 1972, *Late Ordovician and Silurian cephalopod mollusks of Kazakhstan and Middle Asia*, 112 p. Akademia Nauk SSSR, Moscow. (in Russian)
- Barrande, J., 1866, *Système Silurien du Centre de la Bohême, Première Partie: Recherches Paléontologiques, Volume 2, Classe des Mollusques, Ordre des Céphalopodes, 2me Série*, pls. 108–244. Prague and Paris.
- Barrande, J., 1870, *Système Silurien du Centre de la Bohême, Première Partie: Recherches Paléontologiques, Volume 2, Classe des Mollusques, Ordre des Céphalopodes, 4me Série*, pls. 351–460. Prague and Paris.
- Chen, J., Liu, G. and Chen, T., 1981, Silurian nautiloid faunas of Central and Southwestern China. *Memoirs of Nanjing Institute of Geology and Palaeontology*, no. 13, p. 1–104, pls. 1–40. (in Chinese with English abstract)
- Dzik, J., 1984, Phylogeny of the Nautiloidea. *Palaeontologia Polonica*, no. 45, p. 1–219, pls. 1–47.
- Flower, R. H., 1945, Classification of Devonian nautiloids. *The American Midland Naturalist*, vol. 33, p. 675–724, pls. 1–5.
- Flower, R. H., 1957, *Studies of the Actinocerida*, 100 p., 13 pls. State Bureau of Mines and Mineral Resources, New Mexico Institute of Mining and Technology Campus Station, Memoir 2, Socorro, New Mexico.
- Flower, R. H. and Caster, K. E., 1935, The stratigraphy and paleontology of northwestern Pennsylvania. Part II: Paleontology. Section A: The cephalopod fauna of the Conewango Series of the Upper Devonian in New York and Pennsylvania. *Bulletins of American Paleontology*, vol. 22, p. 199–271.

- Foerste, A. F., 1932, Black River and other cephalopods from Minnesota, Wisconsin, Michigan, and Ontario (Part I). *Denison University Bulletin, Journal of the Scientific Laboratories*, vol. 27, p. 47–136, pls. 7–37.
- Hamada, T., 1958, Japanese Halysitidae. *Journal of the Faculty of Science, the University of Tokyo, Section 2*, vol. 11, p. 91–114, pls. 6–10.
- Hamada, T., 1959a, Gotlandian stratigraphy of the Outer Zone of Southwest Japan. *The Journal of the Geological Society of Japan*, vol. 65, p. 688–700. (in Japanese with English abstract)
- Hamada, T., 1959b, Gotlandian shelly fauna from Southwest Japan (I). *Coronocephalus kobayashii*, a new species from the Kuraoka district, Kyūshū. *Japanese Journal of Geology and Geography*, vol. 30, p. 71–88, pl. 6.
- Hamada, T., 1961, The Middle Palaeozoic group of Japan and its bearing on her geological history. *Journal of the Faculty of Science, the University of Tokyo, Section 2*, vol. 13, p. 1–79.
- Kido, E., 2010, Silurian rugose corals from the Kurosegawa Terrane, Southwest Japan, and the first occurrence of *Neobrachyelasma*. *Journal of Paleontology*, vol. 84, p. 466–476.
- Kisselev, G. N., 1969, Silurian cephalopods of the Bol'shezemel'skaya Tundra of the northern Urals. *Avtoreferat Kandidat Dissertatsiya, Izdatel'stvo Leningradskogo Universiteta, Leningrad*, p. 1–22. (in Russian)
- Kisselev, G. N. and Gnoli, M., 1992, About revision of the genus *Michelinoceras* Foerste, 1932 (Cephalopoda). *Vestnik Sankt-Petersburgskogo Universiteta, Series 7*, vol. 2, p. 74, 75. (in Russian)
- Kobayashi, T., 1983, On the Silurian cephalopod faunule from Mt. Yokokura, Kochi Prefecture, Shikoku, Japan. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, vol. 59, p. 293–295.
- Kobayashi, T., 1984, Silurian cephalopods from Yokokura-yama, Kochi Prefecture, Japan. *Research Reports of the Kōchi University*, vol. 32, p. 240–251, pls. 3, 4.
- Kobayashi, T., 1988, The Silurian cephalopods and trilobites from the Yokokurayama Formation, Shikoku, Japan. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, vol. 64, p. 1–8.
- Kobayashi, T. and Hamada, T., 1985, On the Silurian trilobites and cephalopods of Mt. Yokokura, Shikoku, Japan. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, vol. 61, p. 345–347.
- Kobayashi, T. and Hamada, T., 1987, Silurian trilobites of Japan: In comparison with Asian, Pacific and other areas. *Palaeontological Society of Japan, Special Papers*, no. 18, p. 1–155, pls. 1–12.
- Kröger, B., 2008, Nautiloids before and during the origin of ammonoids in a Siluro-Devonian section in the Tafalalt, Anti-Atlas, Morocco. *The Palaeontological Association, Special Papers in Palaeontology*, no. 79, p. 1–110.
- Kuhn, O., 1940, *Paläozoologie in Tabellen*, 50 p. Fischer, Jena.
- M'Coy, F., 1844, *A Synopsis of the Characters of the Carboniferous Limestone Fossils of Ireland*, 274 p. Privately published. (reissued by Williams and Norgate, London, 1862)
- Niko, S., 2021, Late Silurian orthocerid cephalopods from the Suberidani Group, Tokushima Prefecture, Southwest Japan. *Bulletin of the Tohoku University Museum*, no. 20, p. 1–7.
- Niko, S. and Adachi, T., 2013, Silurian halysitids (Coelenterata: Tabulata) from the Gionyama Formation, Miyazaki Prefecture, Japan. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science*, vol. 39, p. 17–41.
- Niko, S., Hamada, T. and Yasui, T., 1989, Silurian Orthocerataceae (Mollusca: Cephalopoda) from the Yokokurayama Formation, Kurosegawa Terrane. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 154, p. 59–67.
- Niko, S., Sone, M. and Leman, M. S., 2017, Silurian cephalopods from Langkawi, Malaysia, with peri-Gondwanan faunal affinity. *Journal of Systematic Paleontology*, vol. 16, p. 595–610.
- Schindewolf, O., 1943, Über das Apikalende der Actinoceren (Ceph., Nautil.). *Jahrbuch des Reichsamts für Bodenforschung für das Jahr 1941*, vol. 62, p. 207–247, pls. 8–11.
- Shimizu, S. and Obata, T., 1935, New genera of Gotlandian and Ordovician nautiloids. *The Journal of the Shanghai Science Institute, Section 2*, vol. 2, p. 1–10.
- Sweet, W. C., 1964, Nautiloidea—Orthocerida. In, Teichert, C., Kummel, B., Sweet, W. C., Stenzel, H. B., Furnish, W. M., Glenister, B. F., Erben, H. K., Moore, R. C. and Nodine Zeller, D. E., *Mollusca 3, Cephalopoda General Features, Endoceratoidea, Actinoceratoidea, Nautiloidea & Bactritoidea*. Moore, R. C. ed., *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part K*, p. K216–K261. Geological Society of America, New York, and University of Kansas Press, Lawrence.
- Teichert, C. 1967, Major features of cephalopod evolution. In, Teichert, C. and Yochelson, E. L. eds., *Essays in Paleontology & Stratigraphy. R. C. Moore Commemorative Volume, Department of Geology, University of Kansas Special Publication 2*, p. 162–210. The University Press of Kansas, Lawrence and London.
- Teichert, C. and Glenister, B. F., 1953, Ordovician and Silurian cephalopods from Tasmania, Australia. *Bulletins of American Paleontology*, vol. 34, p. 1–66, pls. 1–6.
- Tokai Fossil Society, 1995, *Fossils, Field Selection 20*, 256 p., Hokuryukan, Tokyo. (in Japanese)

Late Devonian longiconic nautiloids from the Tobigamori Formation, Iwate Prefecture, Northeast Japan

Shuji Niko* and Masayuki Ehiro**

*Department of Environmental Studies, Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, Higashihiroshima 739-8521, Japan, ** The Tohoku University Museum, Sendai 980-8578, Japan

Abstract: A geisonoceratid orthocerid, *Geisonocerina?* sp., and two pseudorthoceratid pseudorthocerids, *Spyroceras?* sp. and *Dolorthoceras* sp., are described from the Famennian (latest Devonian) shale of the Tobigamori Formation from an abandoned quarry (“Nendoyama”) in the Higashiyama area, Iwate Prefecture, Northeast Japan. They represent the first record of Late Devonian longiconic nautiloids in East Asia.

Introduction

Our knowledge concerning Devonian longiconic nautiloids in East Asia is very limited. Furthermore, previously described occurrences are exclusively from the Lower and Middle Devonian, including the Lochkovian parts of the Kamianama and Fukuji formations, Central Japan (Niko, 1991, 1993, 1996, 2017; Kamiya and Niko, 1997), the Emsian Daliancun and Liujing formations, Guangxi, South China (Lai and Zhang, 1988), the Eifelian rocks of Inner Mongolia, North China (Liang, 1981), the probably Eifelian part of the Nakazato Formation (Niko, 1989), and the Givetian Qiziqiao Formation, Hunan, South China (Lai and Zhang, 1988). The present Late Devonian specimens from the Tobigamori Formation in Northeast Japan are therefore noteworthy even though their preservation is not always satisfactory. The purpose of this paper is to describe three species, *Geisonocerina?* sp., *Spyroceras?* sp. and *Dolorthoceras* sp., based on the Tobigamori material for further taxonomic, biostratigraphic, and biogeographic studies.

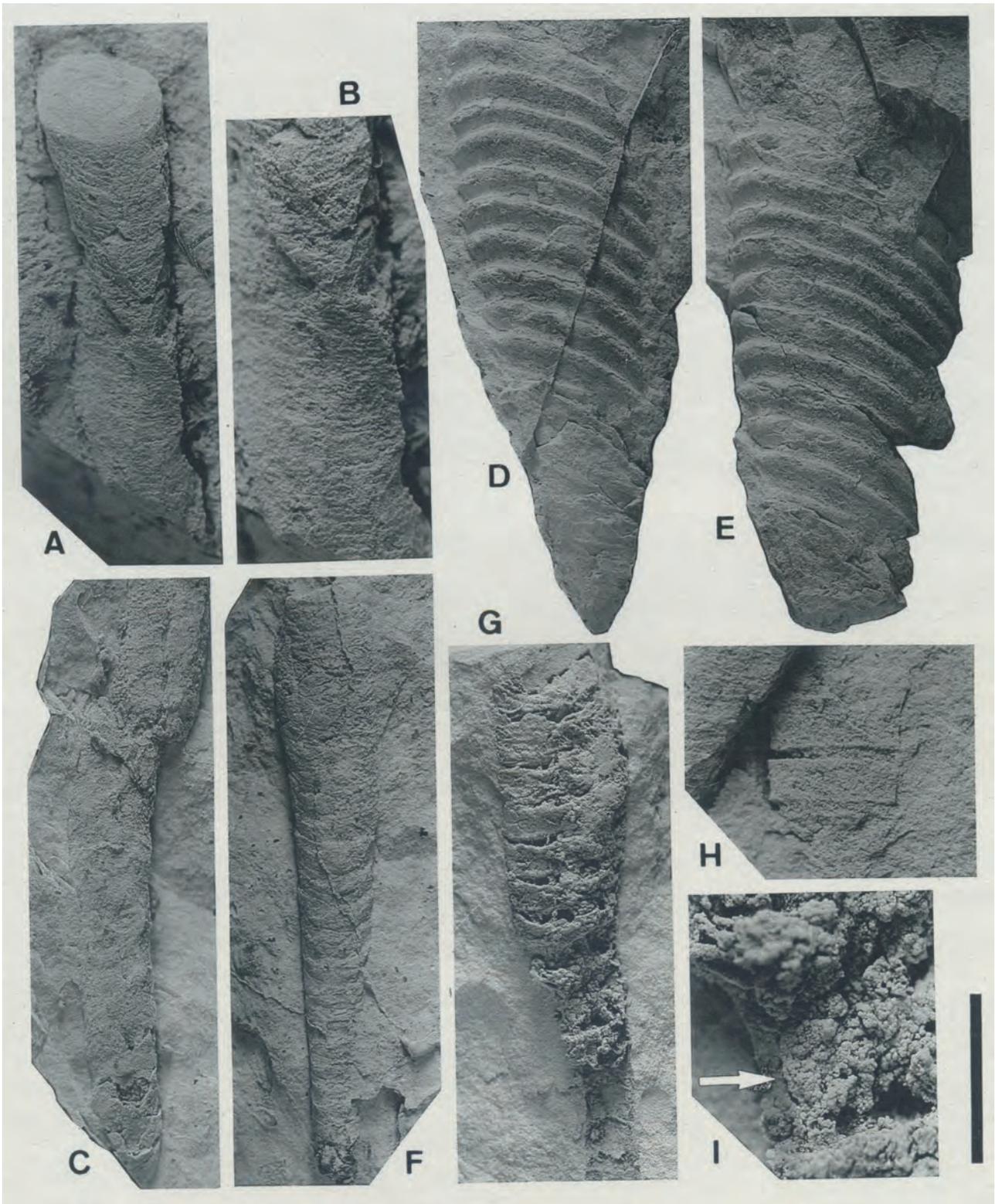
Abbreviations.—The following two abbreviations are used to indicate the repositories of nautiloid specimens. IGPS: Tohoku University Museum, Sendai, Miyagi Prefecture. MSK: Museum of Stones and Kenji Museum (Ishi to Kenji no Museum), Ichinoseki, Iwate Prefecture.

Geologic setting and occurrence

The Tobigamori Formation is a thick sedimentary unit (800–1800 m) composed of black shales with intercalations of tuff, sandstone and conglomerate (Noda, 1934; Tachibana, 1952; Onuki, 1956). It unconformably overlies ultramafic rocks probably associated with the Motai

metamorphic rocks (Sasaki *et al.*, 1997). The relationship between the formation and the overlying Karaumedate Formation is inferred to be conformably (Okami *et al.*, 1973; Osawa *et al.*, 1981; Kawamura and Kawamura, 1989). Since the first discovery of the Late Devonian brachiopod *Spirifer verneulli* by Yabe and Nada (1933), the diverse fauna and flora ranging in age from the Famennian to the Tournaisian (latest Devonian to earliest Carboniferous) have been recorded from the Tobigamori Formation as stated below. The main Famennian part is characterized by abundant occurrences of the index brachiopods *Cyrtospirifer* and *Sinospirifer* (Hayasaka and Minato, 1954; Noda and Tachibana, 1959; Minato and Kato, 1979) and the vascular terrestrial plants *Leptophloeum* and *Cyclostigma* (Tachibana, 1950, 1966). The exact age determinations of the upper to uppermost parts were done by Ehiro and Takaizumi (1992). They confirm that the Devonian–Carboniferous boundary situates within the Tobigamori Formation by findings of the Famennian ammonoids, *Costaclymenia* sp. and *Platyclymenia* (*Platyclymenia*) sp., from the 25–35 m below of the top of the Tobigamori Formation and the Tournaisian ammonoid *Protocanites* sp. from a float block derived from the 5–10 m below of ditto.

The examined specimens of longiconic nautiloids come from shale exposures of an abandoned quarry, which is called “Nendoyama”, at Minamiwairi, Nagasaka in the Higashiyama area, Ichinoseki City, Iwate Prefecture (see fig. 1 in Ehiro and Takaizumi, 1992, for its geographic position). Among them, a specimen of *Geisonocerina?* sp. (IGPS coll. cat. no. 112841) was collected from talus deposits, whose original horizon is situated approximately 35 m below the top of the formation. Although the exact stratigraphic origin of the other specimens MSK19921211, 19950501, 20230801-1, 2 (*Geisonocerina?* sp.), MSK19950501 (*Spyroceras?* sp.) and MSK19950501



(*Dolorthoceras* sp.) are unknown, the lithologic characters of their matrixes indicate that they derive from the upper part indicating Famennian age.

Systematic paleontology

Subclass Orthoceratoidea Teichert, 1967

Order Orthocerida Kuhn, 1940

Family Geisonoceratidae Zhuravleva, 1959

Genus *Geisonocerina* Foerste, 1935

Type species.—*Orthoceras wauwatosense* Whitfield, 1882.

Geisonocerina? sp.

Figures 1.A–1.C, 1.H

Description.—Three fragmentary specimens were examined; they are longiconic orthocones with very gradual expansion and circular transverse sections; the largest specimen is a phragmocone (IGPS coll. cat. no. 112841), which measures 81 mm in length and approximately 9 mm in reconstructed diameter; conch surface ornamented by fine transverse lirae. Camerae relatively long with approximately 1.7 in form ratio (maximum reconstructed width per length). Sutures directly transverse. No siphuncular structure preserved.

Material examined.—MSK20230801-1, 2. IGPS coll. cat. no. 112841.

Discussion.—Accurate generic identification of the specimens is difficult because of their poor preservation, but they are tentatively included in the geisonoceratid genus, *Geisonocerina*, on the basis of the possessions of the very gradually expanding conchs, the fine surface lirae, and the relatively long camerae.

Order Pseudorthocerida Barskov, 1963

Family Pseudorthoceratidae Flower and Caster, 1935

Subfamily Spyroceratinae Shimizu and Obata, 1935

Genus *Spyroceras* Hyatt, 1884

Type species.—*Orthoceras crotalum* Hall, 1861.

Spyroceras? sp.

Figures 1.D, 1.E

Description.—A single fragment of deformed body chamber was examined; it is an annulated orthocone with gradual expansion and 69 mm in length; on the premise that this body chamber is conical, the reconstructed conch diameter is approximately 25 mm near the adoral end; peristome not preserved; annulations oblique at the present (by post mortem deformation) with rounded crests; no distinct surface ornamentation detected both on and between annulations.

Material examined.—MSK19950501.

Discussion.—This poorly preserved specimen is tentatively placed in the pseudorthoceratid genus, *Spyroceras*, because it is comparable in external morphology with the body chamber of *S. melolineatum* Niko, 1996, described from the Lower Devonian Takaharagawa Member, the Fukui Formation in Gifu Prefecture. Similar annulations also occur in *Cycloceras* M'Coy, 1844, but its type species, *Orthoceras laevigatum* M'Coy, 1844, has the much slenderer conch and occurs exclusively in the Carboniferous.

Genus *Dolorthoceras* Miller, 1931

Type species.—*Dolorthoceras circulare* Miller, 1931.

Dolorthoceras sp.

Figures 1.F, 1.G, 1.I

Description.—A single specimen of imperfect phragmocone was examined; it is a longiconic orthocone with moderate expansion and 75 mm in length; assuming that the conch shape is conical, the reconstructed diameter is approximately 11 mm near adoral end; conch surface smooth lacking distinct ornamentation. Camerae short indicating 3.2–3.7 in form ratio (maximum reconstructed width per length). Septa relatively shallow. Sutures oblique because of post mortem deformation. Siphuncle nearly central in position and consists of suborthochoanitic(?) septal necks and weakly inflated connecting rings.

Material examined.—MSK19921211.

Discussion.—Although the specimen is poorly preserved, its gross conch shape, short camerae and connecting ring shape warrant the generic assignment to *Dolorthoceras*. This species may resemble some Late Devonian species, such as *D. elegans* Flower, 1939, *D. palmerae* (Flower and Caster, 1935) and *D. solitarium* Flower, 1939, but it is not

←

Figure 1. A–C, H. *Geisonocerina?* sp. A, B, SKM20230801-1: A, side view of conch; B, partial enlargement of A to show details of surface ornamentation; C, IGPS coll. cat. no. 112841, side view of phragmocone, silicone rubber cast; H, SKM20230801-2, side view of phragmocone, internal mold. **D, E.** *Spyroceras?* sp., body chamber, SKM19950501. D, side view, silicone rubber cast; E, side view, internal mold. **F, G, I.** *Dolorthoceras* sp., phragmocone, SKM19921211. F, side view, silicone rubber cast; G, side view, internal mold; I, partial enlargement of G to show siphuncular structure, arrow indicates connecting ring. Scale bar is 10 mm in A; 6 mm in B, H; 15 mm in C, G; 20 mm in D–F; 4.3 mm in I.

complete enough for confident comparisons.

Acknowledgements

The authors extend their thanks to the late Kiyoshi Shichida, who collected most of the nautiloid specimens examined herein. Because the present study could not have been done without his private collection, we would like to dedicate this paper to this excellent amateur fossil researcher. We thank Jun Sugawara for providing us the opportunity to examine the specimens owned by the Museum of Stones and Kenji and Eiwa Kogyo Co., Ltd. for allowing our field work in the property of the company. Christian Klug made helpful comments on an earlier draft of the manuscript.

References

- Barskov, I. S., 1963, System and phylogeny of pseudorthoceratids. *Bulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel Geologicheskii*, vol. 38, p. 149–150. (in Russian)
- Ehro, M. and Takaizumi, Y., 1992, Late Devonian and Early Carboniferous ammonoids from the Tobigamori Formation in the Southern Kitakami Massif, Northeast Japan and their stratigraphic significance. *The Journal of the Geological Society of Japan*, vol. 98, p. 197–204, pl. 1.
- Flower, R. H., 1939, Study of the Pseudorthoceratidae. *Palaeontographica Americana*, vol. 2, p. 1–214, pls. 1–9.
- Flower, R. H. and Caster, K. E., 1935, The stratigraphy and paleontology of northwestern Pennsylvania. Part II: Paleontology. Section A: The cephalopod fauna of the Conewango Series of the Upper Devonian in New York and Pennsylvania. *Bulletins of American Paleontology*, vol. 22, p. 199–271.
- Foerste, A. F., 1935, Bighorn and related cephalopods. *Journal of the Scientific Laboratories, Denison University*, vol. 30, p. 1–96, pls. 1–22.
- Hall, J., 1861, *Report of the Superintendent of the Geological Survey, Exhibiting the Progress of the Work. January 1, 1861*, 52 p. L. A. Calkins & Co., Madison, Wisconsin.
- Hayasaka, I. and Minato, M., 1954, A *Sinospirifer*-faunule from the Abukuma Plateau, Northeast Japan, in comparison with the so-called Upper Devonian brachiopod faunule of the Kitakami Mountains. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 16, p. 201–211, pl. 26.
- Hyatt, A., 1883–1884, Genera of fossil cephalopods. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, vol. 22, p. 253–338.
- Kamiya, T. and Niko, S., 1997, Devonian orthoconic cephalopods from the Oise Valley in the uppermost reaches of the Kuzuryu River, Fukui Prefecture. *Chigaku Kenkyu (Journal of Geoscience)*, vol. 46, p. 83–86. (in Japanese with English abstract)
- Kawamura, T. and Kawamura, M., 1989, The Carboniferous System of the South Kitakami Terrane, Northeast Japan, (part 1) – summary of the stratigraphy–. *Chikyū Kagaku (Earth Science)*, vol. 43, p. 84–97. (in Japanese with English abstract)
- Kuhn, O., 1940, *Paläozoologie in Tabellen*, 50 p. Fischer, Jena.
- Lai, C. and Zhang, Z., 1988, Nautiloids from Early and Middle Devonian of Hunan and Guangxi. *Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology*, vol. 21, p. 29–47, pls. 1–4. (in Chinese with English abstract)
- Liang, Z., 1981, Middle Devonian nautiloids from the central part of Daxinganling. *Bulletin of the Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences*, vol. 2, p. 137–145. (in Chinese with English abstract)
- M'Coy, F., 1844, *A Synopsis of the Characters of the Carboniferous Limestone Fossils of Ireland*, 274 p. Privately published. (reissued by Williams and Norgate, London, 1862)
- Miller, A. K., 1931, Two new genera of Late Paleozoic cephalopods from Central Asia. *American Journal of Science, Series 5*, vol. 22, p. 417–425.
- Minato, M. and Kato, M., 1979, Chapter 2e, Upper Devonian, 2e3) Palaeontology. In, Minato, M. et al., eds., *Variscan Geohistory of Northern Japan: The Abean Orogeny*, p. 70–71, Tokai University Press, Tokyo.
- Niko, S., 1989, A new Devonian cephalopod from the Nakazato Formation of the southern Kitakami Mountains. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 156, p. 291–295.
- Niko, S., 1991, *Plicatoceras*, a new lamellorthoceratid cephalopod genus from the Gedinian (Early Devonian) of Central Japan. *Journal of Paleontology*, vol. 65, p. 917–919.
- Niko, S., 1993, Orthoceratid cephalopods from the Early Devonian Fukuji Formation of Gifu Prefecture, Central Japan. *Journal of Paleontology*, vol. 67, p. 210–216.
- Niko, S., 1996, Pseudorthoceratid cephalopods from the Early Devonian Fukuji Formation of Gifu Prefecture, Central Japan. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 181, p. 347–360.
- Niko, S., 2017, Early Devonian orthocerid cephalopods from the Kamianama Formation, Fukui Prefecture, Central Japan. *Bulletin of the Tohoku University Museum*, no. 16, p. 1–4.
- Noda, M., 1934, Geology of the environs of Nagasaka, Kitakami Mountainland. *The Journal of the Geological Society of Tôkyô*, vol. 41, p. 431–456. (in Japanese)
- Noda, M. and Tachibana, K., 1959, Some Upper Devonian cyrtospiriferids from the Nagasaka district, Kitakami Mountainland. *Science Reports of the Faculty of Arts and Literature, Nagasaki University*, no. 10, p. 15–21, pl. 1.
- Okami, K., Kawakami, T. and Murata, M., 1973, Conglomerate of the Karaumedate Formation in the Kitakami Massif, Northeast Japan. *The Science Reports of the Tohoku University, Second Series, Special Volume*, no. 6, p. 457–464.
- Onuki, Y., 1956, Geology of the Kitakami Massif. In, *Explanatory Text of the Geology of Iwate Prefecture, II. Iwate Prefecture*, Morioka, p. 1–187. (in Japanese)
- Osawa, M., Nagura, M., Tazawa, J. and Mori, K., 1981, Geology of the Nagasaka district, Southern Kitakami Mountains, with special reference to the Devonian-Carboniferous and Carboniferous-Permian boundaries. *Abstracts of the 88th Annual Meeting of the Geological Society of Japan*, p. 177. (in Japanese)
- Sasaki, M., Tsukada, K. and Otoh, S., 1997, An outcrop of unconformity at the base of the Upper Devonian Tobigamori Formation, Southern Kitakami Mountains. *The Journal of the Geological Society of Japan*, vol. 103, p. 647–655, pls. 1, 2. (in Japanese with English abstract)
- Shimizu, S. and Obata, T., 1935, New genera of Gotlandian and Ordovician nautiloids. *The Journal of the Shanghai Science*

- Institute, Section 2*, vol. 2, p. 1–10.
- Tachibana, K., 1950, Devonian plants first discovered in Japan. *Proceedings of the Japan Academy*, vol. 26, p. 54–60.
- Tachibana, K., 1952, On the Tobigamori Group of the Nagasaka district, Kitakami Mountainland. *The Journal of the Geological Society of Japan*, vol. 58, p. 353–360. (in Japanese)
- Tachibana, K. 1966, On the age and distribution of *Leptophloeum* contained in the Tobigamori flora. *The Annual Report of the Faculty of Education, University of Iwate*, vol. 26, p. 9–22, 1pl. (in Japanese with English abstract)
- Teichert, C. 1967, Major features of cephalopod evolution. *In*, Teichert, C. and Yochelson, E. L. eds., *Essays in Paleontology & Stratigraphy. R. C. Moore Commemorative Volume, Department of Geology, University of Kansas Special Publication 2*, p. 162–210. The University Press of Kansas, Lawrence and London.
- Whitfield, R. P., 1882, Paleontology. *In*, *Geology of Wisconsin. Survey of 1873-1879, Volume 4*. State of Wisconsin, Commissioners of Public Printing, Madison, Wisconsin, p. 163–349, pls. 1–27.
- Yabe, H. and Nada, M., 1933, Discovery of *Spirifer verneuili* Murchison in Japan. *Proceedings of the Imperial Academy*, vol. 9, p. 521–523.
- Zhuravleva, F. A., 1959, On the family Michelinoceratidae Flower, 1945. *Materialy k Osnovam Paleontologii*, vol. 3, p. 47–50 (in Russian)

Two Olenekian (Early Triassic) species of longiconic cephalopods from the Osawa Formation, Miyagi Prefecture, Northeast Japan

Shuji Niko* and Masayuki Ehiro**

*Department of Environmental Studies, Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, Higashihiroshima 739-8521, Japan,

**The Tohoku University Museum, Sendai 980-8578, Japan

Abstract: Two species of longiconic cephalopods, *Pseudotemperoceras?* sp. and *Trematoceras osawaense* sp. nov., are described from laminated mudstones of the Lower Triassic Osawa Formation at Asadanuki, Tome City, Miyagi Prefecture, Northeast Japan. The new species is differentiated from other species assigned to *Trematoceras* by the morphological combination of its very gradually expanding conchs with a 4°–5° apical angle, moderate to relatively long cameral lengths, nearly central siphuncular position, and well-developed cameral deposits. Biostratigraphically, *T. osawaense* provides a regional index suggesting the latest Olenekian in the South Kitakami Belt.

Introduction

Following Bando and Ehiro (1982) and Ehiro (2022b), the present study is the third fascicle of our publication series concerning the latest Olenekian (late Early Triassic) cephalopods from the uppermost part of the Osawa Formation, lower Inai Group, in the South Kitakami Belt, Northeast Japan. We describe two longiconic orthoceratoid species, namely *Pseudotemperoceras?* sp. and *Trematoceras osawaense* sp. nov., based on material collected from black laminated mudstones at the upper reaches of Nameshi-zawa Valley in Asadanuki, Tome City, Miyagi Prefecture. Their detailed geologic, stratigraphic, and geographic settings are given in the proceeding papers (Bando and Ehiro, 1982; Ehiro, 2022b).

Repository.—All specimens examined for this paper are deposited in the Tohoku University Museum, Sendai (prefixed IGPS).

Systematic paleontology

Subclass Orthoceratoidea Teichert, 1967

Order Orthocerida Kuhn, 1940

Family Geisonoceratidae Zhuravleva, 1959

Genus *Pseudotemperoceras* Schastlivtceva, 1986

Type species.—*Pseudotemperoceras pulchrum* Schastlivtceva, 1986.

Pseudotemperoceras? sp.

Figures 1.A, 1.B

Description.—Two incomplete and flattened phragmocones were examined; they are longiconic orthocones with moderate expansion; the largest specimen (IGPS coll. cat. no. 112845) attains 45 mm in length and approximately 12 mm in reconstructed diameter assuming it has a circular cross section; conch surface lacks distinct ornamentation. Camerae short exhibiting approximately 3.6 in reconstructed width/length ratio; septal curvature relatively deep. Sutures directly transverse. Siphuncle cannot be observed.

Material examined.—IGPS coll. cat. nos. 112843, 112845.

Discussion.—Among the previously known Triassic genera of longiconic nautiloids, the preserved characters of the present species such as its moderately expanding conch and short camerae, correspond to those of *Pseudotemperoceras*, whose type species was described from the Olenekian of Verkhoyansk, northeastern Siberia (Schastlivtceva, 1986). We keep the genus assignment open for the Osawa species as it is questionable because of the poor preservation until better material becomes available.

Order Pseudorthocerida Barskov, 1963

Superfamily Pseudorthoceratoidea Flower and Caster, 1935

Family Trematoceratidae Zakharov, 1996

Genus *Trematoceras* Eichwald, 1851

Type species.—*Orthocera* [sic] *elegans* Münster, 1841.

***Trematoceras osawaense* sp. nov.**

Figures 1.C–1.J

Diagnosis.—Species of *Trematoceras* with very small apical angle between 4° to 5°, circular conch cross sections, and fine transverse lirae as surface ornamentation; camerae long to very long with approximately 1–2 in form ratio (maximum width per length); siphuncular position nearly central; ratio of siphuncular diameter per corresponding conch diameter at septal foramen attains 0.2; septal necks suborthochoanitic and very short; cameral deposits well developed.

Description.—The type series consists of two incomplete and more or less deformed phragmocones; an apical shell, 33 mm in length, is designated as the holotype (IGPS coll. cat. no. 112844; Figures 1.E–J), that exhibits a slightly cyrtoconic appearance and misalignment of camerae probably by post mortem deformation; conch cross sections of an apical part of the holotype are circular; the paratype is another deformed longiconic orthocone; it is a more adoral part than the holotype with 46 mm in length and approximately 4 mm in reconstructed conch diameter near the adoral end; the angle of conch expansion is very small, approximately 4° in the holotype; reconstructed angle of ditto in the paratype is approximately 5°; conch surface ornamented by fine transverse lirae; apex not preserved. Sutures directly transverse; septal curvature shallow; camerae long to very long for the superfamily; approximate numbers of camerae per corresponding conch diameter are 1–1.5 in the holotype and 1.5–2 in the paratype (i.e. form ratios (maximum width per length) approximately 1–2). Siphuncle nearly central in position; septal necks suborthochoanitic and very short having 0.25 mm in the holotype; widths of septal foramina are large for the genus, 0.31–0.46 mm in the holotype, and ratio of their diameter per corresponding conch diameter attains 0.2; connecting rings are not preserved. Cameral deposits well developed, differentiated into episeptal-mural and hyposeptal types, and partly indicate mamillary growth; no endosiphuncular deposits detected.

Material examined.—Holotype, IGPS coll. cat. no. 112844. Paratype, IGPS coll. cat. no. 112842.

Etymology.—The specific name is derived from the Osawa Formation.

Discussion.—*Trematoceras osawaense* sp. nov. most closely resembles *T. clarum* Schastlivtceva (1986, p. 79, 80, pl. 1, figs. 2, 3; 1988, p. 65, 66, pl. 2, figs. 8a, b, v) from the Olenekian of Verkhoyansk, northeastern Siberia, especially their apical angles, cameral lengths and siphuncular positions are nearly identical. The principal differences between them are as follows: cameral deposits are well developed in *T. osawaense*, whereas they are not observable in *T. clarum*, and slightly larger diameter of the siphuncle in *T. osawaense* than that of *T. clarum*, whose ratio of siphuncular diameter per corresponding conch diameter is 0.15. *Trematoceras mangyshlakense* Schastlivtceva (1981, p. 79, 80, pl. 1, figs. 3, 4a, b, v; *T. mangishlakense* [sic], 1988, p. 66, pl. 2, figs. 6a, b, 7a, b), described from the Olenekian of Mangystau, Kazakhstan, is also similar to *T. osawaense*, but this species indicates slightly larger angles of conch expansion, (6°–7°), than those of the new species and a subcentral position of the siphuncle.

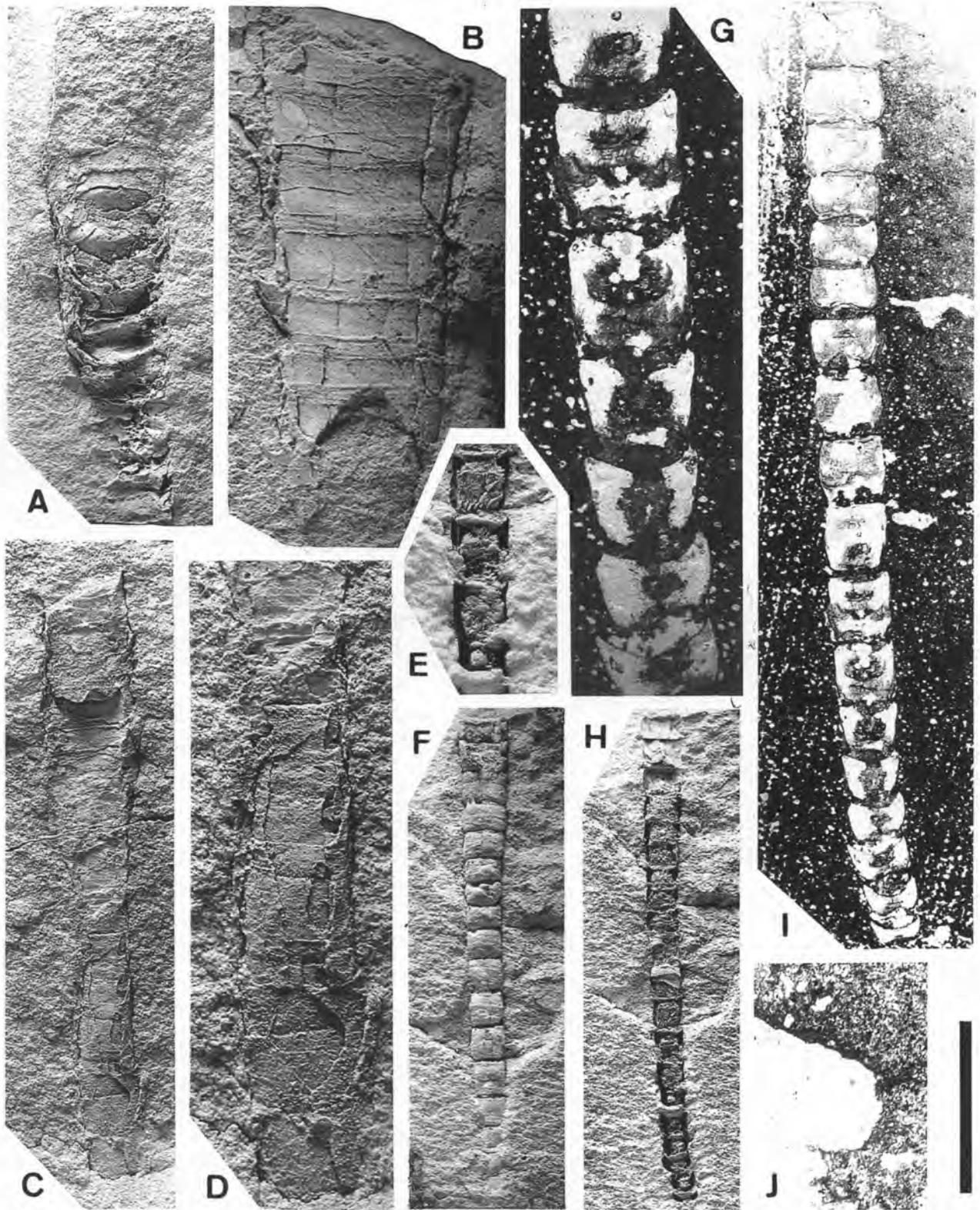
The new species is well different from the previously known two *Trematoceras* species from the South Kitakami Belt (*T. hikichii* Niko, Ehro and Takaizumi, 2016, p. 1–3, figs. 1.1–1.7 and *T. watanabei* Niko and Ehro, 2020, p. 2, 3, 5, figs. 2.A–2.M; see the following chapter for their geologic settings) by its much finer transverse lirae than those of *T. hikichii* and slightly larger apical angles (4°–5° versus 3° in *T. watanabei*) at the corresponding ontogenetic stages. In addition, the fused endosiphuncular deposits developed in *T. watanabei* are not recognized in *T. osawaense*.

Biostratigraphic significance

Except for the present *Trematoceras osawaense* sp. nov., two species of the genus have been described from the Inai Group in the South Kitakami Belt as mentioned above. *Trematoceras hikichii* and *T. osawaense* occur in the middle and uppermost parts of the Osawa Formation. The diverse ammonoid fauna comprises the taxa *Hemilecanites discus*, *Tardicolumbites* aff. *tardicolumbus*, *Yvesgalleticeras* sp., *Hellenites elegans*, *Epiceltites* sp. (described originally as *Columbites parisianus*), *Nordophiceratoides bartolinae*, etc. These taxa indicate that the former horizon belongs the upper Olenekian (Ehro *et al.*, 2016). By contrast, ammonoids associated with the present

→

Figure 1. A, B. *Pseudotemperoceras?* sp. A, side view of phragmocone, silicone rubber cast, IGPS coll. cat. no. 112843; B, side view of phragmocone, IGPS coll. cat. no. 112845, internal mold. **C–J.** *Trematoceras osawaense* sp. nov. C, D, paratype, IGPS coll. cat. no. 112842, adoral phragmocone: C, lateral view; D, partial enlargement of C to show details of surface ornamentation and sutures: E–J, holotype, IGPS coll. cat. no. 112844, apical phragmocone: E, magnified detail of H to show septal character; F, lateral view, silicone rubber cast; G, magnified detail of I to show siphuncular position and details of cameral deposits; H, lateral view, internal mold; I, longitudinal thin section; J, magnified detail of I to show septal neck shape. Scale bar is 12 mm in A, C, F, H; 15 mm in B; 6 mm in D, E, I; 3 mm in G; 0.6 mm in J.



new species in the latter horizon are *Pseudosageceras multilobatum*, *Procarnites kokeni*, *Japonites* cf. *meridianus* and *Eodanubites* aff. *xinyuanensis*, indicating the latest Olenekian *Eodanubites* Zone (Ehiro, 2022b). *Trematoceras watanabei* occurs in the early Anisian (early middle Triassic) mudstone at the middle part of the Fukkoshi Formation together with abundant and diverse ammonoids, such as *Japonites* cf. *meridianus*, *Danubites floriani*, *Paradanubites kansa*, *Procladiscites brancoi*, *Leiophyllites pitamaha*, *L. suessi*, and *Ussuriphyllites amurensis* (Ehiro, 2022a). Their stratigraphic and chronologic distributions are given in Figure 2. These three endemic orthoceratoid species can be considered as regional index fossils around the Olenekian/Anisian boundary in the South Kitakami Belt.

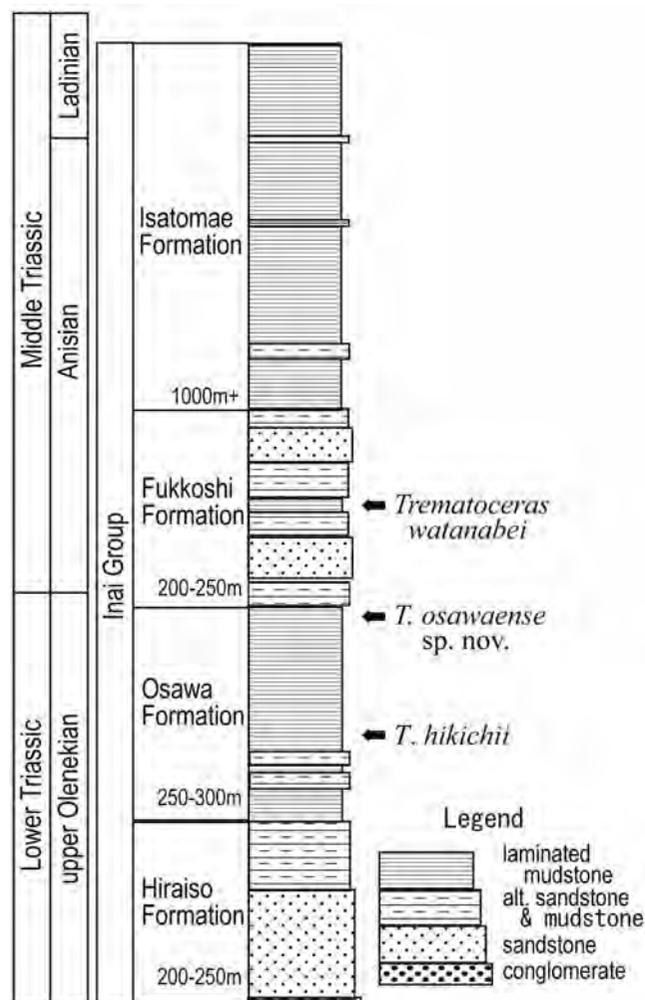


Figure 2. Simplified columnar section of the Lower-Middle Triassic Inai Group in the South Kitakami Belt, Northeast Japan, showing the stratigraphic horizons of three *Trematoceras* species.

Acknowledgements

Our sincere appreciation is extended to Yuta Watanabe, who discovered and donated the holotype of *Trematoceras osawaense* sp. nov. We also appreciate the helpful reviews by Christian Klug.

References

- Bando, Y. and Ehiro, M., 1982, On some Lower Triassic ammonites from the Osawa Formation at Asadanuki, Towa-cho, Tomegun, Miyagi Prefecture, Northeast Japan. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 127, p. 375–385, pl. 60.
- Barskov, I. S., 1963, System and phylogeny of pseudorthoceratids. *Biulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel Geologicheskii*, vol. 38, p. 149–150. (in Russian)
- Ehiro, M., 2022a, Early Anisian (Aegean) ammonoids from the Fukkoshi Formation (Inai Group) with special reference to the Olenekian/Anisian boundary in the South Kitakami Belt, Northeast Japan. *Bulletin of the Tohoku University Museum*, no. 21, p. 39–84.
- Ehiro, M., 2022b, Latest Olenekian (Early Triassic) ammonoids from the uppermost part of the Osawa Formation (Inai Group) in the South Kitakami Belt, Northeast Japan. *Paleontological Research*, vol. 26, p. 137–157.
- Ehiro, M., Sasaki, O. and Kano, H., 2016, Ammonoid fauna of the late Olenekian Osawa Formation in the Utatsu area, South Kitakami Belt, Northeast Japan. *Paleontological Research*, vol. 20, p. 90–104.
- Eichwald, E. von, 1851, Naturhistorische Bemerkungen, als Beitrag zur vergleichenden Geognosie, auf einer Reise durch die Eifel, Tyrol, Italien, Sizilien und Algier. *Nouveaux Mémoires de la Société de Naturalistes d'Histoire de Moscou*, vol. 9, p. 1–464.
- Flower, R. H. and Caster, K. E., 1935, The stratigraphy and paleontology of northwestern Pennsylvania. Part II: Paleontology. Section A: The cephalopod fauna of the Conewango Series of the Upper Devonian in New York and Pennsylvania. *Bulletins of American Paleontology*, vol. 22, p. 199–271.
- Kuhn, O., 1940, *Paläozoologie in Tabellen*, 50 p. Fischer, Jena.
- Münster, G. zu, 1841, II. Beschreibung und Abbildung der in den Kalkmergelschichten von St. Cassian gefundenen Versteinerungen. In, Wissmann, H. L., and Münster, G. zu, *Beiträge zur Geognosie und Petrefacten-Kunde des Südöstlichen Tirol's Vorzüglich der Schichten von St. Cassian*, p. 25–152, pls. 1–16, Bayreuth.
- Niko, S. and Ehiro, M., 2020, *Trematoceras watanabei*, a new orthoconic nautiloid species from the Middle Triassic Fukkoshi Formation, Miyagi Prefecture, Northeast Japan. *Bulletin of the Tohoku University Museum*, no. 19, p. 1–6.
- Niko, S., Ehiro, M. and Takaizumi, K., 2016, *Trematoceras hikichii* sp. nov., an Early Triassic orthocerid cephalopod from the Osawa Formation, Miyagi Prefecture, Northeast Japan. *Bulletin of the Tohoku University Museum*, no. 15, p. 1–4.
- Schastlivtceva, N. P., 1981, On systematic position of Triassic orthoceratoids of the southern USSR. *Biulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel Geologicheskii*, vol. 56, p. 76–82. (in Russian)
- Schastlivtceva, N. P., 1986, Some Triassic orthoceratids and

- nautilids from North-East USSR. *Biulleten Moskovskogo Obschestva Ispytatelei Prirody, Otdel Geologicheskii*, vol. 61, p. 122–129. (in Russian)
- Schastlivtceva, N. P., 1988, Triassic orthoceratids and nautilids from USSR. *Akademii Nauk SSSR, Trudy Paleontologicheskogo Instituta*, vol. 229, p. 1–104, pls. 1–8. (in Russian)
- Teichert, C., 1967, Major features of cephalopod evolution. In, Teichert, C. and Yochelson, E. L. eds., *Essays in Paleontology & Stratigraphy. R. C. Moore Commemorative Volume, Department of Geology, University of Kansas Special Publication 2*, p. 162–210. The University Press of Kansas, Lawrence and London.
- Zakharov, Y. D., 1996, Orthocerid and ammonoid shell structure: Its bearing cephalopod classification. *Bulletin of the National Science Museum, Series C*, vol. 22, p. 11–35.
- Zhuravleva, F. A., 1959, On the family Michelinoceratidae Flower, 1945. *Materialy k Osnovam Paleontologii*, vol. 3, p. 47–48 (in Russian)

A new species of *Parisicaris* (Microcarididae, Thylacocephala) from the upper Olenekian (Lower Triassic) Osawa Formation in the South Kitakami Belt, Northeast Japan

Masayuki Ehiro* and Harumasa Kano

The Tohoku University Museum, Sendai 980-8578 Japan,

*Corresponding author (e-mail: masayuki.ehiro.d4@tohoku.ac.jp)

Abstract: A new thylacocephalan species of the microcarid genus *Parisicaris*, *Parisicaris naoyai*, is described from the upper Olenekian (Lower Triassic) Osawa Formation in the South Kitakami Belt, Northeast Japan. It belongs to family Microcarididae and is associated with the thylacocephalan fauna, comprising the genera *Ankitokazocaris*, *Concavicularis*, *Kitakamicaris*, *Miyagicaris* and *Paraostenia*. The generic classification of family Microcarididae and the species composition of genus *Parisicaris* are also discussed.

Introduction

Thylacocephala is a class commonly considered to belong to subphylum Crustacea (e.g. Lange et al., 2001). Although it has a long stratigraphic record ranging from the Silurian (or Cambrian) to the Cretaceous and has a wide geographic distribution, only approximately 30 genera have been described at present (Schram, 2014; Ehiro et al., 2015, 2019). Before the mid-2010s, Triassic thylacocephalans had been reported mainly from various localities in southern Europe of Austria, Italy, Spain and Slovenia, whereas the occurrences of other regions are rare only from Madagascar and South China. In particular, the Early Triassic records are limited to Madagascar (Ehiro et al., 2015). However, over the past decade, information of Triassic thylacocephalans has increased markedly, and new occurrences from the Lower Triassic have been reported from Northeast Japan (Ehiro et al., 2015, 2019), Western Australia (Haig et al., 2015), southern China (Ji et al., 2017, 2021), Idaho, USA (Brayard et al., 2017, Charbonnier et al., 2019 and Laville et al., 2021), as well as Middle Triassic strata from southern China (Feldmann et al., 2015) and northern Italy (Teruzzi and Muscio, 2018). These informations suggest that thylacocephalans were already diversified and widely distributed in low- to mid-latitude areas worldwide during the Early Triassic (Ehiro et al., 2019).

Family Microcarididae is a major component of the Triassic thylacocephalan fauna; this family was present throughout the Triassic, and broadly distributed worldwide. In this study, we describe a new species of the microcarid genus *Parisicaris*, *Parisicaris naoyai*, from the Lower

Triassic (upper Olenekian) Osawa Formation distributed in the South Kitakami Belt of Northeast Japan, and discuss the generic classification of family Microcarididae and species composition of genus *Parisicaris*.

Geological setting and materials

Among the Japanese Islands, thylacocephalans have been reported only from the Lower Triassic Osawa Formation, distributed in the Minami-sanriku area (Miyagi Prefecture) of the South Kitakami Belt. The Osawa Formation is 250–350 m thick, and mainly composed of laminated mudstone. The late Olenekian ammonoids are abundant from the lower to upper parts (e.g. Bando and Shimoyama, 1974; Ehiro et al., 2016; Shigeta, 2022) and uppermost part of the formation (Ehiro, 2022). Thylacocephalans have been collected from three localities (Motoyoshi, Tatezaki A and Tatezaki B; Figure 1) in the lower to middle parts of the formation (Ehiro et al., 2015, 2019). However, most samples have been obtained from the Tatezaki B locality, with very few derived from other two localities. The fossil horizon of the Tatezaki B locality is considered to represent middle part of the Osawa Formation, and six species belonging to five genera have been described from an interval 2 to 4 m above the base of the sequence in this locality (Ehiro et al., 2019): *Ankitokazocaris bandoi* Ehiro and Kato (Ehiro et al., 2015), *Ankitokazocaris tatensis* Ehiro et al., 2019, *Concavicularis parva* Ehiro et al., 2019, *Kitakamicaris utatsuensis* Ehiro and Kato (Ehiro et al., 2015), *Miyagicaris costata* Ehiro et al., 2019 and *Ostenocaris* sp. In this fauna, *K. utatsuensis* is dominant, comprising more than 90% of the collection. The

stratigraphy and fossil assemblages of the Osawa Formation have been described in detail in the previous researches (Ehiro et al., 2015, 2016 and 2019).

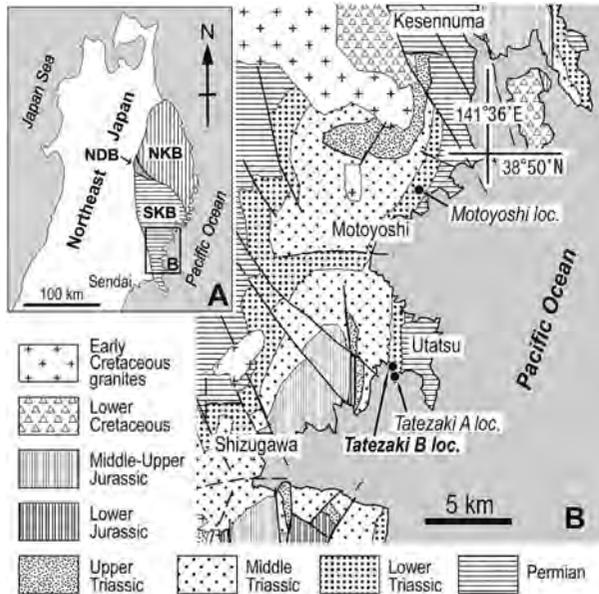


Figure 1. Index map showing the fossil locality (Tatezaki B locality) in the Utatsu area of the southern part of the Southern Kitakami Massif (South Kitakami Belt), Northeast Japan. NDB: Nedamo Belt; NKB: North Kitakami Belt; SKB: South Kitakami Belt.

Recently Laville et al. (2021) suggested that there is confusion between genus *Ostenocaris* Arduini et al., 1984 (originally described as *Ostenia* by Arduini et al., 1980) and *Paraostenia* Secrétan, 1985, stemming from the report of Arduini et al. (1980), in which some specimens with quite different morphology from *Ostenocaris* and more likely belonging to *Paraostenia*, were classified as *Ostenia cypriformis*. Therefore, Laville et al. (2021) suggested that some taxa attributed to *Ostenocaris*, including *Ostenocaris* sp. from the Osawa Formation, should be ascribed to *Paraostenia*. We agree that *Ostenocaris* sp. from the Osawa Formation belong to the genus *Paraostenia*. Laville et al. (2021) also raised questions concerning the taxonomy of some genera and species from the Osawa Formation, including *C. parva*, *K. utatsuensis* and *M. costata*. However, we do not agree with this latter proposal, as discussed later in this study.

The present specimens of Thylacocephala, described as *P. naoyai* sp. nov., were collected from the Tatezaki B locality in association with the thylacocephalan species, mentioned above. Therefore, the Osawa thylacocephalan fauna comprises seven species belonging to six genera: *A. bandoi*, *A. tatensis*, *C. parva*, *K. utatsuensis*, *M. costata*, *P.*

naoyai and *Paraostenia* sp.

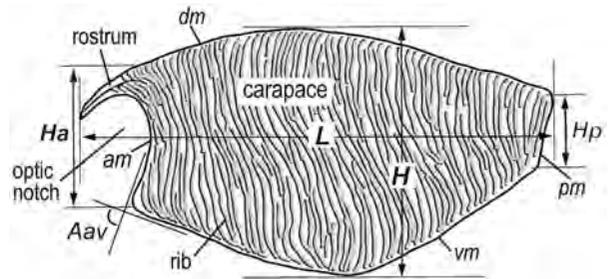


Figure 2. Morphological terminology and dimensions for the carapace in lateral view. Aav, angle (degree) of anteroventral process; am, anterior margin; dm, dorsal midline; H, Ha, Hp, maximum, anterior and posterior carapace height (mm), respectively; L, carapace length (mm); pm, posterior margin; vm, ventral margin.

The morphological terminology, dimensions and their abbreviations follow Ehiro et al. (2015; Figure 2), but using the term “dorsal midline” instead of “dorsal margin” following the observation and advocacy of Laville et al. (2021) that the thylacocephalan carapace (“shield” in Laville et al., 2021) is univalve, and not bivalve. Arduini (1988) reported that the carapace of Thylacocephala is univalve, as there is no hinge between the both sides of the carapace of “*Atropicaris*” in dorsal view (butterfly position), as also described by Laville et al. (2021). We agree with them because we also have some thylacocephalan specimens in butterfly position or equivalent to it, the dorsal midlines of them are only carinate without hinge lines (Figure 3); therefore, we used the terms “left side” and “right side” (of the carapace) rather than “left valve” and “right valve” (Ehiro et al., 2015, 2019).

Systematic description

The specimens described in this study are held in the Institute of Geology and Paleontology, Tohoku University, Sendai (IGPS; Tohoku University Museum) and the Utatsu Ichthyosaur Museum (UIM; Educational Committee of Minamisanriku Town, Miyagi Prefecture).

Class Thylacocephala Pinna, Arduini, Pesarini and Teruzzi, 1982

Family Microcarididae Schram, 2014

Included genera.— *Ferreccaris* Calzada and Mañé, 1993, *Kitakamicaris* Ehiro and Kato (Ehiro et al., 2015), *Microcaris* Pinna, 1974, *Miyagiacaris* Ehiro et al., 2019 and *Parisicaris* Charbonnier (Charbonnier et al., 2019).

Discussion.— Schram (2014) proposed the new family Microcarididae, as part of a working set of hypotheses

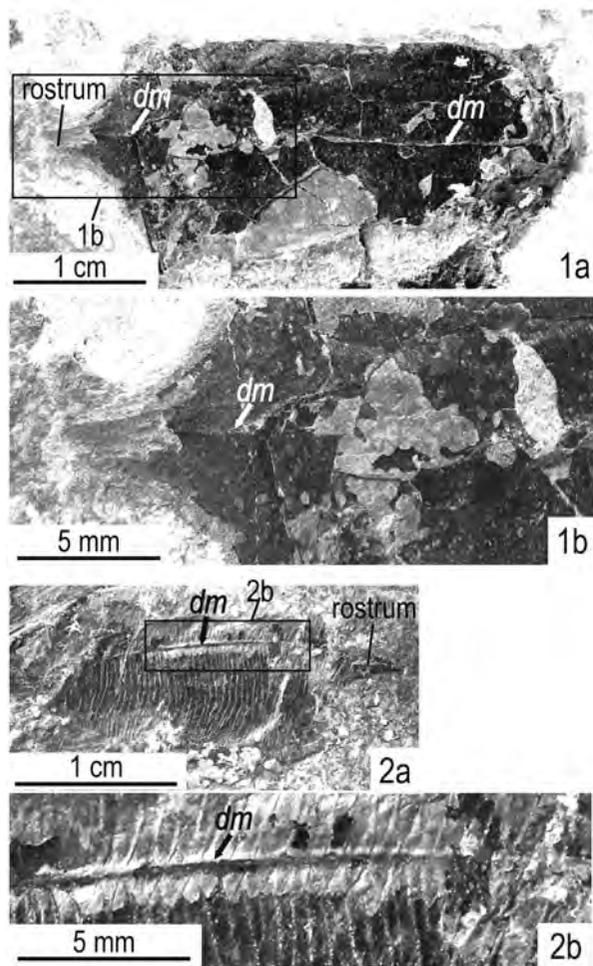


Figure 3. Dorsal views (in butterfly position) of thylacocephalan specimens from the Tatezaki B locality showing univalve nature of carapaces.

1, *Ankitokazocaris* cf. *bandoi* Ehiro and Kato in Ehiro et al., 2015, IGPS coll. cat. no. 112846; 1a, dorsal view; 1b, enlarged view of the dorsal midline of 1a; 2, *Kitakamicaris utatsuensis* Ehiro and Kato in Ehiro et al., 2015, IGPS coll. cat. no. 111456; 2a, dorsal view; 2b, enlarged view of the dorsal midline of 2a. *dm*, dorsal midline.

on the taxonomic subdivision of Thylacocephala, which included the Triassic genera *Atropicaris* Arduini and Brasca, 1984, *Ferrecaris* and *Microcaris*, and the Cretaceous genus *Thylacocephalus* Lange et al., 2001. The diagnostic characters listed by Schram (2014) are as follows: small to modest in size; thin pointed rostrum, anteriorly directed; carapace surface with rugations or terraces.

Hegna et al. (2014) compared the Cretaceous genus *Polzia* Hegna et al., 2014 with *Microcaris*. However, with the proposal of the new microcarid genus *Kitakamicaris* from the Triassic of Northeast Japan, Ehiro et al. (2015) claimed that

the genera *Thylacocephalus* and *Polzia* should be excluded from this family, because they have a distinct posterior spine, which can be compared to those of Cretaceous genera belonging to family Protozooidae Schrum, 2014 (e.g. *Protozoea* Dames, 1886 and *Pseuderichthys* Dames, 1886). Charbonnier et al. (2017) added the Cretaceous genus *Keelicaris* Charbonnier et al., 2017 and Jurassic genus *Rugocaris* Tintori et al., 1986, together with *Thylacocephalus*, to family Microcarididae on the grounds that they have remarkable ribs on the carapace, which are similar to other genera of Microcarididae. However, as noted by Ji et al. (2021), there remains some confusion about the classification of *Keelicaris* and *Thylacocephalus*. Later, Charbonnier et al. (2019) proposed a new microcarid genus, *Parisicaris*, from the Lower Triassic of Idaho, and excluded *Keelicaris*, *Rugocaris* and *Thylacocephalus* from the Microcarididae. Ehiro et al. (2019) added the new genus *Miyagicaris*, associated with *Kitakamicaris*, from the Lower Triassic of Northeast Japan.

Tintori et al. (1986) suggested that *Atropicaris rostrata* Arduini and Brasca, 1984 could be considered a junior synonym of *Microcaris minuta* Pinna, 1974, as these species have the same carapace outline and carapace ornamentation, differing only in size. Arduini (1988) rejected this view based mainly on the observations that *Microcaris* bears a well-developed, strong and pointed rostrum, whereas *Atropicaris* has a thin rostrum that ends in a spoon-like expansion; that the carapace of *Microcaris* is covered by fine, irregularly developed, straight transverse ribs, whereas *Atropicaris* shows strong, developed sigmoidal ribs; and that *Microcaris* and *Atropicaris* differ in the variability of their forms, with *Microcaris* specimens showing wide variability within a very small number of individuals, whereas *Atropicaris* is characterized by the near-homogeneity of its form. Tintori et al. (1986) reported that differences in ornamentation between *Atropicaris* and *Microcaris* depend exclusively on specimen size, but large specimens of *Microcaris* comparable to those of *Atropicaris* retained the same characteristics as smaller individuals. Recently, Ji et al. (2021) suggested that morphological differences between *Microcaris* and *Atropicaris* specified by Arduini (1988) resulted from preservation and intraspecific variability, and concluded that genus *Atropicaris* is a junior synonym of genus *Microcaris*, while accepting the specific validity of “*A.*” *rostrata* (as *Microcaris rostrata* [Arduini and Brasca]).

Microcaris minuta specimens described by Pinna (1974, 1976), Arduini (1988), and Dalla Vecchia and Muscio (1990) showed broad “intraspecific” variability in the carapace outline. Dalla Vecchia and Muscio (1990) divided these into forms designated A–D. Form A resembles a paratype described by Pinna (1974, p. 31, fig. 16), and has a broadly rounded anteroventral margin without a remarkable

anteroventral process. Form B is characterized by a largely obtuse anteroventral process and mountain-shaped convex venter. Form C is similar to form B in the carapace outline, but has somewhat sigmoidal ribs, similar to “*Atropicaris*.” The carapace outline of form D is similar to that of the holotype of *Microcaris minuta*, and has large, obtuse anteroventral process and nearly flat to broadly convex venter (Figure 4).

There are some common elements in morphology among the specimens belonging to *Microcaris* and “*Atropicaris*.” The carapace height/length (*H/L*) ratio of all forms of *Microcaris* and “*Atropicaris*” are within the range of 0.4–0.5, regardless of size (Figure 5A). The anteroventral process angles (*Aav* in Laville et al., 2021) are all large and obtuse, ranging from 100° to 140°, and become larger with increasing carapace size (Figure 5B). Therefore, it is difficult to discriminate *M. minuta* forms B and C and “*A.*” *rostrata*. Furthermore, some specimens reported by Dalla Vecchia (1993) as *Microcaris minuta* have a thin rostrum ending in a spoon-like expansion and somewhat sigmoidal ribs, both of which are characteristics shared by “*Atropicaris*.” Although some problems remain to be resolved and it is difficult to judge whether these morphological differences among the

Microcaris minuta specimens are the result of intraspecific variability, we tentatively follow Ji et al. (2021) and treat “*Atropicaris*” *rostrata* as a species of genus *Microcaris*.

Genus *Microcaris* (including *Atropicaris*) is clearly different from other genera of Microcarididae in having the following characters (Figures 4 and 6): the base of the rostrum is connected to the anterior margin of the carapace by subangular (not circular) corners; the angle of the anteroventral process (*Aav*) is large and obtuse (100°–140°); and the posterior margin is concave, with sharply pointed dorso- and ventroposterior processes. The holotype of *M. minuta* with a broadly convex venter seems to have a narrowly rounded dorso- and ventroposterior process. However, its posterior part is somewhat poorly preserved, and a specimen reported by Arduini (1988, pl. 16, fig. 2) with nearly the same carapace outline has a pointed dorsoposterior process (ventroposterior process is not well preserved).

The monotypic genus *Ferreccaris*, the type species of which is *Ferreccaris magransi* Calzada and Mañé, 1993, described from the Ladinian bed in Spain is distinguished from other genera of Microcarididae by its acute posterior margin.

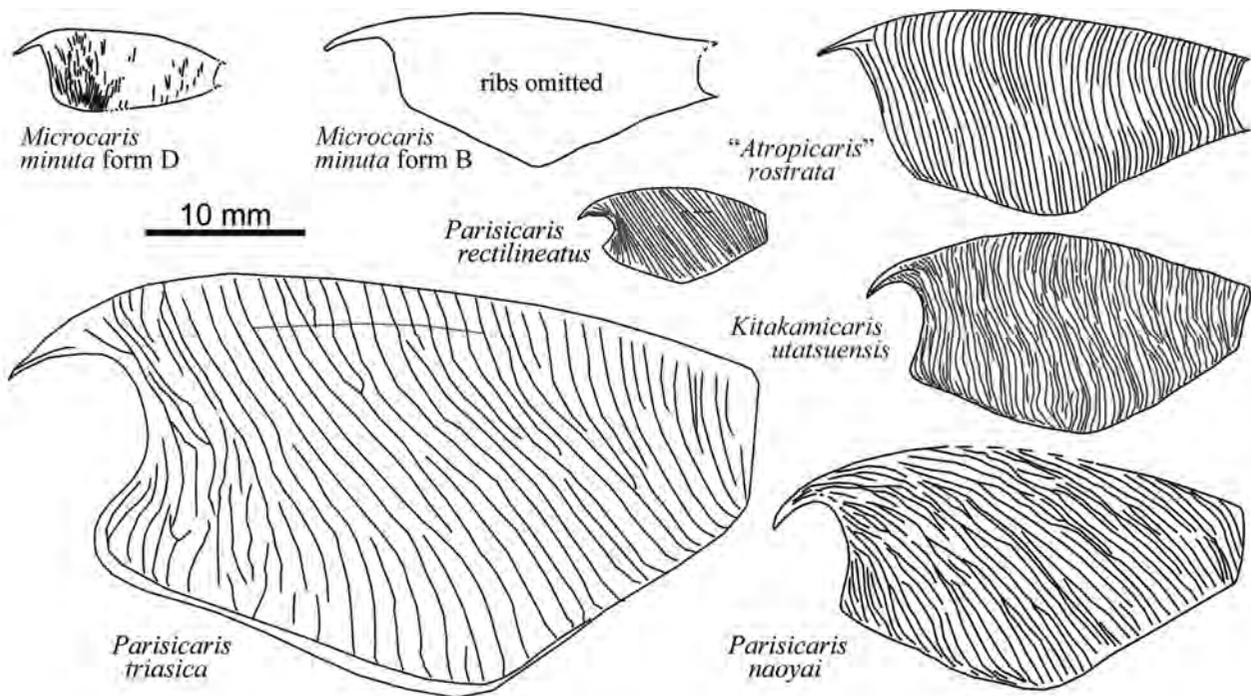


Figure 4. Sketched reconstructions of the carapaces of some species of Microcarididae.

Those of *Microcaris* and “*Atropicaris*” species were prepared from the figures of Arduini and Brasca (1984) and Arduini (1988); The posterior margin of *Microcaris minuta* form D was estimated from pl. 16, fig. 1 of Arduini (1988); those of *Parisicaris rectilineatus* and *Parisicaris triassica* are from Ji et al. (2021) and Laville et al. (2021), respectively. Scale bar is for all figures.

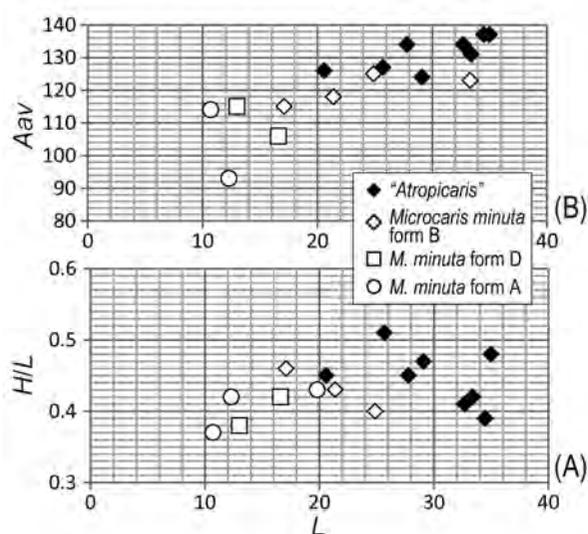


Figure 5. Plots of the (A) carapace height/length ratio (H/L) and (B) anteroventral process angle (Aav) to carapace length (L) for *Microcaris* and “*Atropicaris*” species.

However, specimens of *F. magransi* are poorly preserved and the outline of the posterior part is unclear (Calzada and Mañé, 1993, fig. 1). With the exception of the posterior end, the carapace outline and carapace ornamentation of *F. magransi* are very close to those of *M. rostrata* (Arduini and Brasca) and some specimens described as *M. minuta* by Dalla Vecchia (1993). Therefore, there remain questions about the validity of genus *Ferreccaris*.

Laville et al. (2021) claimed that the genera *Kitakamicaris* Ehiro and Kato (Ehiro et al., 2015) and *Parisicaris* Charbonnier (Charbonnier et al., 2019) are junior synonyms of *Ankitokazocaris* Arduini, 1990, and that *M. costata* Ehiro et al., 2019 may be a synonym of *K. utatsuensis* Ehiro and Kato (Ehiro et al., 2015). Laville et al. (2021) stated that *Kitakamicaris* and *Parisicaris* have a morphology diagnostic of *Ankitokazocaris*, and that the vertical ridges (ribs) that characterize these genera (*Kitakamicaris* and *Parisicaris*) may vary according to the sex, ontogeny or molting cycle of the organism, and can also be affected by the type of preservation.

However, there are obvious differences in carapace morphology between *Ankitokazocaris* and *Kitakamicaris-Parisicaris*. As noted in the emended diagnosis of genus *Ankitokazocaris* (Laville et al., 2021, p. 78), *Ankitokazocaris* has “a ventral margin subdivided into a sub-horizontal anterior part and a posterior part steeply descending anteroventrally,” whereas *Kitakamicaris* and *Parisicaris* (and other genera belonging to family Microcarididae) have a mount-like convex ventral margin, the anterior part of which is not sub-horizontal.

The bases for the second argument, outlined above, which deny the validity of surface ornamentation as a criterion of thylacocephalan classification, are hypothetical and lack reliable evidence. Laville et al. (2021, p. 80) stated only that “the outer layer of the shield is formed of sinuous, small and thin vertical ridges (Fig. 7E–G)” in the description of the shield ornamentation of *Ankitokazocaris acutirostris* Arduini, 1990. However, it is difficult to find any vertical ridges or ribs in these figures. Moreover, they described that “no transversal ridges were found in *A. acutirostris*” (p. 88). Likewise, they also stated that “with the reinterpretation of *Parisicaris* as *Ankitokazocaris*, we show that specimens of *Ankitokazocaris* can be preserved as a smooth shield, with only few ridges or with a fully ornamented shield” (p. 79). No specific evidence for these claims is provided, and their figure 10A–D for “*Ankitokazocaris triassica*” (p. 88) may be the only case. This specimen is a very poorly preserved *Parisicaris*, and there are no true *Ankitokazocaris* specimens with vertical ribs (including poorly developed), nor *Parisicaris* specimens originally having a smooth carapace.

For genus *Kitakamicaris*, we have more than 200 specimens of *K. utatsuensis*, including fragmental specimens, ranging in size (carapace length) from ca. 19 to 38 mm, which are considered to represent rather wide ontogenetic stages. The ratio of H/L ranges from 0.45 to 0.55, which show only a slight decreasing tendency with increasing size (Figure 6A). The Aav concentrated around 90°, mostly in the range of 87°–93°, and is also independent of size (Figure 6B). *Kitakamicaris utatsuensis* specimens ranging in size from smallest ($L =$ ca. 19 mm) to largest ($L =$ ca. 38 mm) are shown in Figure 7. There are almost no differences in carapace outline and rib pattern, except for a slight decreasing trend in the ratio of H/L with increasing size. In addition, the number of vertical ribs of *K. utatsuensis* specimens is constant throughout the ontogenetic stages (Figure 6C), although the rib measurements are rough estimates due to irregular rib bifurcation and poor preservation. All fragmental specimens also show remarkable ribbing; there are no smooth or poorly ribbed specimens.

Therefore, the hypothesis of Laville et al. (2021) that genera *Kitakamicaris* and *Parisicaris* are junior synonyms of *Ankitokazocaris* is unacceptable, and we consider both *Kitakamicaris* and *Parisicaris* to be valid genera.

Miyagiacaris costata Ehiro et al., 2019 has an acute (ca. 70°) Aav clearly different from that of *Kitakamicaris*. It is also characterized by strong, dendritically branched ribs in the anterior third of the carapace. Laville et al. (2021) suggested that the dendritic branching of ribs is ostensible, caused by deformation and fracturing. It is true that the holotype specimen of *M. costata* suffered some fracturing in its upper (dorsal) part and near posterior end; however, as

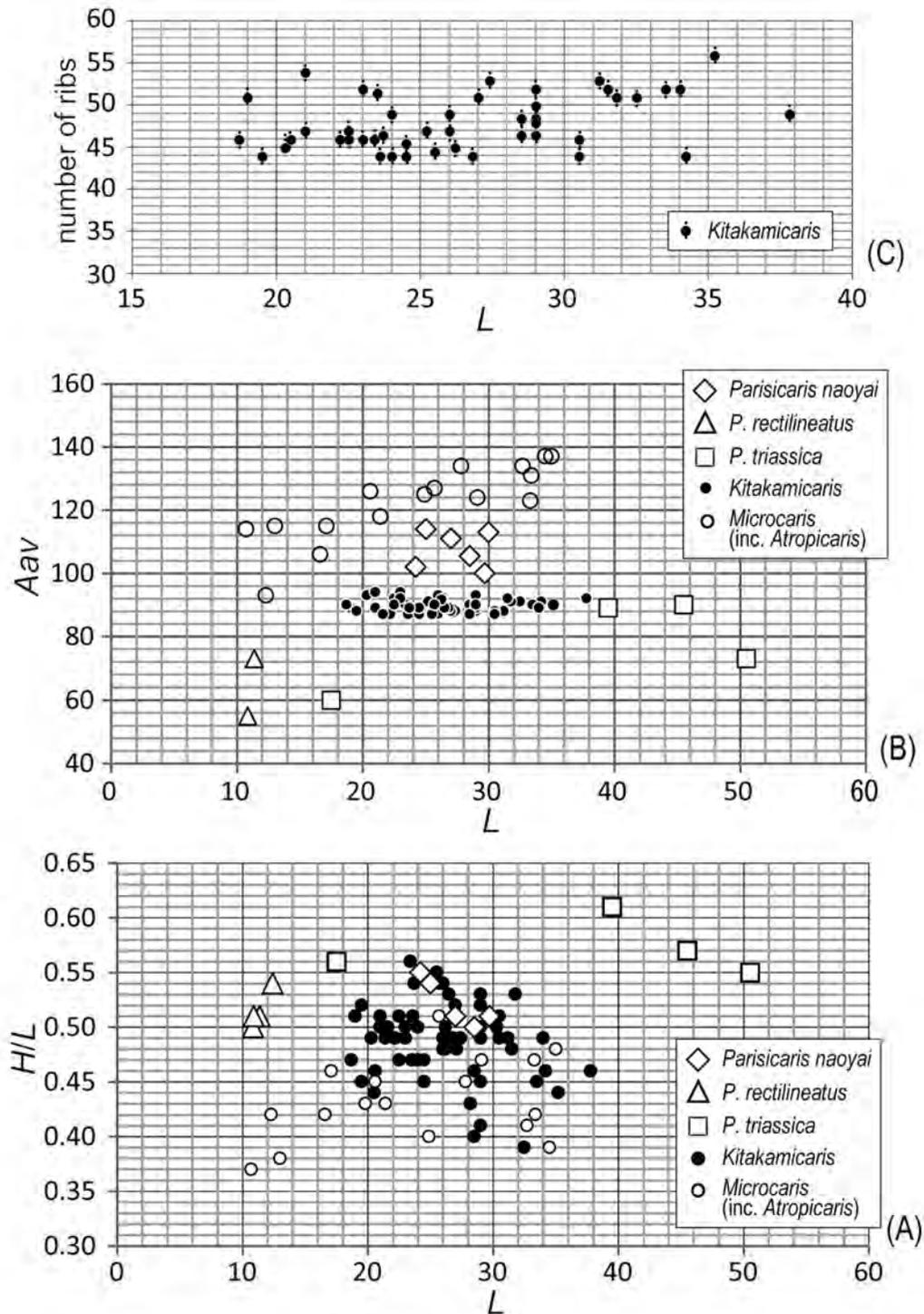


Figure 6. Plots of the (A) carapace height/length ratio (H/L - L) and (B) anteroventral process angle (Aav) to carapace length (L) for some genera and species of the Microcarididae, and (C) the primary rib number to L for *Kitakamicaris*.

H , L and Aav data for *Microcaris* (including “*Atropicaris*”) were estimated from figures of Arduini and Brasca (1984) and Arduini (1988). Those of *Pariscaris triassica* were obtained from Laville et al. (2021). H and L data for *Pariscaris rectilineatus* were obtained from Ji et al. (2021) and Aav data were estimated from figures of Ji et al. (2021). Data for *Kitakamicaris utatsuensis* and *Pariscaris naoyai* are provided in Appendices A and B, respectively.

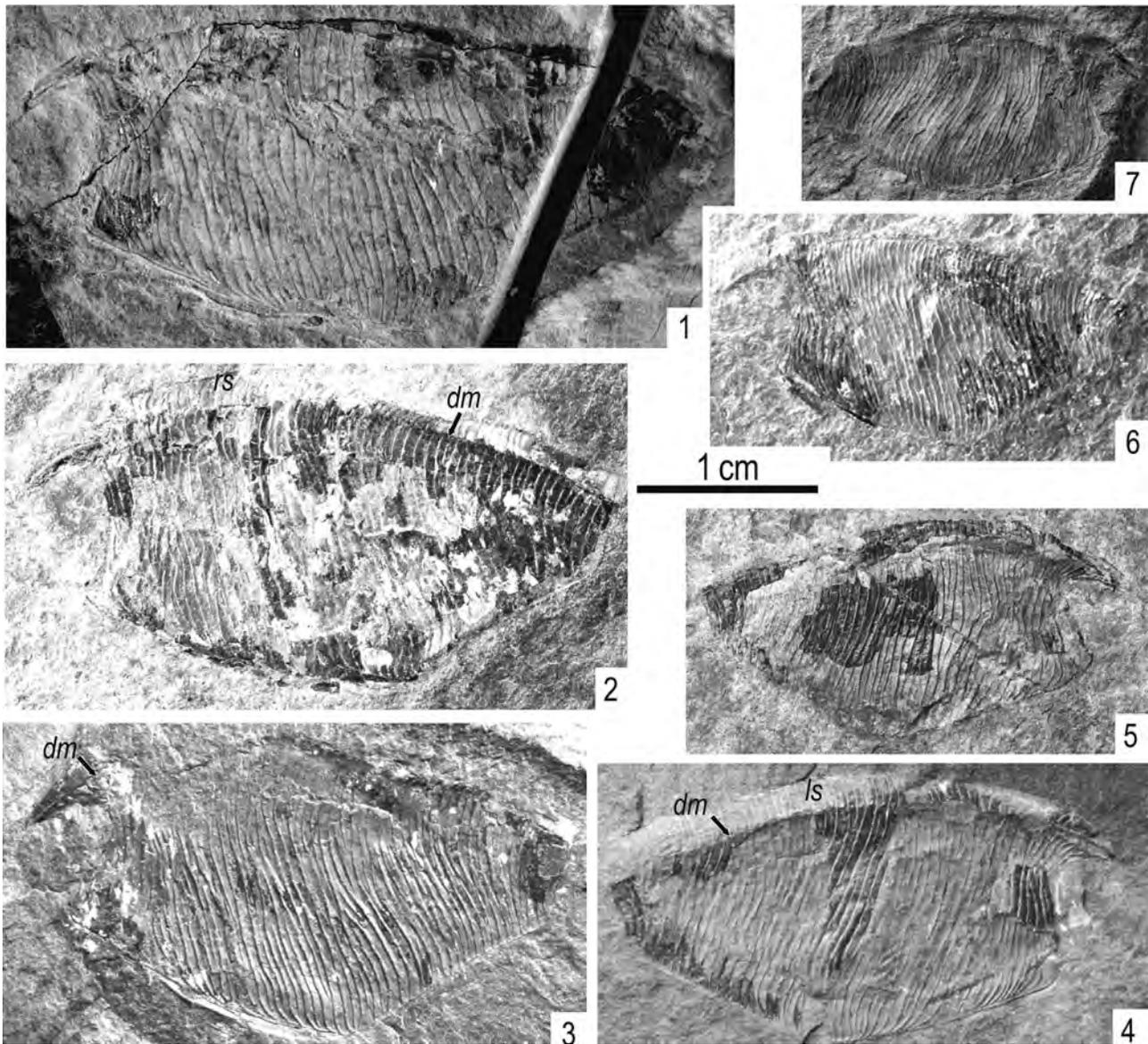


Figure 7. *Kitakamicaris utatsuensis* specimens of various sizes, sampled from an outcrop in the middle part of the Osawa Formation at the Tatezaki B locality, Utatsu, Minamisanriku Town.

1, IGPS coll. cat. no. 112783 (largest specimen); 2, UIM 30604; 3, IGPS coll. cat. no. 112786; 4, IGPS coll. cat. no. 111448 (holotype); 5, IGPS coll. cat. no. 112796; 6, IGPS coll. cat. no. 111453; 7, IGPS coll. cat. no. 111481 (smallest specimen). *dm*, dorsal midline; *ls*, left side; *rs*, right side. IGPS, Institute of Geology and Paleontology, Sendai; UIM, Utatsu Ichthyosaur Museum. Scale bar is for all figures.

shown in photographs and line drawings (Ehiro et al., 2019, fig. 10A–10D), the dendritic branching in the anteroventral region was clearly not affected by fracturing. This inference is supported by the smooth continuity of the lower part of the anterior margin and anterior half of the ventral margin.

Genus ***Parisicaris*** Charbonnier in Charbonnier, Brayard and

the Paris Biota Team, 2019

Type species.— *Parisicaris triassica* Charbonnier (Charbonnier et al., 2019)

Parisicaris Charbonnier (Charbonnier et al., 2019)

Microcaris (*Parisicaris*) Charbonnier (Charbonnier et al., 2019). Ji et al., 2021

Ankitokazocaris Arduini, 1990, Laville, Smith, Forel, Brayard and Charbonnier, 2021

Included species.— *Parisicaris naoyai* sp. nov., *P. rectilineatus* (Ji et al., 2021), *P. triassica* Charbonnier (Charbonnier et al., 2019).

Emended diagnosis.— The trapezoidal carapace has a relatively large, rounded optic notch, limited by a short thick rostrum, broadly fused with the carapace, and narrowly rounded, remarkable anteroventral process. In side view, the dorsal midline is broadly convex and the ventral margin is convex and mountain shape. The short, nearly straight posterior part is slightly inclined backward to the vertical axis, with narrowly rounded dorso- and ventroposterior processes. The carapace surface is ornamented by oblique, widely spaced ribs.

Discussion.— Charbonnier et al. (2019) proposed a new genus *Parisicaris* belonging to family Microcarididae, with *P. triassica* as the type species. A distinctive ventral notch at the anterior part of the ventral margin, which was deemed to be a diagnostic feature of the new genus, was later interpreted as an artifact of preparation (Laville et al., 2021). Ji et al. (2021) also pointed out that this feature was related to preservation. We agree with these opinions, although specimens of *Parisicaris* have other morphological features that allow its taxonomic identification. Laville et al. (2021) concluded that the genus *Parisicaris* is a junior synonym of *Ankitokazocaris* Arduini, 1990, because these two genera have the same morphological characteristics. As discussed above, this inference is based on hypotheses unsupported by specific evidence and erroneous identification, and is unacceptable.

Ji et al. (2021) considered *Parisicaris* to be a subgenus of *Microcaris* Pinna, 1974, and described a new species of *Microcaris*, *Microcaris rectilineatus* Ji et al., 2021, which resembles *P. triassica* in carapace outline and carapace ornamentation, from the late Olenekian of South China. They stated that the carapace outline and surface ornamentation of *P. triassica* and "*M.*" *rectilineatus* are similar to those of genus *Microcaris*. However, as described above, the carapace outline, particularly the angular shape of the optic notch and pointed dorso- and ventroposterior processes, and surface ornamentation characterized by dense, nearly vertical sigmoidal ribs of genus *Microcaris* are strikingly different from those of *P. triassica* and "*M.*" *rectilineatus* (Figure 4). We consider genus *Parisicaris* to be valid and that "*M.*" *rectilineatus* should belong to genus *Parisicaris* based on their similarities in carapace outline and surface ornamentation.

***Parisicaris naoyai* sp. nov.**

Figure 8.1–8.6

Material examined.— Eight specimens, IGPS coll. cat. nos. 1112810 (holotype) and 112811–112816, and UIM 30625.

Etymology.—The specific epithet is dedicated to Naoya Takahashi, who collected and donated specimens of present new species, including the holotype.

Diagnosis.— The small carapace is trapezoidal, with a thick rostrum widely fused with the carapace. The height of the carapace is approximately half of its length. The concave anterior margin is connected at an obtuse angle to the convex, mountain-shaped ventral margin. Widely spaced, slightly convex ribs incline forward, and develop over the entire carapace surface. Some ribs penetrate into the rostrum region, bending parallel to its extension direction.

Description.— Only the carapaces are preserved. The carapace is trapezoidal in lateral view, with a small but distinct, thick rostrum that is widely fused to it. The dorsal midline is broadly convex. The broad anterior margin (optic notch) is concave and composed of semicircular upper half and nearly straight lower half. The ventral margin is convex forming a mountain-shaped, nearly symmetrical, downward bend. The anteroventral process is narrowly rounded, forming an obtuse angle. The narrow posterior margin is nearly straight and inclined slightly backward, with narrowly rounded ventroposterior and dorsoposterior processes.

The maximum height is at a position close to the center of the venter where it bends. The carapace size ranges from ca. 24 to 31 mm in length and 12 to 16 mm in height, and the *H/L* ratio ranges from 0.47 to 0.52 (usually 0.51–0.52). The *Aav* ranges from 100° to 114°.

The entire carapace surface is covered by widely spaced fine ribs, many of which are single and run nearly in parallel from near the dorsal midline to the ventral margin; however, some ribs bifurcate, and some short ribs are intercalated between the primary ribs, mainly in the ventral region. A few ribs bifurcate at two or three points. Near the lower anterior margin, the ribs are diagonal to the nearly vertical anterior margin and run from the anterior margin to the venter. The ribs are slightly convex, and inclined forward at an angle of 40°–50° to the horizontal axis of the carapace in the main part and nearly 70° near the anterior and posterior margins. Near the base of the rostrum, three to five or more ribs bend parallel to the extending direction of the rostrum and penetrate into the rostrum region (Figures 8.1d, 8.2c, 8.3c and 8.5b). Although it is difficult to accurately calculate the number of primary ribs, because of their occasional branching and poor state of preservation, it is assumed to be 30–35, including short ribs near the anteroventral corner crossing the anterior margin.

Discussion.— The newly described species, *P. naoyai* resembles other species of the genus, i.e. *P. triassica* and

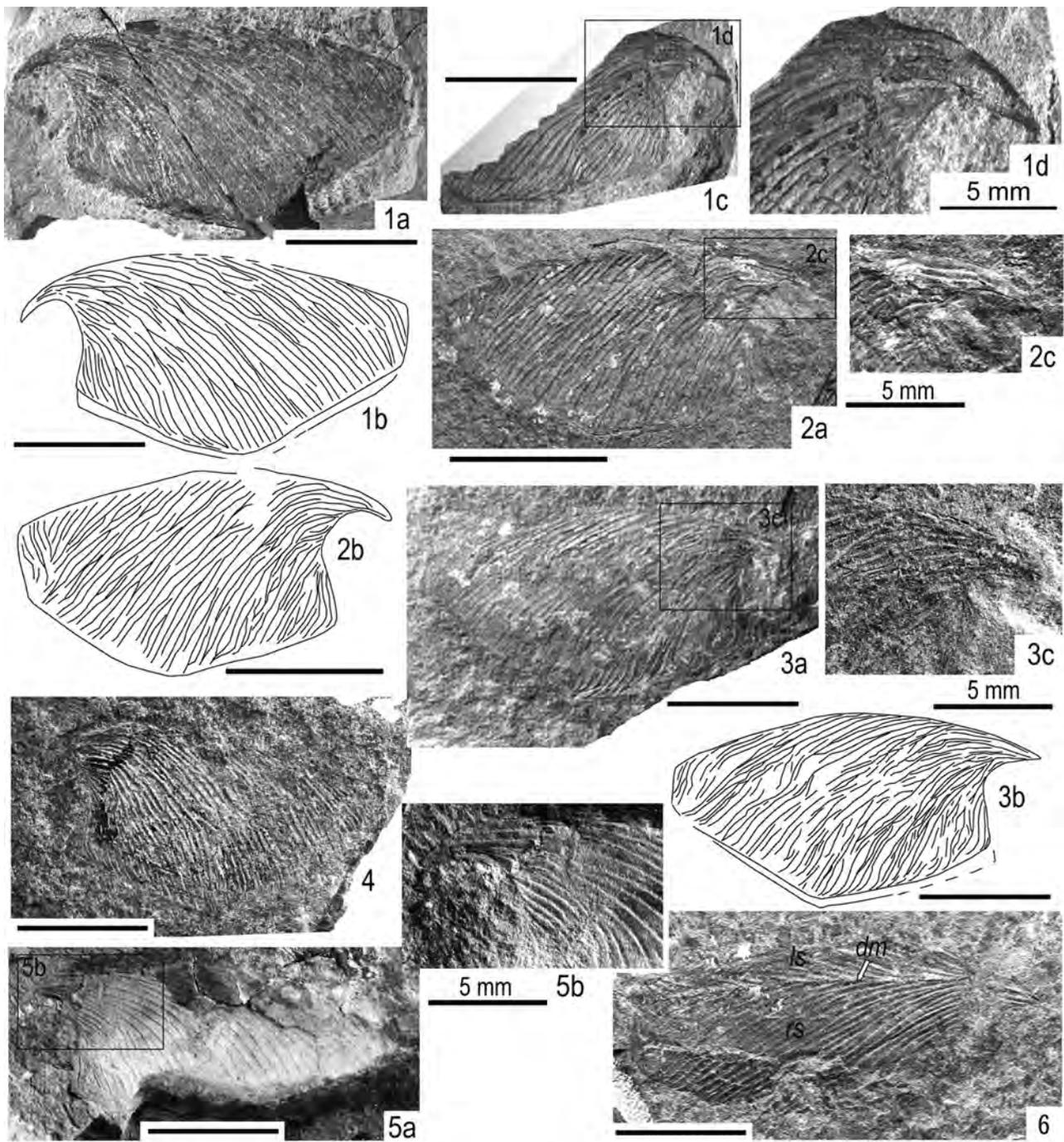


Figure 8. *Parisicaris naoyai* sp. nov., from the Osawa Formation in the South Kitakami Belt, Northeast Japan. All specimens were collected from the middle part of the formation at the Tatezaki B locality.

1, IGPS coll. cat. no. 112810 (holotype); 1a, left side view; 1b, interpretive drawing of 1a; 1c, counter part of 1a (fragmental); 1d, enlarged view of the rostrum of 1c; 2, IGPS coll. cat. no. 112814; 2a, right side view; 2b, interpretive drawing of 2a; 2c, enlarged view of the rostrum of 2a; 3, IGPS coll. cat. no. 112811; 3a, right side view; 3b, interpretive drawing of 3a; 3c, enlarged view of the rostrum of 3a; 4, UIM30625, left side view 5, IGPS coll. cat. no. 112813; 5a, outer mold of right side; 5b, enlarged view of the rostrum of 5a; 6, IGPS coll. cat. no. 112815, dorsal view. Scale bars 1 mm, unless otherwise indicated.

P. rectilineatus, in having widely spaced, oblique ribs on the carapace. However, it is clearly distinguished from the latter two in having large *Aav* (100°–114°), upwardly curved ribs and ribs penetrating into the rostrum region.

Occurrence.— From an outcrop of the middle part of the Osawa Formation (upper Olenekian) to the north of Cape Tatezaki (Tatezaki locality of Ehiro et al., 2015; Tatezaki B locality of Ehiro et al., 2019), Utatsu, Minamisanriku Town, Miyagi Prefecture, Northeast Japan.

Acknowledgments

The authors express their deep gratitude to the Educational Committee of Minamisanriku Town and Abei-Gumi Co. Ltd. for their support during fieldwork. We also thank Naoya Takahashi for providing specimens including the holotype, and the members of the Tohoku University Museum for assistance in fieldwork. Hiroshi Nishi and an anonymous reviewer provided constructive comments and suggestions that helped us to improve the manuscript.

References

- Arduini, P., 1988, *Microcaris* and *Atropicaris*, two genera of the class Thylacocephala. *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, vol. 129, p. 159–163.
- Arduini, P., 1990, Studies on Permo-Trias of Madagascar. 1. Thylacocephala from lower Trias of Madagascar. *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, vol. 131, p. 197–204.
- Arduini, P. and Brasca, A., 1984, *Atropicaris*: Nuovo genere della classe Thylacocephala. *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, vol. 125, p. 87–93.
- Arduini, P., Pinna, G. and Teruzzi, G., 1980, A new and unusual Lower Jurassic cirriped from Osteno in Lombardy: *Ostenia cypriformis* n. g. n. sp. *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, vol. 121, p. 360–370.
- Arduini, P., Pinna, G. and Teruzzi, G., 1984, *Ostenocaris* nom. nov. pro *Ostenia* Arduini, Pinna and Teruzzi, 1980. *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, vol. 125, p. 48.
- Bando, Y. and Shimoyama, S., 1974, Late Schythian ammonoids from the Kitakami Massif. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 94, p. 293–312.
- Brayard, A., Krumenacker, L.J., Botting, J.P., Jenks, J.F., Bylund, K.G., Fara, E., Vennin, E., Olivier, N., Goudemand, N., Saucède, T., Charbonnier, S., Romano, C., Doguzhaeva, L., Thuy, B., Hautmann, M., Stephen, D.A., Thomazo, C. and Escarguel, G., 2017, Unexpected Early Triassic marine ecosystem and the rise of the Modern evolutionary fauna. *Science Advances*, vol. 3, e1602159.
- Calzada, S. and Mañé, R., 1993, Primera cita de un Tilacocefalo (Crustacea) en el Ladininiense español. *Trabajos del Museo Geológico del Seminario*, vol. 224, p. 13–17.
- Charbonnier, S., Brayard, A. and the Paris Biota Team, 2019, New thylacocephalans from the early Triassic Paris Biota (Bear Lake County, Idaho, USA). *Geobios*, vol. 54, p. 37–43.
- Charbonnier, S., Teruzzi, G., Audo, D., Lasseron, M., Haug, C. and Haug, J.T., 2017, New thylacocephalans from the Cretaceous Lagerstätten of Lebanon. *Bulletin de la Société Géologique de France*, vol. 188, no. 19.
- Dalla Vecchia, F.M., 1993, Segnalazion di crostacel Nell'unita Fonte Santa (Triassico Sup.) presso Filetino (Lazio, Italia). *Gortania - Atti del Museo Friulano di Storia Naturale*, vol. 14 (1992), p. 59–69.
- Dalla Vecchia, F.M. and Muscio, G., 1990, Occurrence of Thylacocephala (Arthropoda, Crustacea) from the Upper Triassic of Carnic Prealps (N. E. Italy). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, vol. 29, p. 39–42.
- Dames, W., 1886, Ueber einige Crustaceen aus dem Kreideablagerungen des Libanon. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, vol. 38, p. 551–575.
- Ehiro, M., 2022, Latest Olenekian ammonoids from the uppermost part of the Osawa Formation (Inai Group) in the South Kitakami Belt, Northeast Japan. *Paleontological Research*, vol. 26, p. 137–157.
- Ehiro, M., Sasaki, O., Kano, H., Nemoto, J. and Kato, H., 2015, Thylacocephala (Arthropoda) from the Lower Triassic of the South Kitakami Belt, Northeast Japan. *Paleontological Research*, vol. 19, p. 269–282.
- Ehiro, M., Sasaki, O. and Kano, H., 2016, Ammonoid fauna of the upper Olenekian Osawa Formation in the Utatsu area, South Kitakami Belt, Northeast Japan. *Paleontological Research*, vol. 20, p. 90–104.
- Ehiro, M., Sasaki, O., Kano, H. and Nagase, T., 2019, Additional thylacocephalans (Arthropoda) from the Lower Triassic (upper Olenekian) Osawa Formation of the South Kitakami Belt, Northeast Japan. *Palaeoworld*, vol. 28, p. 320–333.
- Feldmann, R.M., Schweitzer, C.E., Hu, S.X., Huang, J.Y., Zhou, C.Y., Zhang, Q.Y., Wen, W., Xie, T. and Maguire, E., 2015, Spatial distribution of Crustacea and associated organisms in the Luoping Biota (Anisian, Middle Triassic), Yunnan Province, China: evidence of periodic mass kills. *Journal of Paleontology*, vol. 89, p. 1022–1037.
- Haig, D.W., Martin, S.K., Mory, A.J., McLoughlin, S., Backhouse, J., Berrell, R.W., Kear, B.P., Hall, R., Foster, C.B., Shi, G.R. and Bevana, J.C., 2015, Early Triassic (early Olenekian) life in the interior of East Gondwana: mixed marine–terrestrial biota from the Kockatea Shale, Western Australia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 417, p. 511–533.
- Hegna, T.A., Vega, F.J. and González-Rodríguez, K.A., 2014, First Mesozoic thylacocephalans (Arthropoda, ?Crustacea; Cretaceous) in the Western Hemisphere: new discoveries from the Muhi Quarry Lagerstätte. *Journal of Paleontology*, vol. 88, p. 606–616.
- Ji, C., Tintori, A., Jiang, D.Y. and Motani, R., 2017, New species of Thylacocephala (Arthropoda) from the Spathian (Lower Triassic) of Chaohu, Anhui Province of China. *PalZ*, vol. 91, p. 171–184.
- Ji, C., Tintori, A., Jiang, D., Motani, R. and Federico Confortini, F., 2021, New Thylacocephala (Crustacea) assemblage from the Spathian (Lower Triassic) of Majiashan (Chaohu, Anhui Province, South China). *Journal of Paleontology*, vol. 95, p. 305–319.
- Lange, S., Hof, C.H. J., Schram, F.R. and Steeman, A., 2001, New

- genus and species from the Cretaceous of Lebanon links the Thylacocephala to the Crustacea. *Palaeontology*, vol. 44, p. 905–912.
- Laville, T., Smith, C.P.A., Forel, M.-B., Brayard, A. and Charbonnier, S., 2021, Review of early Triassic Thylacocephala. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, vol. 127, p. 73–101.
- Pinna, G., 1974, I Crostacei della fauna Triassica di Cene in Val Seriana (Bergamo). *Atti Società italiana di Scienze naturali e del Museo civico di Storia naturale di Milano*, vol. 21, p. 7–33.
- Pinna, G., 1976, I crostacei Triassici dell'alta Valvestino (Brescia). *Natura Breaciana*, vol. 13, p. 33–42.
- Pinna, G., Arduini, P., Pesarini, C. and Teruzzi, G., 1982, Thylacocephala: una nuova classe di crostacei fossili. *Atti della Società italiana di Scienze naturali e del Museo civico di Storia naturale di Milano*, vol. 123, p. 469–482.
- Schram, F.R., 2014, Family level classification within Thylacocephala, with comments on their evolution and possible relationships. *Crustaceana*, vol. 87, p. 340–363.
- Secrétan, S., 1985, Conchyliocarida, a class of fossil crustaceans: relationships to malacostraca and postulated behavior. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, vol. 76, p. 381–389.
- Shigeta, Y., 2022, Revision of early Spathian (late Olenekian, Early Triassic) ammonoids from the Osawa Formation at Akaushi in the Motoyoshi area, South Kitakami Belt, Northeast Japan. *Paleontological Research*, vol. 26, p. 405–419.
- Teruzzi, G. and Muscio, G., 2018, Thylacocephalans from the Anisian (middle Triassic) of the Carnic Alps. *Gortania*, vol. 40, p. 49–55.
- Tintori, A., Bigi, E., Crugnola, G. and Danini, G., 1986, A new Jurassic Thylacocephala *Rugocaris indunensis* gen. n. sp. n. and its paleoecological significance. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, vol. 92, p. 239–250.

Appendix A. Measurements of *Kitakamicaris utatsuensis* Ehiro and Kato (Ehiro et al., 2015), all collected from the Olenekian Osawa Formation at the Tatezaki B locality in the Utatsu area, South Kitakami Belt, Northeast Japan. IGPS, Institute of Geology and Paleontology, Tohoku University, Sendai (Tohoku University Museum); UIM, Utatsu Ichthyosaur Museum. Dimensional abbreviations are provided in Figure 2. Rib numbers are rough estimates.

registered number	L	H	H/L	Ha	Hp	Aav	number of ribs
IGPS 111448	28.5	13.1	0.46	8.4	3?	90	48-49
111451	22.5	11.5	0.51	7.5	4.5	92	47+
111452	23.0	11.2	0.49	6.0	4?	94	50-51
111453	23.5	11.0	0.47	5.8?	3?		47-48
111454	24.0	11.2	0.47	6.5	4?		47-48
111457	32.5	12.7	0.39	9.5	4.0?	91	47+
111458	20.5	9?	0.44	6.5?	2.8		47+
111459	26.2	13.0	0.50	7.0	4.5	92	44?
111462	21.0	10.8	0.51	5.7	3?	89	54-55
111463	19.0	9.7	0.51	5.6	3?	89	47?
111464	30.3	15.2	0.50	9.0	5.8?		
111465	27.4	13.4	0.49	7.8	3.2?	88	52±
111466	35.2	15.5	0.44	10.3	4.5	90	51-52
111467	31.2	15.3	0.49	9.6	4.2	88	49
111469	22.2	10.8	0.49	7.5	2.7	87	47+
111471	21.4	10.5	0.49	7.6			
111472	28.2	12.0	0.43	6.0	3.0		
111474	29.0	15.4	0.53	7.7	4.0	91	46-47
111478	27.1	13.0	0.48	6.8	2.5	88	
111480	23.6	12.0	0.51	6.5	2.8?	87	41?
111481	18.7	8.7	0.47	5.7	2?	90	46+
111482	19.5	10.1	0.52	5.5	2?	88	43?
111486	27.0	14?	0.52	7.5		88	49-50
111487	20.3	10.0	0.49	7.2	3?	93	48+
111489	29.0	15.0	0.52	8.3	4.0	88	46-47
111490	26.8	13.2	0.49	8.0	3.7	89	44-45
112782	31.8	16.7	0.53	11.9	6.2	91	50-51
112783	37.8	17.2	0.46	9.5	6.0	92	45-48?
112784	30.5	14.8	0.49	8.5	4.5	88	46-47
112785	29.0	ca.13	0.45	ca.9.5	7.5		50
112786	30.5	15.5	0.51	8.0	5.0	87	43-44
IGPS 112787	26.0	14.0	0.54	7.0	3.0	87	
112788	26.0	12.5	0.48	7.0	3.5	93	47-48
112789	29.0	14.2	0.49	9.0	3?	89	50±
112790	31.5	15?	0.48	11.0	3.5	92	53±
112791	26.0	12.5	0.48	7.0	4.0	91	47±
112792	29.0	14.5	0.50	9.0	4.5	93	
112793	23.4	13.2	0.56	7.8	2.5?	90	49-50
112794	24.0	12.0	0.50	7.2	4.0	88	46-47
112795	24.0	12.0	0.50	8.5	3?	88	
112796	24.5	11.5	0.47	6.5	4.0	87	46-48
112797	25.2	13.5	0.54	9.0	4.2	91	45-46
112798	23.0	11.5	0.50	7.5	3.5?	92	46±
112799	29.0	12.0	0.41	6.0	3?	90	
112800	21.0	10.5	0.50	6.0	3.0	94	48±
112801	28.5	11.5	0.40	7.0	3.5	87?	52±
112802	26.0	12.7	0.49	7.0	4.0	89?	
112803	26.5	14.0	0.53	8.0?	4?	89	
112804	34.2	15.8	0.46	6.3		91	50
112805	22.5	10.6	0.47	7.3	3?	90	48-49
112806	24.5	13.2	0.45	7.8	2?	89	52
112807	23.7	12.8	0.54	7.1	4.0	89	46-47
112808	26.2	12.7	0.48	7.4	3.7	92	
112809	25.5	14.1	0.55	7.5	4?	87	45±
UIM 30604	33.5	15.2	0.45	8.7	3.7	90	46-47
30605	25.7	14.0?	0.54	9.0	3.5?	90	
30607	34.0	16.8	0.49	10.5	3.4	89	50-51
30608	20.6	9.5	0.46	5.5			
30609	21.6	11.0	0.50	6.8	3.5?	87	
30610	19.5	8.8	0.45	5.7			

Appendix B. Measurements of *Parisicaris naoyai* sp. nov. collected from the Olenekian Osawa Formation at the Tatezaki B locality in the Utatsu area, South Kitakami Belt, Northeast Japan. Rib numbers are rough estimates.

registered number	L	H	H/L	Ha	Hp	Aav	number of ribs
IGPS 112810	29.7	15.0	0.51	8.5	4.5	100	31-33
112811	28.5	14.3	0.5	8.7	3	106	29-31
112812	ca.25	13.5	0.54?	9.5	ca.4	114	
112813	ca.30			9.5		113	
112814	24.2	14.2	0.59	9.0	3.5?	102	35+
112815	32+						
112816	15+						
UIM 30625	27.0	14.5	0.51	9.8	3?	111	32

青森県山野峠遺跡出土の土器棺等の再検討

Reexamination of the jar coffin excavated from the Sannotoge site in Aomori Prefecture

鹿又 喜隆*・青木 飛楠子**・永瀬 史人***・澤田 純明****・佐伯 史子****・児玉 大成*****

* 東北大学大学院文学研究科 ** ランスタッド株式会社 *** さいたま市教育委員会
**** 新潟医療福祉大学自然人類学研究所 ***** 青森市教育委員会

○ Yoshitaka Kanomata*, Hinako Aoki**, Fumihito Nagase***, Junmei Sawada****,
Fumiko Saeki***** and Daisei Kodama*****

*Graduate School of Arts and Letters, Tohoku University, **Randstad Ltd.,
Saitama City Education Board, *Institute of Physical Anthropology, Niigata University of Health and Welfare,
*****Aomori City Education Board

Abstract: This paper summarizes the results of reorganizing excavated materials and survey records from the Sannotoge site (formerly Kugurizaka site) in Aomori City, Aomori Prefecture. Several earthenware coffin tombs were discovered at the site in 1933, and Professor Sadakichi Kita of Tohoku Imperial University conducted an excavation survey. As a result, it was revealed that there was one or two earthenware coffins inside each stone chamber made of stone slabs belonging to the late Jomon period, and that it also contained human bones. The stone chambers were arranged in rows, revealing a unique burial method. Some of the materials from the excavation were brought back to Tohoku University, but no detailed report was made after that. In this paper, we will report on the details of these materials for the first time 90 years since their excavation, and attempt to reevaluate the Sannotoge site from a modern perspective. Specific results include: (1) we were able to present various materials that Prof. Kita brought back. (2) The earthenware coffin was missing some of the fragments after the discovery, and it was in a more complete form when it was discovered. (3) The shallow bowl is most likely the pottery A shown in the sketch (Figure 1). (4) Earthenware coffins are constructed using the integrated layout method, and the construction procedure can be restored. (5) The earthenware coffin was painted red, but the lower half of the outer surface and the inner surface below the rim were not painted. (6) The minimum number of human individuals contained in the earthenware coffin was three in total, one child and two adults, and there were no gnaw marks at all, indicating that the remains were in an environment where they were less likely to be attacked by animals at the time of skeletalization. (7) Some of the human bones have been found to have a red coloration, suggesting that they were coated with red pigment during reburial. (8) Most of the stone bars are made from unprocessed natural stone.

1. はじめに

本論は青森県青森市山野峠遺跡（久栗坂遺跡）の出土品と記録の再整理の成果をまとめたものである。1933年に山野峠遺跡で土器棺墓が発見され、青森県史蹟調査委員であった佐々木新七氏に報告があった。その後、東北帝国大学の喜田貞吉氏は佐々木氏を訪問し、当遺跡の発掘調査を実施した。その結果、扁平な石材で四方および天井をめぐる小石室が6基検出された（喜田 1934a、図1：葛西 2002）。小石室の中から計12個の土器棺が出土した。これ

らの土器棺は赤彩が施され、それぞれ大きさが異なり、精粗があり、その中の3個には人骨が内包されていたが（註1）、その後、江坂輝彌氏によって再調査が行われた（江坂 1967a）。その結果、1933年発見の石棺墓と並列して、6基の石棺墓が新たに発見された。さらに、1970年と1981年に青森市教育委員会が再調査を実施し、1981年の調査で新たにもう一つの石棺墓が見つかった（青森市教育委員会 1983）。江坂氏の調査や青森市教育委員会による調査で出土した資料は詳細な報告がなされてきたが、喜田氏が東北大学に持ち帰った資料については現在まで全容が報告なされ

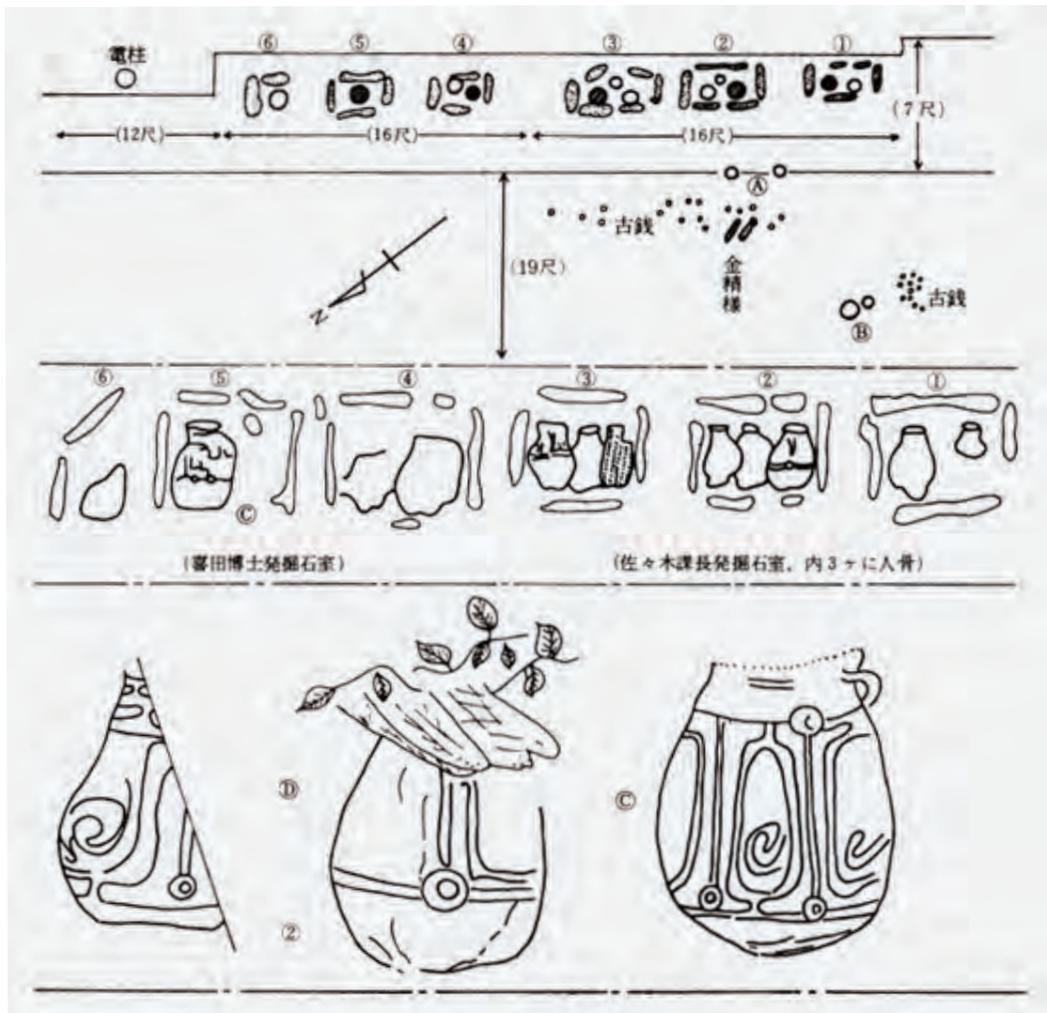


図1 山野峠遺跡調査区スケッチ（葛西 2002 より）

るに至っていない。そこで、本論では、出土品の詳細な説明と図面の提示を行うと共に、当時の写真記録を加えてその出土状況を説明したい。なお、各節の文末に文責者を括弧書きで記した。（鹿又）

2. 山野峠遺跡資料のアーカイブと土器復元作業

(1) 経緯

筆者の一人である鹿又は東北大学考古学研究室の古写真や乾板写真のデジタル化を2014年に開始した。その過程で山野峠遺跡の古写真4枚を発見し（図2～5）、未公開の写真（図2、5）が含まれていることから、その記録の重要性を意識した。その後、2015年度に鹿又は東北大学埋蔵文化財調査室に山野峠遺跡の土器棺の復元を依頼し、同室の白石浩子氏が土器棺の復元作業を担当した。復元作業は2015

年6月から開始され、2016年3月に復元が完了した。復元された土器の写真は同室の菅野智則氏によって写真撮影が進められた（図7）。2018年に執筆者の一人である青木が実測図を作成した（青木飛楠子2020『縄文時代後晩期の墓制研究—青森県山野峠遺跡出土資料を中心に—』令和元年度卒業論文）。復元された土器棺や古写真は2022年度の企画展などで使用され、活用が始まっている（鹿又2022、鹿又ほか2023）。また、土器棺について永瀬が2021年12月13日と2023年2月14日に3D化に必要な写真撮影を実施した。その後、鹿又は本学の収蔵資料を悉皆的に調査し、2023年11月に石棒と人骨が収蔵庫に保管されていることを確認した。これまで、山野峠遺跡の出土品の中から土器2点と人骨が東北大学に持ち帰られたことが述べられていた（喜田1934a、江坂1968、葛西1975、2002、2006b等）。この持ち帰られた人骨については「2人分」が甕棺に納め



図2 山野峠遺跡の発掘調査風景 1



図3 山野峠遺跡の発掘調査風景 2



図4 山野峠遺跡の発掘調査風景 3



図5 山野峠遺跡の発掘調査風景 4

られていたとの記載がある(葛西 1975)が、石棒が持ち帰られたことは上記文献には記載されていなかった。そこで、それらの遺物の写真撮影を鹿又が改めて行った。2023年12月2日に澤田が人骨の鑑定を開始し、12月26日に児玉が土器棺の赤彩状況を観察し、本報告に加えた。

(2) 写真アーカイブ

最初に古写真の記録を参考に、改めて山野峠遺跡の発見や調査の経緯を振り返りたい。今回の古写真の記録から付加された情報には下線を付している。

山野峠遺跡は青森市久栗坂字山辺に位置する。当初は久栗坂遺跡と呼称された。浅虫温泉から南西に進んだ田頭山と弁財山との間を過ぎて、山野地区に通じる坂道の峠にある。1933年11月17日に坂道の拡張工事に際して偶然発見された。当初、土器棺は道路の西側に2個、東側に2個見つけたが、鍬に当たって壊れてしまい、現在は詳細を知

ることが出来ない。11月23日に青森県史蹟調査委員であった佐々木新七氏は、土器棺が見つかった場所の背後を発掘した。その結果、扁平な石材で四方および天井を巡らした石室が3基発見された。また、最も南に位置する石室に2個、中央と北の石室にそれぞれ1個の土器棺を発見した。東北大学の喜田貞吉氏は佐々木氏を訪問し、当遺跡の発掘調査を実施した。その時の写真が図2である。調査地と思われる場所には男性15名程が居り、その周辺に少女を伴った女性2名(左端)や少年1名(右端)の姿も見える。掘り出されたと思われる不整形な扁平石が25個ほど斜面の下に集められている。調査地の傍らには木材で組まれた箱があり、資料を入れるために用意されていたと思われる。図3は、土器棺を観察する喜田氏の姿を示している。喜田氏の論考(1934a)に掲載の写真と同一である。また、この写真は、昭和8年(1933年)11月28日の河北新報に掲載された写真と同じものである(葛西 2006a)。喜田氏はいつも通りの

山高帽をかぶった和装であり、常に持ち歩いている信玄袋を携帯し、資料か手帳を手に、煙草をふかしている。この写真の土器棺の向きは、図7-dの向きと一致する。そして、現在は欠けているこの土器棺の左側の部分は、元々は欠けていなかったことが分かる。図4はこの土器が完掘された様子を示している。喜田氏(1934a)に掲載の写真は、これと同じ方向から撮影されたものである。この写真の撮影方向は図5とほぼ一緒である。やはり土器の左下の部分は残っていたことが明瞭に分かる。また、土器の内部に土壌が詰まっている様子もうかがえる。図5は土器を全て取り外して、中の土壌を残した状態である。土器の底面付近に白色の人骨が見えるが、その状態は一部碎片化しており、必ずしも保存状態が良いとは言えない。写真からは人骨の部位などは判断しがたい。

山野峠遺跡の遺物の共伴関係はミネルヴァ論争(1936年)の当事者である喜田氏の見解に大きな影響を与えていると思われ(喜田1934b追記)、当時の河北新報の記事には「久栗坂から発見されたアイヌ族の古墳」と書かれている(葛西2006a)。また、石棺に伴う石棒「金精様」と古銭(寛永、永樂銭)の共伴関係を強く意識している。人骨に関しては「腐色はしてゐたが立派に人骨が入つてゐた」と記載があり、図5の状況を物語っている。そして「歯がソックリ附着してゐる顎骨もあり、骨の咀嚼面から判断して若い人の骨だ」と記載している。この人骨を喜田氏が東北大学に持ち帰り、東北大学医学部の長谷部言人氏の鑑定を求めていると書かれている(喜田1934a)。

喜田氏の記述(1934a)では、金精様が出た所に見当をつけて鋤を入れると必ず石室を掘り当てたことから「陽石と甕とは密接の関係があるものらしい」と述べている。出土状況のスケッチをみると(図1)、図の上段のAとBは共伴する小土器である。葛西氏(2002、2006b)では、図1のA、Bに当たる土器は、当初道路の西側と東側に2個ずつ発見された甕形土器と推定されているが、それは誤りであり、以下で述べるように本論で示すこの浅鉢がAに該当する。喜田の文章では、甕形土器と小土器は明確に区別して記載されている。

喜田が指摘するように、東側の土器棺の側から石皿と石棒が一对となり、伏せた石皿の下に石棒が置かれた状態で見つまっているという。図面には石棒を示す金精様の記載があるが、石皿との関係は不明である。上段の図で斜線が入っている土器棺には人骨が内包されている。出土した全ての土器棺は朱塗りであった。

喜田が持ち帰った土器棺は図1-cにあたり、⑤の石室から出土したとされる(葛西2002、2006b)。また、下記で詳述する浅鉢はA、Bの小土器のどちらかと推定されるが、Aの土器は復元中との記載があるので、おそらくAの小土器のうちのどちらか、あるいはその両者と思われる。

本論で紹介する土器は、土器棺1点と、浅鉢1点である。

前者は上記の通り、破片の状態でも保管されていたものを、2015年度に復元修復を行ったものである。(鹿又・青木)

3. 出土遺物

(1) 土器棺(図6、7)

器高67.7cm、口径29.5cm、胴部最大径51cm(内部直径47cm)、底径25.8cmを呈する大型の壺形土器である。江坂氏(1968)が記載の法量とほぼ一致する。胎土中には径5mm以下の長石を含んでいる。色調は明褐色である。焼成は良好で、底部付近には黒斑がある。口縁部には橋状把手が付されている。底部は平底で網代圧痕(ごぎ目編み)が見られる。

土器棺は輪積み法によって形成され、粘土紐の幅はおおよそ4~6cmである。器面の調整は縦ミガキが多く、胴部下半の隆帯の下は横ミガキがなされる。底部付近になると、縦ミガキに戻る。橋状把手においても横ミガキが主体であり、一部縦ミガキをされた後に横ミガキをされた部位がある。文様の区画と区画の間は縦ミガキであるが、口縁と底部には横ナデがみられる。

口縁部と頸部には横に走る沈線が引かれ、その間を縦位の沈線で繋ぎ、内部に竹管による刺突文が施される。5つの橋状把手を繋ぐ隆帯の内側はクランク状の沈線文が描かれる。胴部の文様は5単位であり、各単位内では上下で文様が異なる。上部の文様は弓状の沈線文であり、下部の文様は変形渦巻文である。粘土紐で隆帯を付けた後、その両脇を沈線で囲んでいる。それぞれの隆帯が交差する点には、円形の貼付文が付けられ、中心には竹管による刺突文が施される。単位と単位を区切る隆帯の中央には、沈線が施される。

把手下部の舌状の隆帯と、胴中央の円形の貼付文は、指で押して付けられている。沈線には重なる部分があり、少なくとも1度引いた沈線の上に再度沈線を引いている。

5単位の文様はほぼ同じであるが、細部で違いがみられる。その1つは、それぞれの面で描かれる文様の順番である。また、上部の区画の中央にある縦に走る2本の沈線を結ぶ線にも違いがあり、S字状に繋ぐものと、横向きの弧線で繋ぐものがある。縦に走る2本の沈線を挟む弓状の沈線文は、片側に2本施される面と、1本のみ施される面がある。区画と頸部の文様を繋ぐ隆帯上、区画と胴下部を繋ぐ隆帯上、口縁部と頸部の間に施される刺突文の数は、3つの場合と4つの場合がある。また、頸部に施される舌状の隆帯も施されていない面が1つある。

内面は口縁部から底部付近まで横ミガキが施される。内面の底部付近は主に横ナデ調整である。

胎土に含まれる混和材は、彩色やミガキの影響で分かり難い部分が多いが、内面の底部を見ると、直径1mm未満の石英や角閃石などの反射鉱物が認められる。(青木)

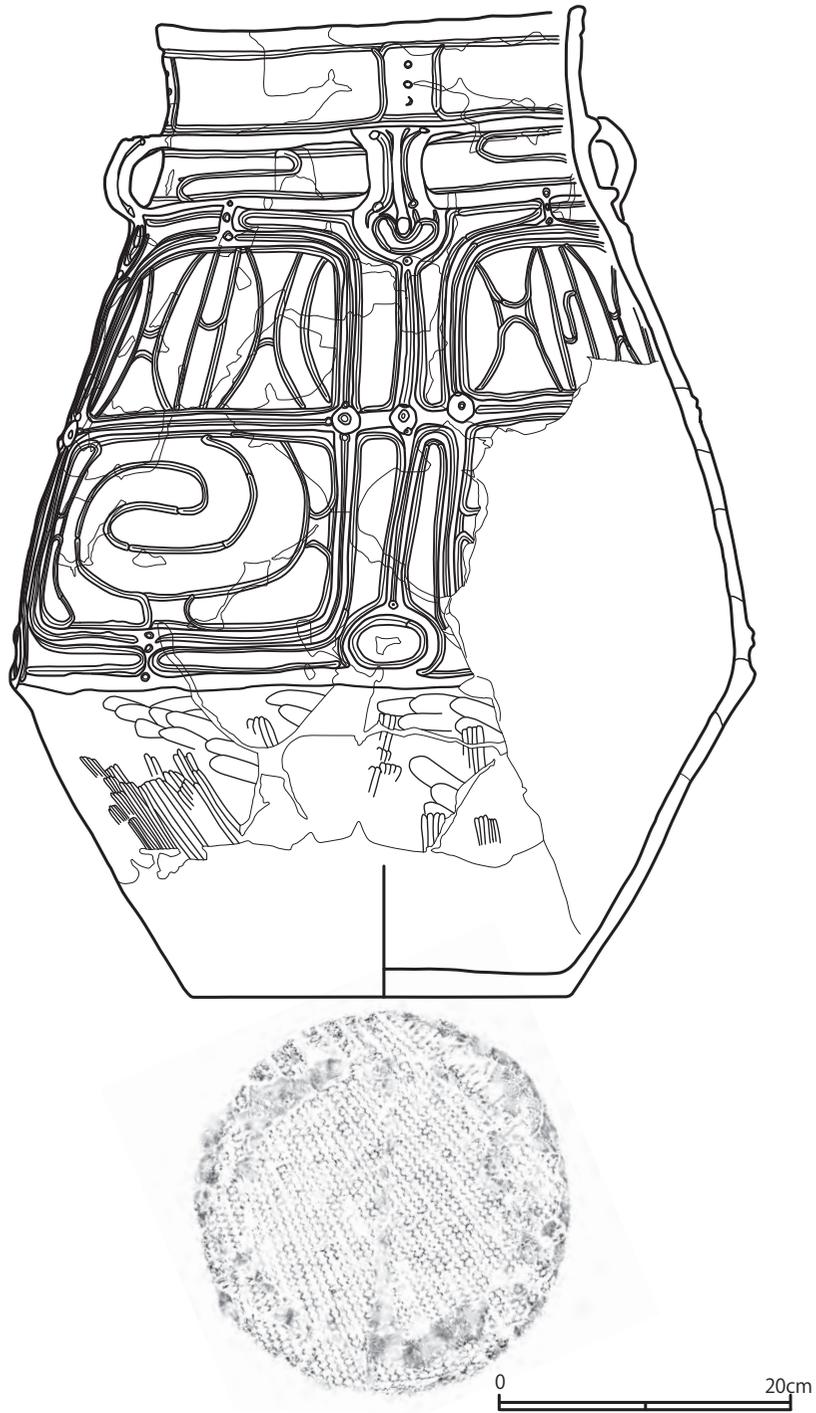


図6 山野峠遺跡出土土器棺



图7 山野峠遺跡出土土器棺

(2) 浅鉢 (図 8、図 9-1, 2)

破片で出土したものであるが、全体の形状をある程度復元できる。器高 8.5cm、口径 22cm を呈する浅鉢である。現状は 4 つに分かれているが、同一個体と考えられる。胎土中には径 1mm 未満の石英や長石、角閃石がわずかに含まれる。色調は主に茶褐色から明黄褐色で、焼成は良好である。4 単位の文様で構成され、口縁部に 2 箇所突帯が付されていたと考えられるが、うち 1 個しか残存していない。文様は連携コ字状文であり、縄文のない部分と縄文のある部分は交互になる。単節 RL 縄文が施された後に線刻され、区画内の縄文が磨り消される。連携コ字状文の内側には舌弧文が施される。器面は、沈線によって区画された部分ごとにミガキの方向を変えており、横長の部分には横方向に、縦長の部分には縦方向にミガキが施される。内面は横ナデの後、横ミガキがなされる。(青木)

(3) 石器 (図 9-3 ~ 7)

図 9-3 は長さ 135.3mm、幅 39.1mm、厚さ 37.3mm、重さ 321.80g、断面三角形の棒状礫であり、下半が折れている。明確な擦痕や敲打痕は認められない。細粒砂岩。

図 9-4 は長さ 98.1mm、幅 49.7mm、厚さ 33.3mm、重さ 219.29g の繭状の自然礫。明確な擦痕や敲打痕は認められない。溶結凝灰岩。

図 9-5 は長さ 137.2mm、幅 39.5mm、厚さ 23.4mm、重さ 169.13g の棒状の自然礫である。明確な擦痕や敲打痕はないが、表面は広く摩滅を帯び、光沢が見られる。細粒砂岩。

図 9-6 は長さ 195mm、幅 47.6mm、厚さ 31.2mm、重さ 447.76g である。棒状の自然石の正面に 2 ヶ所、裏面に 1 ヶ所の窪みがあり、細身であるため、通常の凹石とは異なる。3 ヶ所を対象物にぶつけるような動きで、つまり叩き石と同様な保持法で使用されたと考えられる。通常の叩き石よりも、窪みの剥離が大きく、窪みから剥離痕が生じている部分もある。したがって、岩石のような硬い物体を叩くのに使われたと推定される。以下に記すように、喜田氏 (1934a) が述べる亀頭形を刻したものであるかもしれない。細粒砂岩製。

図 9-7 は長さ 121.4mm、幅 25.6mm、厚さ 24.9mm、重さ 101.75g の不整形な棒状礫である。加工痕が認められない。細粒砂岩。

以上、棒状の礫および礫石器、合わせて 5 点がある。これらが喜田氏 (1934a) が記した陽石や金精様と予想され、東北大学に持ち込まれた浅鉢が図 1 の A であれば、それに隣接する図 1 の金精様に該当する資料を含んでいる可能性がある。喜田氏の記載には、「自然石及び之に加工した陽石」とあり、その構成は一致する。また、「今も現に同縣上北郡野邊地町字石神なる道祖神に供へてあるものと同様なもの」とあり、決してご本尊となる大型石棒ではなく、小型のもの (供え物) であることを推測させる。そして、「明らかに

亀頭形を刻したもの」の「其の一個は両端に亀頭を刻してゐる」と書かれており、図 9-6 を示す可能性が高い。さらに、「長さ三四寸から五六寸に達する」とあり、図 9-3 ~ 7 のサイズと一致する。スケッチには「金精様は大小合わせて 3 ヶ」と注記があるが (葛西 2002、2006b)、収蔵資料は 5 点である。小型の 2 点は金精様には数えられなかったのかもしれない。(鹿又)

4. 3D データとオルソ画像の作成

使用機材は、OM デジタルソリューションズ社製のコンパクトデジタルカメラ、「Tough TG-6」を用いた。当カメラは一画レフのカメラと比べて小型軽量であり、様々なアングルからの撮影が必要な縄文土器の立体的な装飾や、なるべく短時間で大量の写真を撮影する際に適しているといえる。今回は、撮影モードを「顕微鏡モード」として、土器棺の内外面、及び底部をなるべく近接した距離かつ写真同士のオーバーラップを取って計 1106 枚撮影した。

3D データの作成は、Agisoft 社製の「Metashape 2.0.3」を用いた。当ソフトは、撮影した遺構・遺物写真を三次元化する作業において広く普及しており、オルソ画像の作成や 3D データの活用において既に有効なツールとなっている。

3D データとオルソ画像の作成に際しては、横山真、千葉史 (株式会社ラング) 両氏の協力を得た。作成は次の手順で行った。①写真のアライメント「精度：高」→②ポイントクラウド構築 (品質：最高) →③メッシュ構築 (ポリゴン数：高) →④テクスチャー構築 (テクスチャーサイズ 16384 × 1) によって得られたデータであり、これを基にしてオルソ画像を抽出している。

オルソ画像は、土器棺の頸部に付されている橋状把手の位置を中心軸として、側面図計 5 点、上面、底面各 1 点のほか、全体の文様構成が把握できるように円筒展開図を作成した (図 10・11)。

表現方法は、通常のテクスチャーよりも画像が鮮明な PEAKIT を採用した (横山・千葉 2017、横山 2018)。これにより、胴部文様や底部圧痕の詳細は、2 次元上においてもより明瞭に把握することができる (角度を表示した図のみ、テクスチャーを使用)。

文様構成や表現手法については第 3 項で既に述べられているが、土器を多面的に可視化した際に認識された製作上の特徴を追記として述べておきたい。

当資料は、上面図で確認されるように、頸部に 5 単位の橋状把手が付されている。頸部以下に付されている隆帯区画文はこの把手を基点として施されていることから、土器製作上においては把手を付加した後に胴部文様が施文されたとみられる。付されている把手間の角度を計測すると、把手 a を 0° とした場合、把手 b との間がちょうど 70°、把手 b - 把手 c 間が同じく 70°、把手 c - 把手 d 間が 65°、把

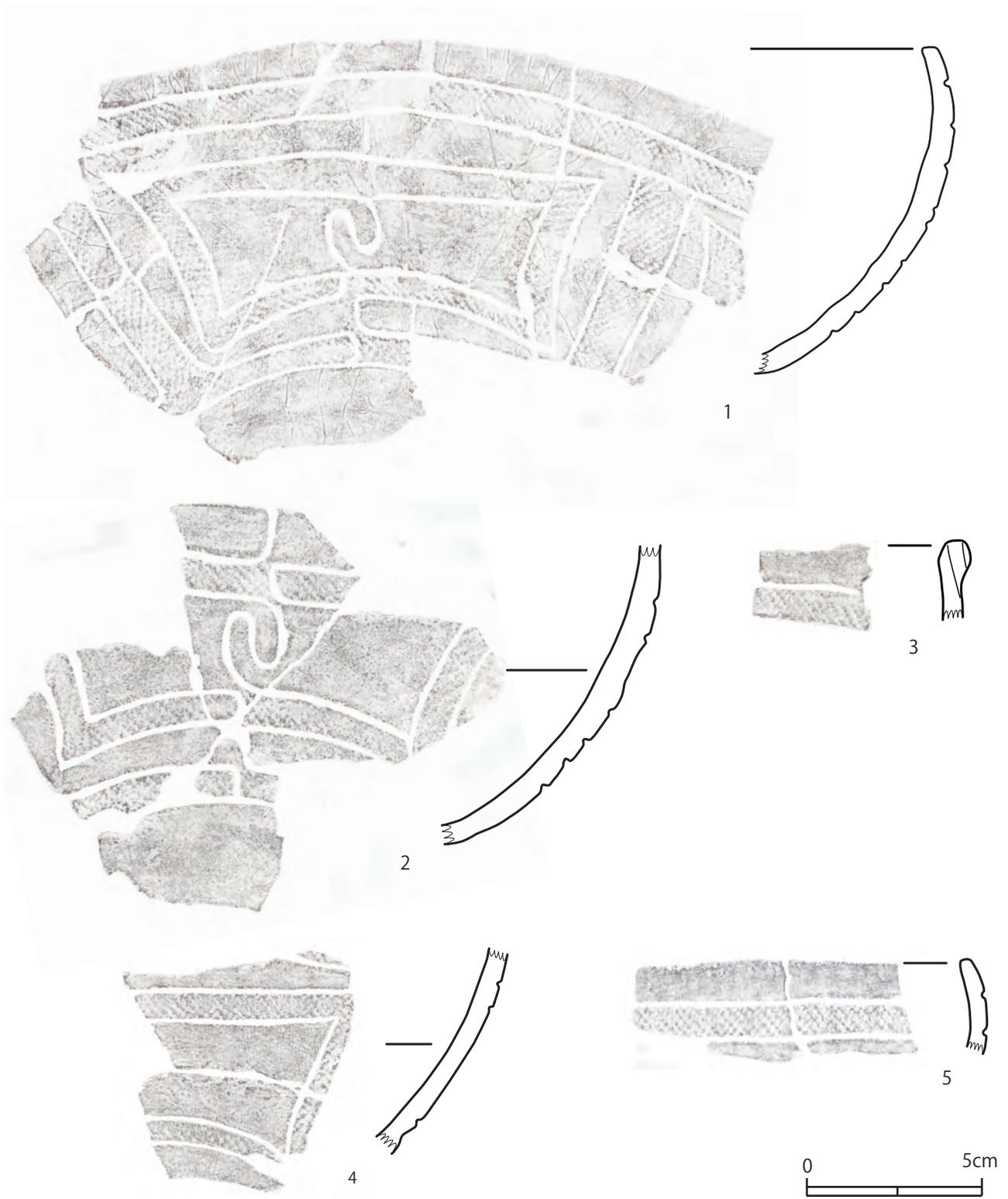


図8 山野峠遺跡出土浅鉢

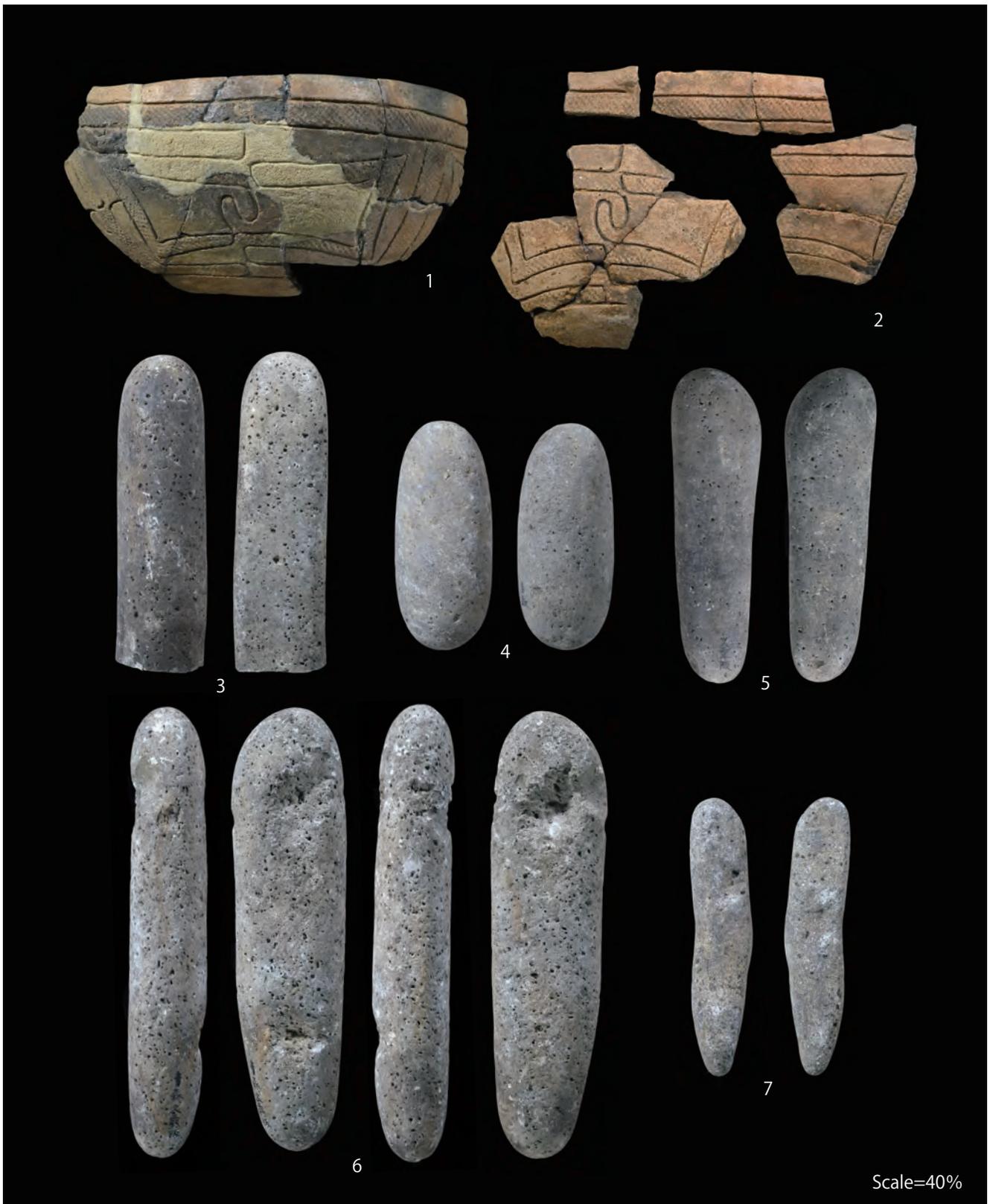


図9 山野峠遺跡出土資料

手d-把手e間が70°、把手e-把手a間が85°となる。aからd間までが正確に70°で誤差も5°程度であるのに対し、eからa間のみが85°と角度がずれており、円筒展開図からも間隔の広さが確認される。おそらく、 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e$ 、あるいはその逆の $e \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ の順に把手が裝飾され、はじめはほぼ等間隔に付加することができたが、最後の把手を付加した段階で結果的に70°の間隔から逸脱したものと推測される。

縄文土器の施文過程については、あらかじめ幾つかに分割してから施文する「分割型割付法」と、そうでなく場当たりの施文を開始する「集積型割付法」の主に2パターンがあるとされる(鈴木1968)。当土器棺は、橋状把手のような、俯瞰しながら均等に割り付けることが可能な裝飾であるにもかかわらず、一部の間隔のみが異角度であることから、均等に把手を配置することを意識しつつも「集積型割付法」によって製作された可能性がある。縄文後期以降、口縁部文様の単位数が5単位以上に増加することが指摘されている(中村2008)が、こうした事例も同様の手法によって造形、施文されているように思われる。桜井準也氏は、俯瞰しながら製作することが可能な縄文晩期大洞式の小型壺形土器でさえ、「集積型割付法」によって文様が施文される例が多いことを指摘しており(桜井2006)、少なくとも縄文時代後晩期においては通常の施文手法といえよう。(永瀬)

5. 土器棺の赤彩状況

図12①は、肉眼での赤色顔料の範囲を示した観察図で、赤い部分は明らかに赤色顔料とわかる範囲、ピンクの部分は赤色顔料の痕跡として観察される範囲である。外面では、濃い赤色顔料の範囲が橋状把手付近や方形区画文(図12②)等に観察されるが、赤色顔料が薄い範囲や器面に生じた微細なクラックに顔料が残存する範囲(図12③)により、口縁部~胴下部(最張部)の横位の隆帯付近(図12④)まで全体的に赤色顔料が塗布されていることがわかる。内面では、口縁部の一部で器面ピットに赤色顔料が残存する範囲(図12⑤)が観察されることから、当時は口縁部を赤彩していたものと思われる。赤色顔料の色調は、『標準土色帖』の赤色(7.5 R4/8)に近い。

山野峠遺跡出土の現存する土器棺は6点あり、『再葬土器棺墓の研究』(葛西2002)で示されたNo.1が当該土器棺で、No.2~6が青森市教育委員会所蔵となっている。これらのうち、赤彩された土器棺は、No.1・2・5・6の4点で、いずれも土器の焼成後に赤色顔料を塗布したものである。(児玉)

6. 人骨

複数個体分の人骨を認めたものの、完形の骨は少数の手足の骨のみで、頭骨や四肢長骨は断片的であり、形態学的

検討に基づく個体識別は困難であった。それゆえ、肉眼観察によりペアリングを試みた同一部位の左右の骨を除き、各人骨の帰属個体の追求は保留し、部位同定、残存状態の確認、年齢推定、性別判定、計測、傷病変の有無を検討し、人類学的所見を得るにとどめた。計測はマルチンの方法(馬場1991)に従った。

以下、部位別に各人骨の所見を記載する。人骨の名称は『解剖学用語』(解剖学用語編集委員会2007)に準拠し、同一部位の骨が複数存在する場合は、骨名の後に小文字アルファベットを付して区別した(例:右大腿骨a、右大腿骨b)。部位を同定できた人骨を図13に示した(肋骨を除く)。幼児ないし小児と推定した前頭骨1点を除き、全て成人段階の骨である。傷病変については、特に認めた場合のみ記載した。

(1) 頭骨

前頭骨(図13-1):前頭骨の断片。厚さが2~3mmと薄く、幼児ないし小児と推定した。

頭頂骨(図13-2):左右不明の小片で、左右は不明。厚さは7~8mmで、成人と思われた。

下顎骨(図13-3a・3b):左側の大白歯部から下顎枝の下半にかけて残存する。第1・第2大白歯が植立し、第3大白歯は歯槽の底部に死後破損した歯根の断端が残るのみである。第3大白歯の歯根形成が完了しており、成人であることは間違いない。歯の咬耗度について、第1大白歯では象牙質が点状に露出していることからMolnarの3度、第2大白歯では咬耗がエナメル質のみにとどまっていることからMolnarの2度に比定された。縄文時代の成人としては咬耗が軽度であり、壮年段階と思われる。下顎角周辺の筋附着部の発達が弱く、女性的である。齲蝕や歯周炎は見当たらない。第1大白歯に2条、第2大白歯に1条のエナメル質減形成を認めた。

(2) 体幹の骨

環椎(図13-4):両側の外側塊と前弓、および後弓の左半が残存する。赤彩あり。

軸椎(図13-5):椎体と右の関節部、および椎弓が残存する。

胸椎の椎弓(図13-6):順位不明胸椎の椎弓片と右の横突起である。

胸椎a(図13-7):中位胸椎の椎体。

胸椎b(図13-8):下位の胸椎で、椎体の左側の一部を破損するが、概ね全体が残存する。

腰椎a(図13-9):ほぼ完形。加齢性の骨棘はみられない。赤彩あり。

腰椎b(図13-10):椎体のみが残存する。加齢性の骨棘はみられない。赤彩あり。

肋骨:右第1肋骨1点を含む右肋骨片6点、左肋骨片5点、左右不明の肋骨片14点を認めた。左肋骨1点と左右不明肋

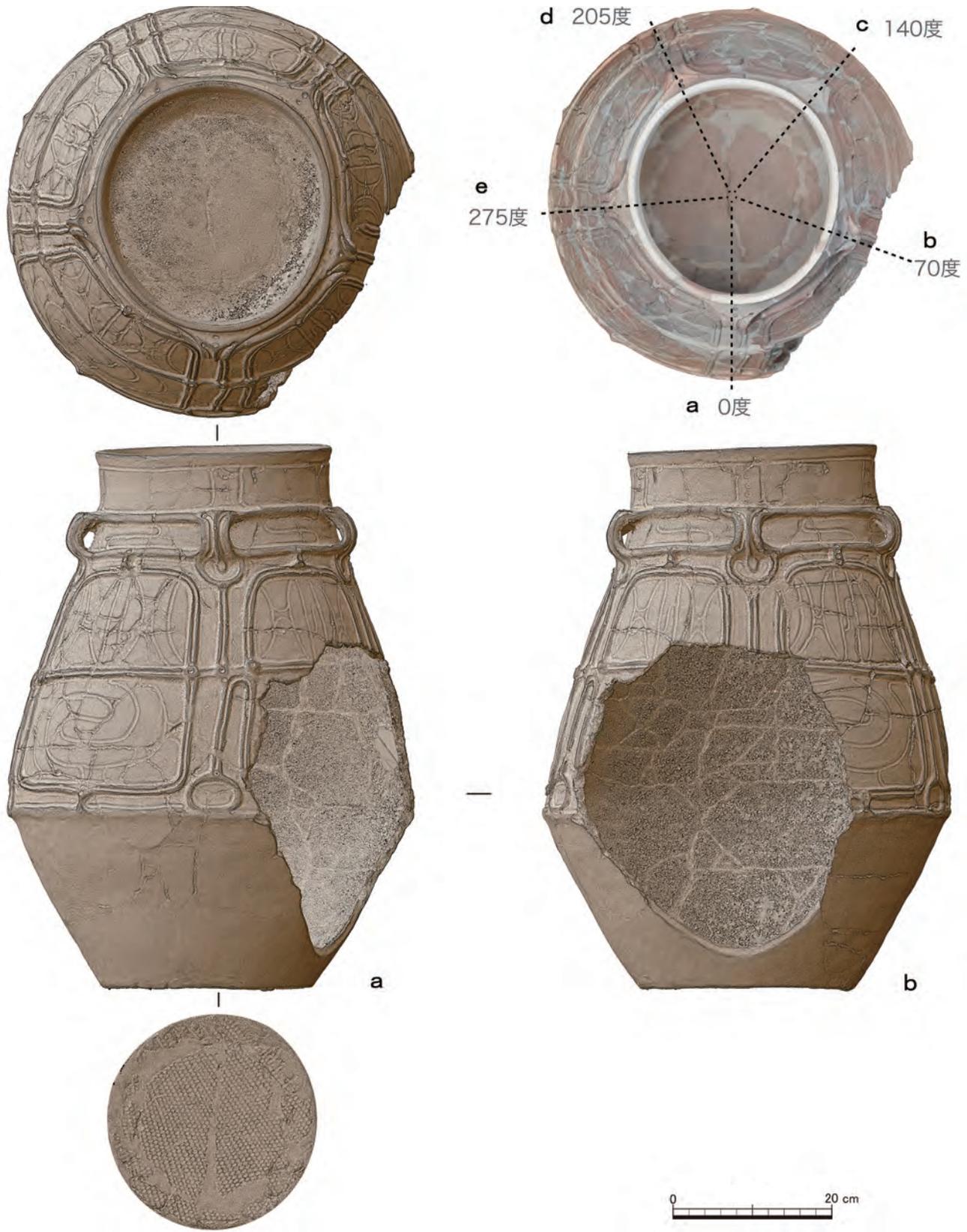


図10 山野峠遺跡出土の土器棺の3Dデータオルソ画像



<円筒展開図>

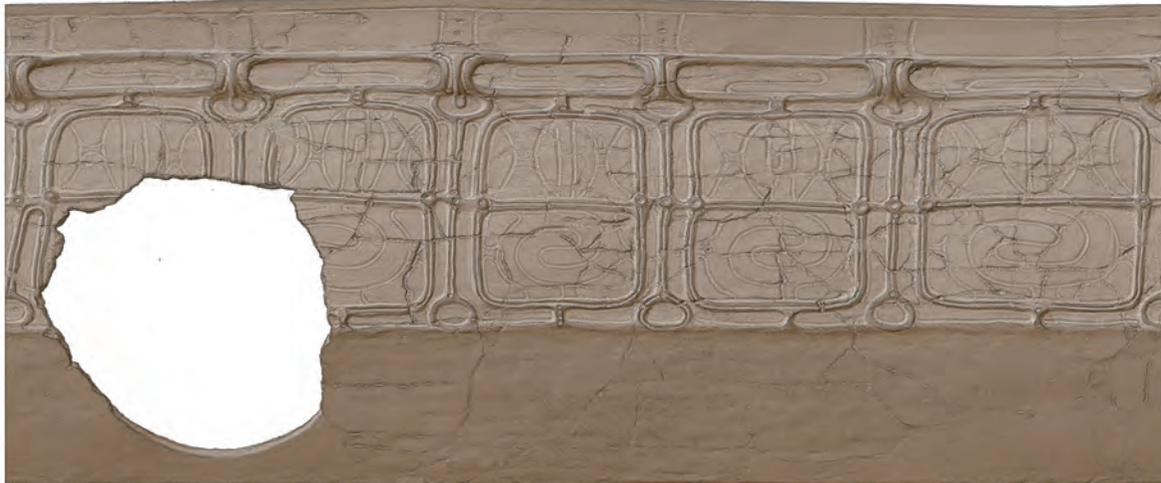
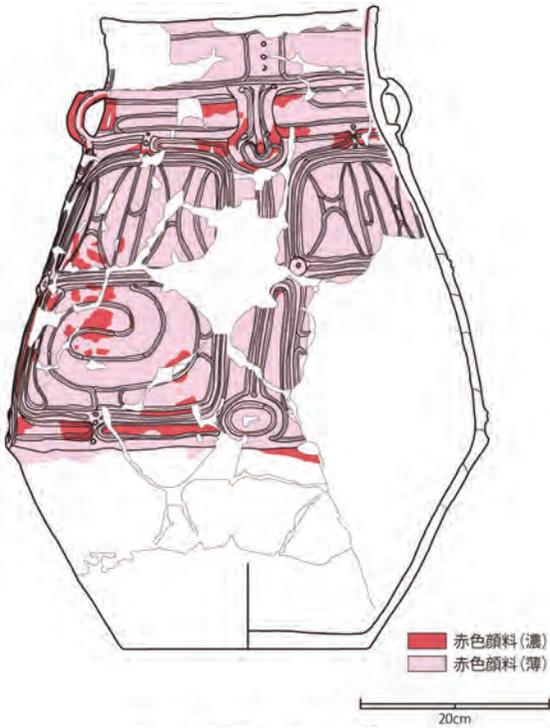
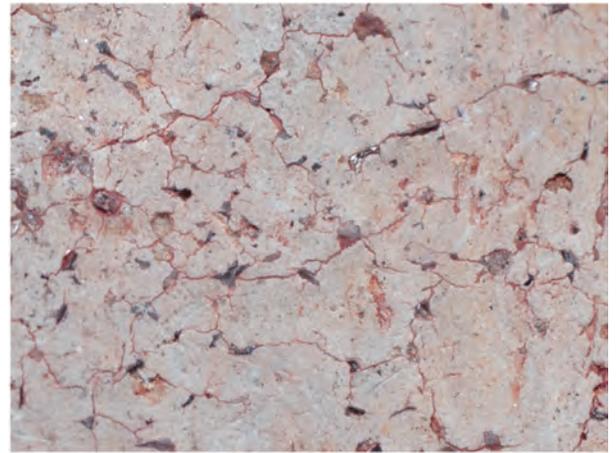


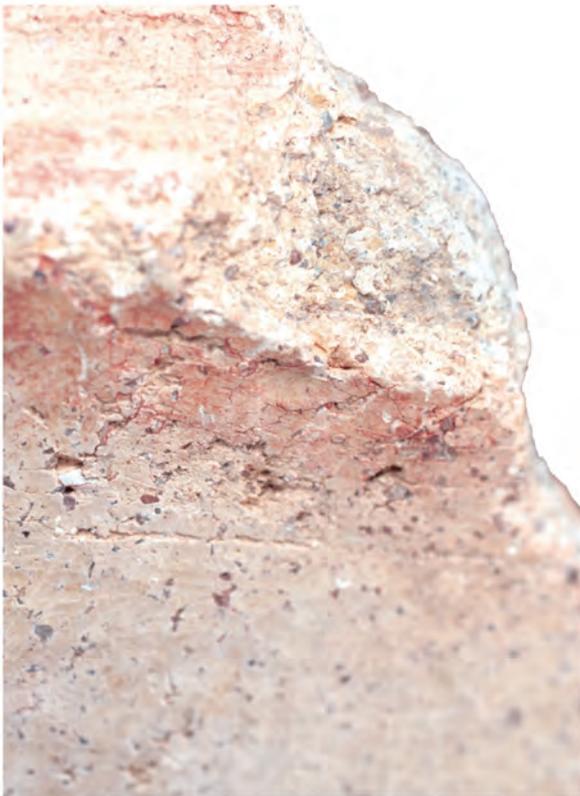
図 11 山野峠遺跡出土の土器棺の 3D データオルソ画像と展開図



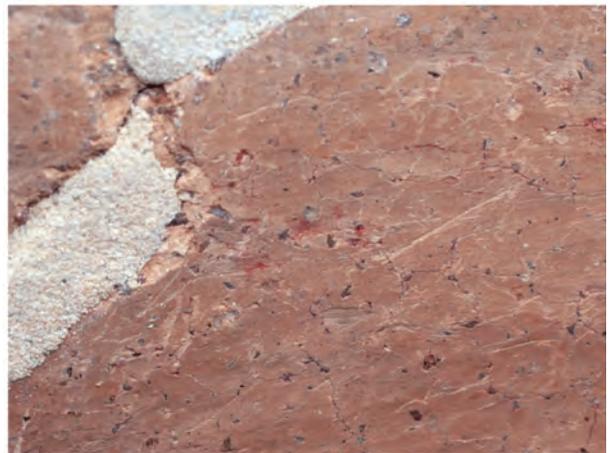
② 方形区画文内外に観察される赤色顔料



③ 器面クラックに残存する赤色顔料



④ 胴下部の隆帯付近に観察される赤色顔料



⑤ 口縁部内面の器面ピットに残存する赤色顔料

図 12 山野峠遺跡出土土器棺の赤彩状況

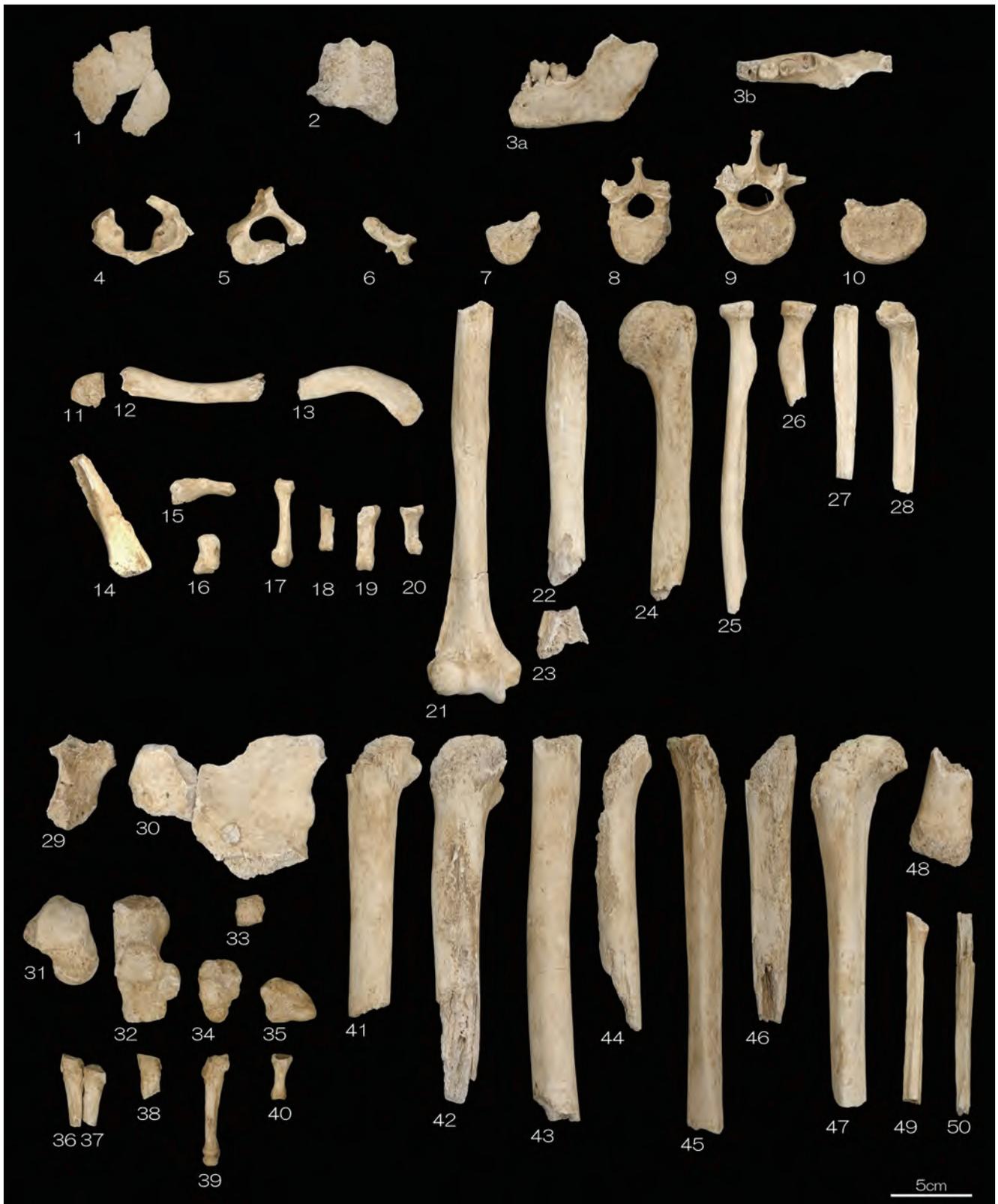


图 13 山野峠遺跡出土人骨

骨片 2 点に赤彩あり。

(3) 上肢の骨

右鎖骨 a (図 13-11)：肩峰端の断片。赤彩あり。

右鎖骨 b (図 13-12)：両骨端を欠く骨幹部が残存する。赤彩あり。右鎖骨 b と残存部位が重複せず、骨体の大きさが類似することから、両者は同一の骨の可能性はある。

左鎖骨 (図 13-13)：骨幹部から肩峰端にかけて残存する。

右肩甲骨 (図 13-14)：外側縁の断片。

左肩甲骨 (図 13-15)：烏口突起の断片。

右上腕骨 a (図 13-21)：骨幹部から遠位端にかけて残存する。三角筋粗面がやや発達する。肘頭窩に滑車上孔は開存しない。骨体最小周(マルチン番号 7)は 61mm。赤彩あり。

右上腕骨 b (図 13-22)：骨幹部のみが残存する。三角筋粗面がやや発達する。

右上腕骨 c (図 13-23)：骨幹遠位部の断片。右上腕骨 a は残存部位が重複するので別個体。右上腕骨 b とは残存部位が重複せず、骨体の大きさが類似することから、同一の骨の可能性はある。

左上腕骨 (図 13-24)：近位端から骨幹部にかけて残存する。三角筋粗面がやや発達する。右上腕骨 a・b と対称的な形状であり、いずれかと同一個体であっても不自然ではない。骨体の保存状態は、どちらかといえば b に類似する。赤彩あり。

右橈骨 (図 13-25)：近位端から骨幹部にかけて残存する。やや華奢な印象を受ける。骨体最小周(マルチン番号 3)は 41mm。

左橈骨 (図 13-26)：近位端から橈骨粗面にかけて残存する。右橈骨に比べてやや頑丈であり、両者は別個体に帰属するものと思われた。

右尺骨 (図 13-27)：骨幹中央部が残存する。

左尺骨 (図 13-28)：鈎状突起から骨幹中央部にかけて残存する。赤彩あり。

左有頭骨 (図 13-16)：完形。手根骨で確認できたのはこの 1 点のみである。

左第 5 中手骨 (図 13-17)：完形。

手の基節骨 a・b・c (図 13-18・19・20)：基節骨 a は近位端を欠損、b と c はほぼ完形である。

(4) 下肢の骨

右寛骨 (坐骨) (図 13-29)：坐骨の断片。

左寛骨 (腸骨) (図 13-30)：腸骨体および腸骨翼から寛骨臼の上半にかけて残存する。Y 字軟骨が消失して寛骨臼の形成は完了している。耳状面の保存状態は不良で、耳状面の形状の評価に基づく年齢推定は困難であった。大坐骨切痕と耳状面前溝が破損しており、性別は判定できない。

右大腿骨 a (図 13-41)：小転子を含む骨幹近位部。粗線部が発達して後方に突出し、柱状大腿骨の様相を呈する。

右大腿骨 b (図 13-42)：小転子を含む骨幹近位部から中央部にかけて残存する。保存状態は不良で、骨表面の様相は不明瞭。

左大腿骨 a (図 13-43)：両骨端を欠く骨幹部。粗線部が発達して後方に突出し、柱状大腿骨の様相を呈する。骨体中央矢状径(マルチン番号 6)は 30mm、骨体中央横径(7)は 26mm、骨体中央周(8)は 88mm、骨体中央断面示数(6/7)は 115.4。右大腿骨 a と対称的な形状で、保存状態も類似していることから、両者は同一個体に帰属するものと思われた。

左大腿骨 b (図 13-44)：骨幹近位部から中央部にわたる断片で、保存状態は不良。右大腿骨 b と対称的な形状で、保存状態も類似していることから、両者は同一個体に帰属するものと思われた。

右脛骨 a (図 13-45)：両骨端を欠く骨幹部。骨体最小周(マルチン番号 10b)は 73mm。骨表面に軽度の骨膜炎と思われる縦状線紋が認められた。

右脛骨 b (図 13-46)：骨幹近位部から中央部にかけて残存する。保存状態は不良。骨表面に軽度の骨膜炎と思われる縦状線紋が認められた。

左脛骨 a (図 13-47)：外側顆から骨幹中央部にかけて残存する。骨体は頑丈であり、男性的である。骨表面に軽度の骨膜炎と思われる縦状線紋が認められた。

左脛骨 b (図 13-48)：遠位部の断片。左脛骨 a と残存部位が重複せず、骨体の大きさが類似することから、両者は同一の骨の可能性はある。

右腓骨 (図 13-49)：骨幹近位部から中央部にかけて残存する。骨幹部の内・外側面に骨体長軸方向に伸びる凹みがあり、槌状腓骨の様相を呈する。

左腓骨 (図 13-50)：骨幹中央部から遠位部にかけて残存する。右腓骨と同じく槌状腓骨である。

右距骨・右踵骨・右中間楔状骨・左舟状骨・左内側楔状骨 (図 13-31・32・33・34・35)：いずれの足根骨も完形である。右距骨に内果面の前方延長(蹲踞面)が認められた。

右第 4・第 3 中足骨 (図 13-36・37)：いずれも遠位端を欠損する。解剖学的に自然に関節することから、両者は同一個体に帰属するものと思われた。

右第 3 中足骨 (図 13-38)：近位端を含む断片。

左第 4 中足骨 (図 13-39)：完形。

足の基節骨 (図 13-40)：完形。赤彩あり。

(5) 小結

部位を同定し得た人骨は上述の 75 点で、その他に部位不明の小片が十数点確認された。最小個体数は小児 1、成人 2 の計 3 体であるが、各人骨の個体識別は困難であり、人骨群が 3 体以上からなる可能性は否定できない。断片的な人骨が多いが、柱状大腿骨や槌状腓骨、蹲踞面を有する距骨など、縄文時代人骨に多く現れる形態学的特徴 (cf. 山口

1982) が散見された。また、12点の人骨に赤色顔料の付着を認めた。なお、骨表面には齧歯類の齧痕が全くみられなかった。これは、白骨化した遺体が動物の侵襲を受けにくい環境にあった(例えば、土中に埋められた状態にあった)ことを示唆する傍証といえるかもしれない(澤田ほか 2013・2014)。(澤田・佐伯)

7. 出土遺物の編年的評価

山野峠遺跡の土器棺は、1933年に喜田貞吉氏が峠道の東側斜面を調査した際に、6基の石室内から併せて12個体が出土したとされる(江坂 1967a、葛西 1975)。このうち、所在が確認できるものは当資料1個体(図6、7)のほかに、青森市教育委員会が1970年の再調査時に喜田氏が調査したとみられる石室の近辺で回収した4個体がある。加えて、江坂輝彌氏が1967年に調査した西側斜面の石棺墓群南西端の列外で発見された破片(江坂 1967a)と1970年の調査で青森市教育委員会により回収された破片(葛西 1975)を接合した狩猟文を有する土器棺1個体が同教育委員会に保管されている。なお、慶応義塾大学には山野峠遺跡出土とされる後期前葉十腰内Ⅰ式の壺形土器が1個体保管されているが、1967年の調査で江坂氏が持ち帰った土器棺は上記の狩猟文土器であることから、出土地点については明確ではない。

葛西氏は、当資料を含む現存する6個体の土器棺を、当初、文様構成によってa類(文様が隆起帯によって構成されるもの)、b類(文様が沈線文によって構成されるもの)、c類(磨消縄文手法の見られるもの)の3類に分類し、a類は山野峠遺跡出土のもので最も古い土器棺、b類は青森県内では最も多いタイプ(「堀合式甕棺」)でa類に後続するもの、c類は十腰内第1群の後半期大湯式土器に伴出するもの、としてそれぞれに時間的な差異があると指摘した(葛西 1975)。本資料は、連結沈線文による渦巻文や方形文、コ字状文の主要文様が大柄に描かれる特徴からこの内のb類に分類されている。その後、葛西氏は『再葬土器棺墓の研究』を著して、青森県内をはじめ、北東北から北海道の土器棺出土事例を集成し、先のa類を後期初頭の「牛ヶ沢(3)式期」、c類を後期初頭の「蛭沢Ⅱ期」に位置づけている(葛西 2002)。b類は図化されなかったためか、時間的な位置づけが不明であるが、葛西氏が提示した土器棺の編年案では、c類と同じく「蛭沢Ⅱ期」が特徴的にもっとも近いようである(葛西 2002)。浅鉢(図8、9-1、2)も同様に、主要文様がコ字状文であり、それが大柄に描かれることから「蛭沢Ⅱ期」に近いといえる。

北東北における縄文時代中期末葉から後期前葉にかけての土器編年研究は、地域差や系統差に対する捉え方の違いから様々な見解が提起されている(千葉・高山 2018)(表1)。

表1に示したように、「蛭沢Ⅰ期」、「蛭沢Ⅱ期」(葛西

2002・2005)、「沖附(2)式」、「弥栄平式」(成田 2002)として細分化されていた後期初頭の時期は、『青森県史』の編年では「2期(後期初頭新段階)」(児玉 2013)、『総覧縄文土器』の編年では「十腰内第Ⅱ様式」(榎本 2008)、成田編年(1981)、本間編年(1987・1988)では「蛭沢式」として一つの段階に包括されている。

以上のことを踏まえると、当土器棺と浅鉢は、現時点においては青森県史編年の「2期」(児玉 2013)、総覧縄文土器編年の「十腰内第Ⅱ様式」(榎本 2008)、あるいは「蛭沢式」(成田 1981、本間 1987・1988)に位置づけられるが、当該期の土器編年については、従来からの課題である地域差や系統差のほか、遺跡差などの微視的な視点も視野に今後も検討を続けていく必要があるだろう。(永瀬・青木)

8. まとめ

本研究によって未報告であった東北大学所蔵の山野峠遺跡出土品とその記録について公開することができた。資料に関する分析や考察は、喜田貞吉氏が発掘した約90年前とは格段の進歩があり、現代的評価を行うことができた。特に当時の発見状況と現存する資料の状況の対応関係を示すことができた点は本論の主たる成果である。

具体的な成果として、①喜田氏が持ち帰った各種の資料を提示できた。②土器棺は発見時の破片を一部欠いており、発見時はより完形に近かった。③浅鉢はスケッチ(図1)に示されたAの土器の可能性が高い。④土器棺は集積型割付法によって施文され、施文手順を復元できる。⑤土器棺には赤彩が塗布されたが、体部下半には塗布されなかった。⑥土器棺に含まれていたと推定される人骨は最小個体数で小児1(前頭骨1点のみ)、成人2の計3体である。⑦人骨には齧痕が全く見られず、白骨化時に遺体が動物の侵襲を受けにくい環境にあったことを示す。⑧人骨の幾つかには部分的な赤彩が確認され、再葬にあたっての赤色顔料の塗布が予想される。⑨石棒は自然石を未加工で利用したものが多く、既報の特徴と一致する。

一方で、その歳月のために正確な情報を把握できず、資料の評価に問題を与えている点もある。特に土器棺と人骨の関係をどのように評価すべきかには大きな課題がある。詳細な検討は本論で行う紙数は残されていないものの、例えば、青森県内の同時期の土器棺の事例を見ると、成人骨1体が納められることが一般的である。本例では複数個体が一つの土器棺に納められた可能性を残しているが、ここでは5つの可能性を具体的に示し、今後の議論の方向性を示したい。

- ① 喜田氏が山野峠遺跡の他の土器棺の人骨も一緒に持ち帰った。それらの資料が保管中に混在して一つの棚に収められてしまった。
- ② この人骨は、収蔵庫の中の展示棚の引き出し

表 1 北東北における縄文時代後期初頭～前葉の土器編年対照表（千葉・高山 2018 より抜粋）

時期	本間(1987・1988)	児玉(2003)	児玉(2013)	成田(1981)	成田(2002)	榎本(2008)	葛西(2005)
後期初頭	上村式	小牧野遺跡1期	1期(初頭古段階)	第Ⅲ群	牛ヶ沢3式	十腰内第Ⅰ様式	牛ヶ沢(3)式
	葦窪式						
	蛭沢式	小牧野遺跡2期	2期(初頭新段階)	蛭沢式	沖附(2)式	十腰内第Ⅱ様式	蛭沢Ⅰ期
	小牧野遺跡3期	前十腰内Ⅰ式		前十腰内Ⅰ式	十腰内第Ⅲ様式		蛭沢Ⅱ期
後期前葉	十腰内Ⅰ式	小牧野遺跡4期	3期(十腰内Ⅰa段階)	十腰内Ⅰa式	十腰内ⅠA式	十腰内第Ⅳ様式	十腰内Ⅰ式(古)
	大湯式	小牧野遺跡5期	3期(十腰内Ⅰb段階)	十腰内Ⅰb式	十腰内ⅠB式	十腰内第Ⅴ様式	十腰内Ⅰ式(中)
	十腰内Ⅱ式		3期(四ツ石式)	十腰内Ⅱ式	十腰内Ⅱ式	十腰内第Ⅵ様式	十腰内Ⅰ式(新)

(No.1894) に保管され、「久栗坂」のラベルと一緒に保管されていた。ただし、その引き出しには「北貝塚」の記載があり、この貝塚の人骨が混入した可能性を考慮する必要がある。北貝塚はサハリンの伊東信雄氏の調査資料であるが、この人骨には移送の際に使われた糊殻が数多く付着していた。サハリンではコメの栽培がないため、この人骨がサハリンから持ち運ばれたものとは考えにくい。また、赤色顔料が付着しており、骨化のあと再葬の際に土器棺と同様に顔料が塗布されたと予想される。これらの状況はサハリンの北貝塚の状況には合致しない。そのため、この混入の可能性は低く、山野峠の人骨と判断し、今回報告に至った。

- ③ 山野峠の一つの石棺に入っていたものであるが、一つの土器棺に納められていたものではない。写真(図5)にある通り、土器棺内の土壌は土器を取り外して回収されている。したがって、こぼれた土壌が石棺内の土壌と混在した可能性は十分に考えられる。そのため、土器棺内にあった1体分の人骨が、石棺内の他の人骨と混在し、3体分が回収された。この場合、石棺が一次葬の場と推定される。
- ④ もともと一つの土器棺に3個体の人骨が意識的に納められた。この場合、「土器棺合葬墓」となる。葛西氏の報告(1975)では、「喜田博士が持ち帰られた甕棺には2人分の人骨が納入されていた事実」とある。この「事実」とした根拠が喜田氏のいずれの報告に依拠したものかは明らかでないが、あるいは1969年まで存命した長谷部言人氏より教示を受けていた可能性がある。
- ⑤ もともとの土器棺に3個体分の人骨が意図せずに納められた。石棺墓もしくは、土坑墓を一次葬とし、そこに含まれる骨化した人骨を土器棺に移す際に混入した。

本論は学史的な資料の再評価であるため、幾つかの問題点を残している。しかし、新たな事実を報告することによ

て、縄文時代後期土器棺墓を巡る研究の発展に僅かでも寄与できればと願うばかりである。(鹿又、永瀬、児玉、澤田)

註

註1：江坂(1967a)で図示されていたスケッチでは、6基の石室から検出された土器に人骨が含まれていたことを示す斜線のトーンが掛けられている。この場合、全石室より人骨がみついていることとなり、人骨入り土器は「6個」となる。しかし、葛西(1975)で図示された同一のスケッチでは、北東隅の石室から検出された土器のトーンが外され、「人骨が納入されていた個体は5個」と言及されている。本稿では、スケッチに対してより詳細な説明が加えられている葛西(1975)の図を採用した。

謝辞

本論の資料調査にあたり、下記の諸氏に御教示、御協力を賜った。

安藤広道(慶應義塾大学)、横山 真、千葉 史(株式会社ラング)、菅野智則、柴田恵子、白石浩子(東北大学埋蔵文化財調査室)、斉藤慶史(三内丸山遺跡センター)、品川欣也(東京国立博物館)、佐藤智生(青森県埋蔵文化財調査センター)、野澤 望(小牧野遺跡保存活用協議会)

参考文献

- 青森市教育委員会 1983『山野峠遺跡』
 江坂輝彌 1967a「青森県久栗坂 山野峠遺跡」『考古学ジャーナル』13 pp.12-13 ニューサイエンス社
 江坂輝彌 1967b『日本文化の起源：縄文時代に農耕は発生した』講談社現代新書108、講談社
 江坂輝彌 1968「縄文土器文化後期における改葬甕棺墓の研究」『北奥古代文化』創刊号 pp.3-7 北奥古代文化研究会

- 榎本剛治 2008「十腰内I式土器」『総覧縄文土器』 pp.530-535 アム・プロモーション
- 解剖学用語委員会(編) 2007『解剖学用語, 改訂13版』医学書院
- 葛西 勳 1975「青森県山野峠石器時代墳墓遺跡について」『北海道考古学』第11輯 pp.27-39 北海道考古学会
- 葛西 勳 2002『再葬土器棺墓の研究—縄文時代の洗骨葬—』再葬土器館墓の研究刊行会
- 葛西 勳 2005「十腰内I式土器の研究」『研究紀要』No.8 pp.11-28 青森大学考古学研究所
- 葛西 勳 2006a「山野峠遺跡の調査」『新青森市史 資料編1 考古』pp.26-29 青森市
- 葛西 勳 2006b「第66節 山野峠遺跡」『新青森市史 資料編1 考古』pp.482-489 青森市
- 葛西 勳 2006c『続・再葬土器棺墓の研究』再葬土器棺墓の研究刊行会
- 葛西 勳 2013「第II部遺跡編 第I章縄文時代後期 1 山野峠遺跡」『青森県史資料編考古2』pp.62-65 青森県
- 鹿又喜隆 2022「赤煉瓦書庫に残る法文学部の研究と教育の記憶」『学都仙台の近代高等教育機関とその建築』pp.96-102 東北大学出版会
- 鹿又喜隆・菅野智則・加藤 諭・曾根原理 2023「東北考古学の礎—東北大学奥羽史料調査部から現在へ—」『東北大学史料館研究報告』第18号 pp.87-103
- 喜田貞吉 1934a「青森県出土洗骨入土器」『歴史地理』63-6 pp.84-88 日本歴史地理研究会
- 喜田貞吉 1934b「奥羽地方石器時代實年代の下限—宋銭発掘の確實なる亀岡式土器遺蹟調査報告—」『歴史地理』63-1 pp.1-14 日本歴史地理研究会
- 児玉大成 2003「小牧野遺跡における縄文後期前半の土器編年について」『小牧野遺跡発掘調査報告書VIII』pp.147-166 青森市教育委員会
- 児玉大成・蝦名 純 2003『小牧野遺跡発掘調査報告書VIII』青森市埋蔵文化財調査報告書第70集 青森市教育委員会
- 児玉大成 2013「第I部時代概説 2土器の編年 第1節 縄文後期」『青森県史 資料編 考古2 縄文後・晩期』pp.8-16 青森県
- 桜井準也 1998「縄文土器製作における文様区画と施文過程—縄文人の認知構造の解明にむけて—」『東邦考古』22号 pp.31-46 東邦考古学研究会
- 桜井準也 2006「土器の文様区画と認知構造」『心と体の考古学』pp.133-160 同成社
- 澤田純明・千代田高明・嵯峨将央・羽富悠太・星野敬吾・長岡朋人・平田和明 2013「西谷古墳出土人骨について」『富津市西谷古墳』pp.33-40 公益財団法人千葉県教育振興財団文化財センター
- 澤田純明・佐伯史子・鈴木敏彦・篠田謙一 2014「大膳野南貝塚出土人骨の形態学的報告」『大膳野南貝塚 第III分冊-本文編3-』pp.841-907 公益財団法人千葉市教育振興財団
- 鈴木公雄 1968「安行式土器における文様単位と割りつけ」『日本考古学協会昭和43年度大会研究発表要旨』pp.5-6
- 千葉 毅・高山理美 2014「東北地方北部における縄文時代後期初頭から前葉土器編年研究の現状と課題—青森県安部遺跡出土土器の理解のために—」『縄文時代』第25号 pp.91-115 縄文時代文化研究会
- 中村 大 2008「文様単位数とその意味」『総覧縄文土器』pp.1162-1167 アム・プロモーション
- 成田滋彦 1981「青森県の土器」『縄文文化の研究』4 pp.123-132 雄山閣
- 成田滋彦 1989「入江・十腰内式土器様式」『縄文土器大観』4 pp.277-280 小学館
- 成田滋彦 2002「第4章まとめ 第1節遺物に関するまとめ (1) 第IV群土器(縄文時代後期)」『三内丸山(6)遺跡IV』pp.375-386 青森県教育委員会
- 馬場悠男 1991『人体計測法II 人骨計測法』雄山閣
- 本間 宏 1987「縄文時代後期初頭土器群の研究(1)」『よねしろ考古』第3号 pp.31-50 よねしろ考古学研究会
- 本間 宏 1988「縄文時代後期初頭土器群の研究(2)」『よねしろ考古』第4号 pp.71-84 よねしろ考古学研究会
- 山口 敏 1982「縄文人骨—縄文人骨の特徴」『縄文文化の研究1 縄文人とその環境』pp.27-54 雄山閣
- 横山 真・千葉 史 2017「PEAKITによる考古遺物の視覚表現」『季刊考古学』第140号 pp.30-33 雄山閣
- 横山 真 2018「三次元技術を考古資料の記録に用いることの意義」『国史学』第226号 pp.77-97 国史学会

福岡県湯の隈古墳石室の SfM 法による高精細 3次元計測 High-resolution 3-D measurement of stone chamber of Yunokuma Tumulus in Fukuoka Prefecture using SfM method

藤沢 敦*・鹿納 晴尚*・田尻 義了**・志村 将直***

* 東北大学総合学術博物館 ** 九州大学比較社会文化研究院環境変動部門 *** 株式会社シン技術コンサル

Atsushi Fujisawa*, Harumasa Kano*, Yoshinori Tajiri** and Masanao Shimura***

*The Tohoku University Museum, **Department of Environmental Changes, Faculty of Social and Cultural Studies, Kyusyu University, ***SHIN ENGINEERING CONSULTANT CO. LTD.

Abstract: Yunokuma Tumulus is a round burial mound with a diameter of approximately 20 meters, located in Asakura City, Fukuoka Prefecture, and has a corridor-style stone chamber. Some of the walls of the stone chamber are painted with circles and other patterns in colors. The chamber is made of unworked natural stone piled together, so the surface of the walls is rough and uneven. It is estimated to have been built in the second half of the 6th century, based on the typological characteristics of the stone chamber. In order to obtain high-resolution 3-D measurements of the stone chamber of the Yunokuma Tumulus using the Structure from Motion (SfM) method, we developed a method of photography and illumination. By analyzing 2,187 photographs taken, we were able to create a point cloud data set of about 1 billion points.

1. はじめに

東日本大震災以降、熊本地震や相次ぐ水害では、古墳石室や城郭石垣などの石材で構築された文化財の被害が続いている。これらの石造文化財が被災した場合、3次元計測データがあると、被害状況の把握、被災後の修復・復元の際に、大きな威力を発揮する。しかし、遺跡の種類によって、必要となる精度や有効な測定方法などが異なり、標準となるべき基準の検討は、いまだ充分とは言えない。装飾のある古墳石室などの極めて詳細なデータが必要なものから、城郭石垣のように規模が大きくデータ精度をある程度落とす必要があるものまで、様々な特質を有した石材で構築された文化財を対象に、保全を目的とした3次元計測の標準を確立することが必要である。

このような観点から、藤沢が研究代表者となり、2020年度から文部科学省科学研究費助成事業（基盤研究（A）・2020-2024年度）「石材構築文化財の保全のための3次元デジタルアーカイブの標準化の研究」を実施してきている¹⁾。この科研費による研究の一環として、2022年度に計測を実施した、福岡県朝倉市に所在する湯の隈古墳の横穴式石室

の計測成果を報告する。当該科研費での研究で、これ以前に計測を行った遺跡もあり順序とは前後するが、報告の準備が整ったものから、順次報告を行うこととしている²⁾。

なお本論は、1. 3. 6. を藤沢、2. を田尻、4. を鹿納・藤沢、5. を志村・鹿納・藤沢が分担して執筆した。

2. 湯の隈古墳について

湯の隈古墳は、朝倉市宮野に所在する直径約20mの円墳である。宮地嶽古墳がある宮地嶽丘陵の丘陵上の南西側に位置し、標高は約60mにある（図1参照）。墳丘は周囲が削られやや歪になっている。石室は複室構造の横穴式石室で、彩色系の装飾古墳である（図2参照）。装飾は肉眼では判別し難いが、写真をデジタル処理すると玄室奥壁には同心円文や蕨手文、玄室右壁にも同心円文、玄門の左袖石には同心円文や船形などが描かれているようである。石室構造から6世紀後半頃の築造と考えられているが、発掘調査を含め詳しい調査は行われておらず、その他の情報は不明である。朝倉市の史跡に指定されている。

なお、この湯の隈古墳に関して以前は名称に混乱が生じ

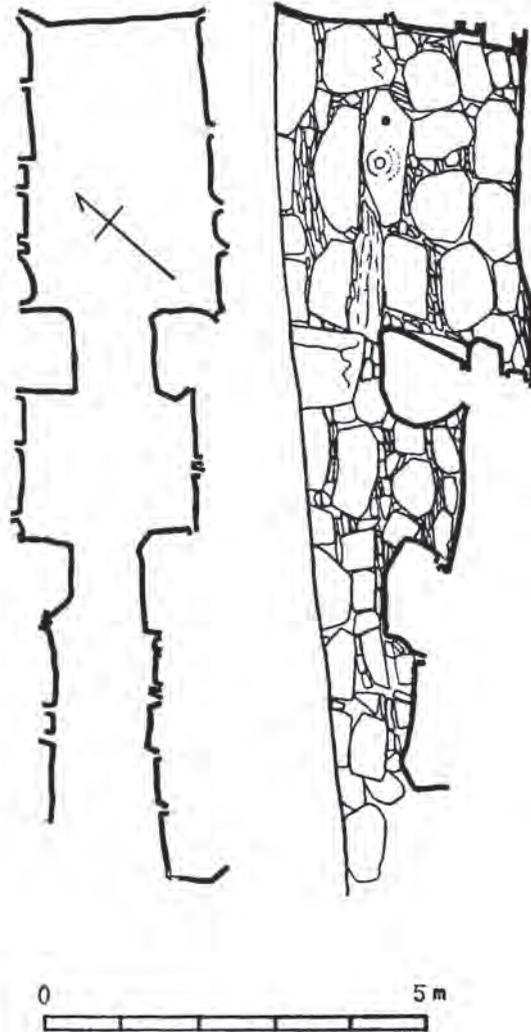


図1 湯の隈古墳位置図（姫野編 2000 より）

ていたが、姫野健太郎編 2000『朝倉の古墳と埴輪』朝倉市文化財調査報告書第9集において整理されている。また、石室の実測図については、小林行雄編 1964『装飾古墳』54頁に、森貞次郎が原図の実測図が公開されている。

3. 調査の目的

本科研費での研究では、計測方法の検討を目的として、各年度に数ヶ所の計測を実施している。計測対象遺跡の選定は、計測方法の検討に合致することを基本としつつ、近



(小林編1964より)

図2 湯の隈古墳石室実測図

年の自然災害によって被害を受けた遺跡や、今後の保全が懸念される遺跡を優先するとともに、被災した自治体を支援することも目的として、計測対象を選択してきた。

2017年(平成29年)7月5日から6日にかけて福岡県と大分県を中心とする九州北部で発生した平成29年7月九州北部豪雨の際に、朝倉市では市内の各所で被害があり、文化財も多数が被災した。湯の隈古墳は被災しなかったが、開口していることから装飾の風化の進行が憂慮されており、今後の保全を考えるとできるだけ早く3次元計測を実施し、詳細なデータを残しておく必要があると考えられた。

福岡県南部の筑後川流域は、彩色による装飾古墳が集中する地域として著名であるが、左岸側がほとんどで、湯の隈古墳のように右岸側に所在するものは少数である。この点

からも湯の隈古墳は重要と考えられるが、十分な調査が行われていない状態であった。

湯の隈古墳の石室は、自然石を使用したもので、考古学的な検討では、石室の石が組み合う間を、できるだけ深いところまで図化することが望まれる。また、彩色による装飾の色調の再現性も重要である。これらの点について、SfM法の有効性や、解析用の写真の撮影方法を検討することは、本研究の目的に適合すると考えられる。

3次元計測には様々な方法があり、計測対象と必要とされる精度を踏まえ、計測方法を選定することが必要である。例えば横穴墓では、壁面の保存が良好な場合、掘削工具の痕跡などの微細な凹凸を記録することが必要になることから、高精細な3Dスキャナなどを用いることが効果的であ

る。自然石かそれに近い石材を用いた横穴式石室の計測では、石と石が組み合った隙間部分をできるだけ奥まで深く記録することによって、石材の組み方に関する情報を得ることができることから、狭小な隙間の計測ができるだけ可能な手法を選択することが必要となる。

石材が組み合った隙間を計測するためには、計測機器から陰になる部分ができないようにする必要がある。そのためには、計測機器の位置を、細かく移動させて計測することが必要となる。どのような計測方法を利用する場合でも、計測機器を三脚に据え付ける必要がある場合には、移動と計測に必要な時間の関係で、現実的な方法とならない場合が多い。手持ちで計測するハンデイスキャナでは、細かく計測位置を移動することが可能である。しかしハンデイスキャナでは、機器の方向によっては、細い隙間を計測できない場合がほとんどである。隙間と同じ向きにスキャナを向ける必要があるなど、計測可能な範囲に制約があり、隙

間をくまなく計測することは簡単ではない。

またハンデイスキャナでは、機器の計測可能距離がさほど広くない場合が多く、40cm程度が基準の距離となっている場合が一般的である。そのため、天井が高い石室などでは、計測が難しい場合もある。2022年6月に実施した、福島県須賀川市の前田川大塚古墳の横穴式石室の計測では、計測可能レンジが0.5～4mと広い、ハンドヘルド型3Dスキャナ F6 SMART (Mantis Vision・イスラエル) を試した(菊地ほか編 2023)。計測機器から距離がある場合でも計測が可能であったが、機器からの距離が離れると、機器に取り付けた照明の明るさが不足し、色情報が充分得られないなどの課題があった。石が組み合う細い隙間では、隙間と同じ方向に機器を向ける必要があり、床面近くの壁面や、コーナー付近では計測できない部分が生じることは、他のハンデイスキャナと同じであった。

これに対して、多数のデジタルカメラ画像を解析して3



1. 湯の隈古墳の現況



2. 評定点の計測作業



3. リングライトによる撮影状況



4. 4灯ライトによる撮影状況

図3 湯の隈古墳の現況と作業状況

次元化する SfM (Structure from Motion) 法であれば、カメラの位置を細かく移動させることで、石の組み合う隙間を、くまなく撮影することができる。手持ちで撮影が可能な条件を整えることができれば、比較的短時間で、細かく位置を移動しながら撮影が可能である。

この場合でも、石の組み合う隙間に照明の影ができてしまうと、その部分は暗くつぶれ、3次元化は難しくなる。細い隙間の深いところまで、照明をまわしていくことが必要である。湯の隈古墳の石室には彩色による装飾があることから、色調をできるだけ正確に記録することも求められる。しかし、石室内という限られたスペースで、均質な照明で撮影することは簡単ではない。照明の機材や方法を工夫することが不可欠となる。

このように、SfM 法での 3 次元計測は、横穴式石室の計測で有効な方法と考えられるが、解析用の写真の撮影方法には検討課題が多い。照明方法や、使用する機材を工夫しつつ、SfM 法の有効性を検討することは、本研究の目的に適合する。以上のような観点から、湯の隈古墳の石室を SfM 法で計測し、上記課題を検討することとした。

4. 調査の方法と経緯

調査に先立つ 2022 年 11 月 24 日に、藤沢と田尻が現地を視察し、朝倉市教育委員会の担当者と、計測作業方法などについて打合せを実施した。上記のように、石室の石が組み合う間を、できるだけ深いところまで図化できることが望ましいこと、装飾の色調の再現性にも留意する必要があることを踏まえ、SfM 法で計測することとし、東北大学で計測用の写真撮影を行うこととした。標定用の基準点測量の方法なども検討し、作業実施への見通しを得た。

計測作業は、2023 年 2 月 6 日と 7 日の 2 日間で行った³⁾ (図 3)。その際、湯の隈古墳での計測作業に併行して、同市入地に所在する狐塚古墳石室の線刻部分についても SfM 法での計測を試みた。また朝倉市での作業が終了した 7 日午後には、うきは市教育委員会の要請を受けて、うきは市吉井町福益に所在する安富古墳石室の一部について、SfM 法での計測を試みた。これらは、SfM 法で線刻などの微細な凹凸をどれだけ再現できるかを検証する目的に行ったものである。湯の隈古墳石室の計測とは、目的がやや異なるため、別途検討し報告する予定である。また今回の計測では、参加した研究分担者の杉井 (熊本大学) によって iPad Pro を使用した 3 次元計測のテストも行った。2020 年以降発売の iPad Pro は、搭載された LiDAR (light detection and ranging) センサーで、簡便に 3 次元計測を実施できる機能が備えられており、同時に取得した画像データを合わせて 3D データを作成できる。同じ機能は iPhone 12 Pro・iPhone 13 Pro にも搭載されている。これらを利用した計測についても、別途検討して報告する予定である。

計測にあたっての標定点の測量と、公共座標に位置づけるための測量用に、石室入り口外側の、石室中軸線上にほぼあたる位置に、木杭に測量釘を打った仮基準点を設置した (点 A)。玄室内には、杭を打つことを避けるため、標尺台を置いて仮基準点とした (point19)。床面の正射投影画像に、標尺台が見える。点 A を原点として、point19 と結んだラインを基準として、局地座標を組んで標定点を計測することとした。点 A と point19 にトータルステーションを設置し、石室内の特徴のある場所 18 ヶ所を標定点として、トータルステーションで測量を行った。トータルステーションは、ノンプリズム測距のものを使用し、レーザーポインターで計測場所を示した状態で、写真や動画を撮影し、標定点の記録とした。

点 A と point19 を結んだラインのほぼ反対側に、以前に使用された測量用のコンクリート釘の測量鉞があり、C4 との記号が付けられていた。公共座標に位置づけるための測量用に、この点 C4 を利用することとし、局地座標での位置をトータルステーションで測量した。これらの測量作業は田尻が担当し、九州大学の測量機材を用いて、同大学大学院生の協力を得て実施した。

仮基準点とした点 A と点 C4 については、後日に公共座標値の測量を委託することとし、地元の測量会社である有限会社グローバルプランに委託した。計測作業中の 7 日に現地で打合せを行い、後日に測量を行っていただいた。周囲に存在する既知点を調査していただき、それを基準にした。基準点の位置や測量成果は、図 4 のとおりである。

トータルステーションでの測量を終えた後に、デジタルカメラを用いて、SfM 法での解析に使用する写真の撮影を行った。上記の目的に合致することを考慮して、以下のような機材、作業方法で、撮影を実施した。

使用したカメラボディは、Canon EOS 6D Mark II で、レンズは EF24mm F2.8 IS USM、F 値は 8、ISO を 2000 で固定し、シャッタースピードを石室内では、1/50 程度になるように照明をつけて撮影した。このような撮影条件で、手持ちで、細かく移動しながら撮影を行った。それによって、石の組み合う隙間も、できるだけ深くまで撮影できるように企図した。

影を作らないように撮影するために、今回はあらたにリングライトの使用を試みた。バッテリーで作動できる、LPL 社製のリングライト (VLR-F300XP) を使用した。リング形ライトでは撮影が難しい場所や、リング形ライトだけでは光量が不足することが懸念される場合には、4 灯ライトを使用した。従来は、鹿納が考案した、カメラの上と左右の 3 方向に、LED ライトを取り付ける方法をとってきた。今回はさらに下にも増設し、上下と左右の 4 方向に LED ライトを取り付けられる器具を、市販の器具を組み合わせで作成した。照明からの距離が変わると、壁面の明るさも変わるので、カメラと壁面との距離を一定に保つように撮影した。



図4 基準点の位置

石室内は、奥に進むと外光の影響はほぼなくなるが、入口付近では外光の影響を受ける。このように環境光の状況が変わるごとに、カラーチャート (x.rite 社 Color Checker CLASSIC) を撮影しておき、補正ができるようにした。

撮影した画像ファイルは jpeg 及び raw(CR2) 形式で保存した。キヤノン社製現像ソフトである Digital Photo Professional 4 を使い、raw ファイルをカラーチャートでホワイトバランスを調整した後、16bit tiff のファイル形式で出力したファイルを 3D 再構成に使用した。3D 再構成に使用したソフトウェアは Agisoft Metashape Professional (Version 2.0.1) で、使用した写真は 2187 枚である。高品質で再構成した点群数はノイズ除去前でおおよそ 10 億点、メッシュ作成用に中品質で再構成した点群数は、おおよそ 2 億点となった。

5. 計測データの加工

東北大学総合学術博物館では、特定のソフトウェアに依存しない形で 3 次元データを保存するために、X・Y・Z の座標値と RGB データによる、色付き点群データとして保存し利用する方法を採用している。一方、考古学的データとして、学術的検討に供する方法は、本報告を含めて、2 次元の図面として調査報告を作成することが一般的である。そのため、3 次元データをもとに、正射投影画像を作成する必要がある。3 次元計測データから正射投影画像を作成する作業は、今回のように点群数が多い場合、かなりの手間と時間を要し、PC の能力も高いものが要求され、簡単な作業ではない。計測方法に留まらず、計測データの加工についても、その目的と効果、それに応じて使用するソフト、作業に必要な時間と PC の能力、外部委託する場合の経費など、検討すべき課題は多く存在する。

今回の計測では、局地座標で標定点を測量し、そのまま解析を行い、3 次元化を行った。基準点の公共座標の測量は、これらの作業の後となったため、局地座標による数値を、公共座標の数値に換算する必要がある。この公共座標値への換算と、報告用のオルソ画像作成を、2023 年度事業として、株式会社シン技術コンサルに委託した。以下に、作業の手順を記す。これらの作業は、フリーソフトウェアの Blender を使用して書き出しを行っている。ソフトで操作できる容量の関係もあり、3 次元データのメッシュの頂点数は 1000 万点程度で作成している。

最初に標定点の取得が任意座標であったため、基準となる 2 点の杭を基に回転と移動を行った。

点 A

(任意座標 0,0)

(公共座標 44073.885,-25477.441)

点 C4

(任意座標 -16.557,-3.434)

(公共座標 44064.950,-25491.794)

二つの杭の任意座標の角度 (-101.717 度) と公共座標の角度 (-148.097 度) の差分 (46.380 度) を回転角度とし、点 A を起点に各座標の回転、点 A の公共座標の値分移動を行い、公共座標とした。

標高値については、起点となる点 A・点 C4 以外は、任意座標の点 A の標高値が 0 m であるため、点 A の公共標高値である 66.405 m を各点の任意標高値にプラスして算出している。

報告用に、床面、天井面、両側面、奥壁面、後室見返し、前室奥、前室見返し、入口の計 9 面の正射投影 (オルソ) 画像を作成した⁴⁾。基準となる石室中軸線を設定し、SPA ラインとした。点 A を起点に、SPA が図上の縦軸と平行に、横断するラインである SPB ~ E が横軸と平行になるように 46.146 度回転をかける。床面と天井面は標高 67.117 m のポイントでカットして作成した。

SPA の両側面はセクションラインと片面を合わせた立方体に対して A-A' は交差でカット、A'-A は差分でカットして作成。SPB ~ E も同様に 3 次元モデルをカットし、3 次元モデルのテクスチャ空間の大きさとカメラのサイズを合わせて正射投影でカラー画像と陰影画像の 2 パターンを撮影した。

正射投影画像作成の際に使用するソフトの都合上オブジェクトの原点を (0/0/0) 付近にオフセットを行わなければならないため、オフセットの値は (44,080/-25,470/66) として作業を行った。

本資料のオルソ画像はフリーソフトウェアの Blender を使用して書き出しを行っている。撮影するカメラのサイズとオブジェクトのテクスチャ空間のサイズを一致させることで余白のない正射投影画像を書き出している。また、背景部分を透過に設定することによりオブジェクトが写っていない箇所を透明にしている。

陰影画像も、Blender を用いて書き出している。3 次元データから 2 次元画像とする際に、凹凸を表現する方法は、様々な方法がある。今回は、仲林篤史が遺物を対象に提案した、Blender を用いて陰影を強調する方法を試行した (仲林 2023)。

作成した正射投影画像をアングルごとに Adobe 社の illustrator へ埋め込み配置し、床面、天井面には座標値を、各種展開面は標高値の入力を行った。3 次元画像の場合、裏側からの画像が見えてしまう場合がある。断面をカットした場合、カットされた石材の輪郭の外側に、裏面からの画像が見えることが多く、判りづらくなってしまふ。そのため、カットされた石材の輪郭をトレースし、その外側を白く塗りつぶしたレイヤーを重ねることで、裏面を隠した。

上記のような作業を行って作成した正射投影画像を、図 5 から図 11 に示す。全て縮尺 50 分の 1 にそろえている。いずれも、カラー画像と陰影画像を並べて示した。

6. 計測成果について

湯の隈古墳石室の3次元計測では、SfM法によって、石材の組み合う隙間を、できるだけ深くまで計測することを目的とした。そのために照明を工夫するとともに、彩色による装飾があることから、色調の再現性にも留意する必要があった。これらの目的を果たすために、撮影方法や照明機材を工夫し、計測を実施した。

図示した正射投影図を見ると判るように、石材が組み合う隙間も、ほとんど欠落無く計測ができており、特に暗くなっている部分も、ほとんど見られない。解像度についても、微細な凹凸の再現性については、なお検討の余地があると思われるが、石材の形状については、ほぼ十分なものとなっていると考える。色調を厳密に再現することは容易ではないが、比較的安定して記録できているように思われる。今回の計測の目的は、おおむね達成できたのではないかと考えている。

湯の隈古墳の石室は、複室構造で比較的規模の大きなものであるが、2000枚を超える写真を撮影して、解析を行った。これだけの量の写真を解析するためには、使用するPCの能力が問題となるため、どこの機関でも簡単に実施できるわけではないが古墳の横穴式石室は、SfM法でかなりの高解像度で3次元計測の実施が可能であることを示せたものと考えている。

なお本報告では、色調を調整して彩色を強調する加工は行っていないが、今回報告した正射投影画像でも、加工は可能である。今後、現地で観察しながら、このような検討を行うことで、彩色についても新たな知見が得られる可能性があるものと考えられる。

※本論には、日本学術振興会（JSPS）科研費20H00019「石材構築文化財の保全のための3次元デジタルアーカイブの標準化の研究」（基盤研究A・2020～2024年度・研究代表者藤沢敦）による研究成果を含みます。

謝辞

今回の計測では、朝倉市教育委員会の姫野健太郎、中島圭、倉元慎平の各氏には、多大なご協力をいただいた。また、九州大学大学院生の松尾樹志郎、日高風海斗の両氏には、表定点の測量でご協力いただいた。基準点測量を担当していただいた有限会社グローバルプラン、計測データの加工を担当いただいた株式会社シン技術コンサルには、様々な面倒な依頼にも関わらず丁寧な対応をしていただいた。ここにあらためて感謝したい。

註

1) 本科研費での研究については、WEBページを作成し、その概要を紹介しているので参照されたい。

<http://webdb1.museum.tohoku.ac.jp/index.html>

2) 本科研費で計測した成果で、これまでに報告しているのは、次のとおりである。

- ・福島県双葉町清戸迫横穴：東北大学総長裁量経費を利用して2016年度に計測。光学式非接触ハイエンド3DスキャナであるSmartSCAN-HEを使用。計測成果の整理等に本科研費を利用。藤沢・鹿納・吉野・小池2023。

- ・宮城県名取市経の塚古墳出土長持形石棺：2020年度株式会社シン技術コンサルの協力で計測。藤沢・大橋2023。

- ・福島県須賀川市前田川大塚古墳石室：2022年度計測の成果を菊地ほか2023で報告。2023年度にSfM法で再計測。

3) 今回の計測作業に参加したのは、以下のとおりである。

東北大学：藤沢敦・鹿納晴尚（総合学術博物館）、九州大学：田尻義了（比較社会文化研究院）、松尾樹志郎・日高風海斗（九州大学大学院地球社会統合科学府大学院生）、熊本大学：杉井健（大学院人文社会科学部）。

4) 横穴式石室などでは、奥から玄門側を見て、左右を示すことが一般的である。一方、入口側から奥壁側を見た際の方向で表現した方が記載しやすい場合もある。今回は、奥壁側を見た際の左側を西側壁、反対側を東側壁と呼ぶ。実際には、石室の中軸線は約46度傾いており、正確には北西側と南東側となるが、簡便に記載するために、西側壁、東側壁と呼称する。

引用・参考文献

菊地芳朗ほか2023『前田川大塚古墳1・大仏古墳群1』福島大学考古学報告第16集

小林行雄編1964『装飾古墳』平凡社

仲林篤史2023「古代瓦の三次元データを用いたシェーディング処理の検討」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用5』奈良文化財研究所研究報告37、75～90頁、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所

姫野健太郎編2000『朝倉の古墳と埴輪』朝倉市文化財調査報告書第9集

藤沢敦・鹿納晴尚・吉野高光・小池雄利垂2023「福島県清戸迫横穴の高精細3次元計測」『Bulletin of the Tohoku University Museum』No. 22、7～38、東北大学総合学術博物館

藤沢敦・大橋葵2023「経の塚古墳と東北の埴輪」『国家形成期におけるヤマト政権と地域権力の相互関係の再定義 - 東北地方を中心に -』科研費報告書、35～44頁、福島大学行政政策学類



図5 湯の隈古墳石室正射投影図（床面）



図6 湯の隈古墳石室正射投影図(天井)



図7 湯の隈古墳石室正射投影図（西側壁）



図8 湯の隈古墳石室正射投影図（東側壁）

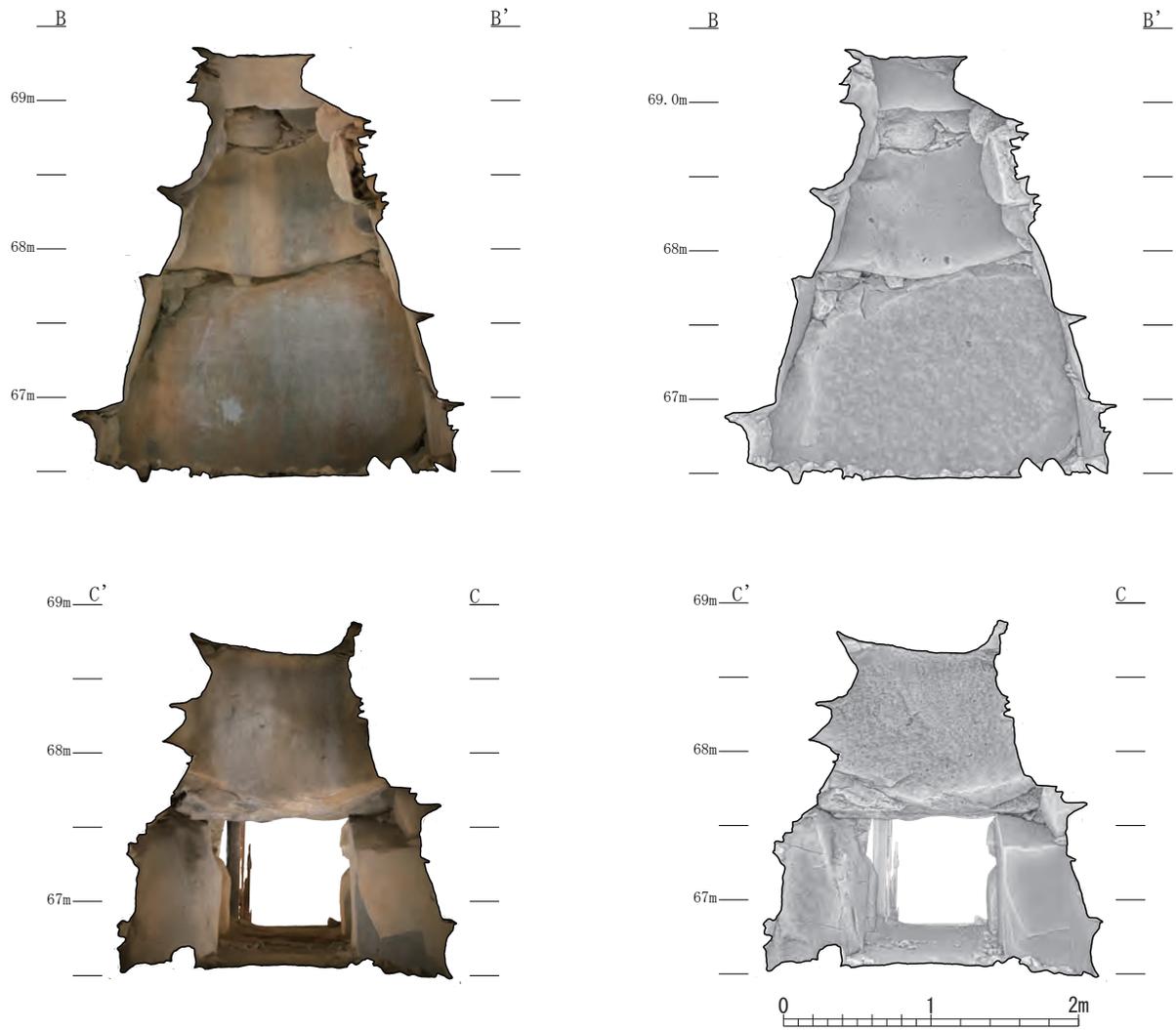


図9 湯の隈古墳石室正射投影図(玄室)

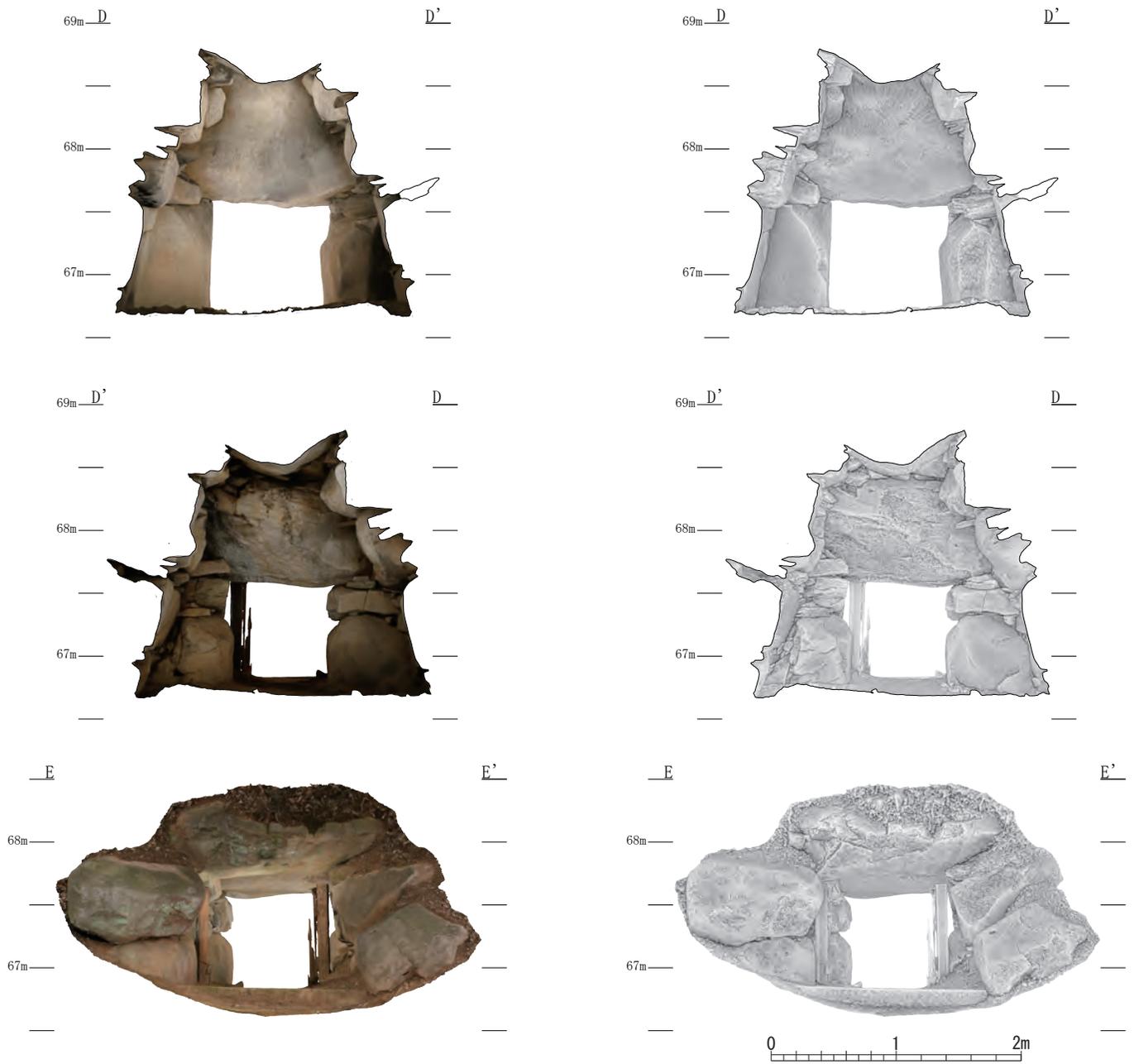


図 10 湯の隈古墳石室正射投影図（前室・入口）

X線CTを用いた多賀城廃寺の泥塔の技術・型式学的研究 Techno-typological study of clay stupas from the Tagajo abandoned temple site using X-ray CT

廉 禱*・鹿納 晴尚**・鹿又 喜隆*

* 東北大学大学院文学研究科 ** 東北大学総合学術博物館

Yi Lian*, Harumasa Kano** and Yoshitaka Kanomata*

*Department of Archaeology, Graduate School of Arts and Letters, Tohoku University, **The Tohoku University Museum

Abstract: The Tagajo fort site is located about 10km northeast of Sendai City, Miyagi Prefecture. It served as the central political and military facility of the ancient Tohoku region and the *Mutsu Kokufu* in the Nara and Heian periods. It is presumed that the Tagajo fort and its affiliated temple named “*Tagajo Haiji*” were built almost at the same time in the Nara period. A total of 2,683 clay stupas were excavated around the lecture hall feature, including 124 complete ones.

In this paper, we presented 29 clay stupas and 2 carbonized paper balls inside the clay stupas from the *Tagajo Haiji*, all stored in the Archaeological Laboratory of Tohoku University. We used X-ray CT (Computed Tomography) to scan and observe the detailed condition inside the clay stupas, and classified the clay stupas into eight types based on the comprehensive analysis of their overall features, manufacture, clay, color, and shape.

The clay stupas of the *Tagajo Haiji* are presumed to have been placed aside the clay statues in the lecture hall after they were completed, almost the same as the way Buddhist statues or clay statues was treated in the Heian period. In addition, we found they were more likely colored and painted with pigments as making clay statues, rather than fired like pottery. Furthermore, as the paper balls inside the clay stupas were burned or heated in a state lacking enough oxygen, the incomplete combustion makes it possible to unfold these partially carbonized paper balls and further analyze their original contents.

1. はじめに

1.1 多賀城廃寺の概要

多賀城跡は宮城県仙台市の北東約 10km にある史跡であり、奈良・平安時代の陸奥国府として古代東北地方の政治的・軍事的中枢であった。多賀城碑によれば、多賀城は神亀元(724)年に大野東人によって創建され、その附属寺院として多賀城廃寺がほぼ同時期に創建されたと推定される。多賀城跡は大正 11 (1922) 年に国史跡に指定され、昭和 35 (1960) 年度から 40 (1965) 年度まで政庁跡と廃寺跡の発掘調査が行われた。その結果、史跡の価値が一層高まったため、昭和 41 (1966) 年に特別史跡に昇格された。その後、昭和 41 年度から 43 (1968) 年度にかけて史跡公園の整備作業によって多賀城廃寺の未調査部分の発掘調査が行われた(宮城県教育委員会・多賀城町 1970、本論では報告書

と記載)。

多賀城廃寺跡は多賀城の南東約 1km の丘陵上に位置し、東北から西南方に延びる自然地形に沿って建てられた(図 1)。昭和 36・37 (1961・62) 年度に主要伽藍跡の発掘調査を実施し、昭和 41～43 (1966～68) 年度の発掘調査の結果と合わせて、当時の東北大学教授であり、多賀城跡全体の調査担当者でもあった伊東信雄氏の編集によって、昭和 45 (1970) 年に発掘調査報告書が刊行された(岡田 2004)。多賀城廃寺の伽藍配置は中門・講堂を南北にし、周囲を築地塀で囲み、築地塀内を講堂から見て右が金堂、左が塔の観世音寺式伽藍配置であった(図 2)。

泥塔の出土位置(図 3)は講堂跡に集中し、計 2683 点が出土した。うち 124 点が完形である。ほかの金堂跡・塔跡・僧房跡などから 11 点が出土し、遺跡全体では総計 2694 点になる。また、講堂跡の基壇上から合計 207 点が出土し、

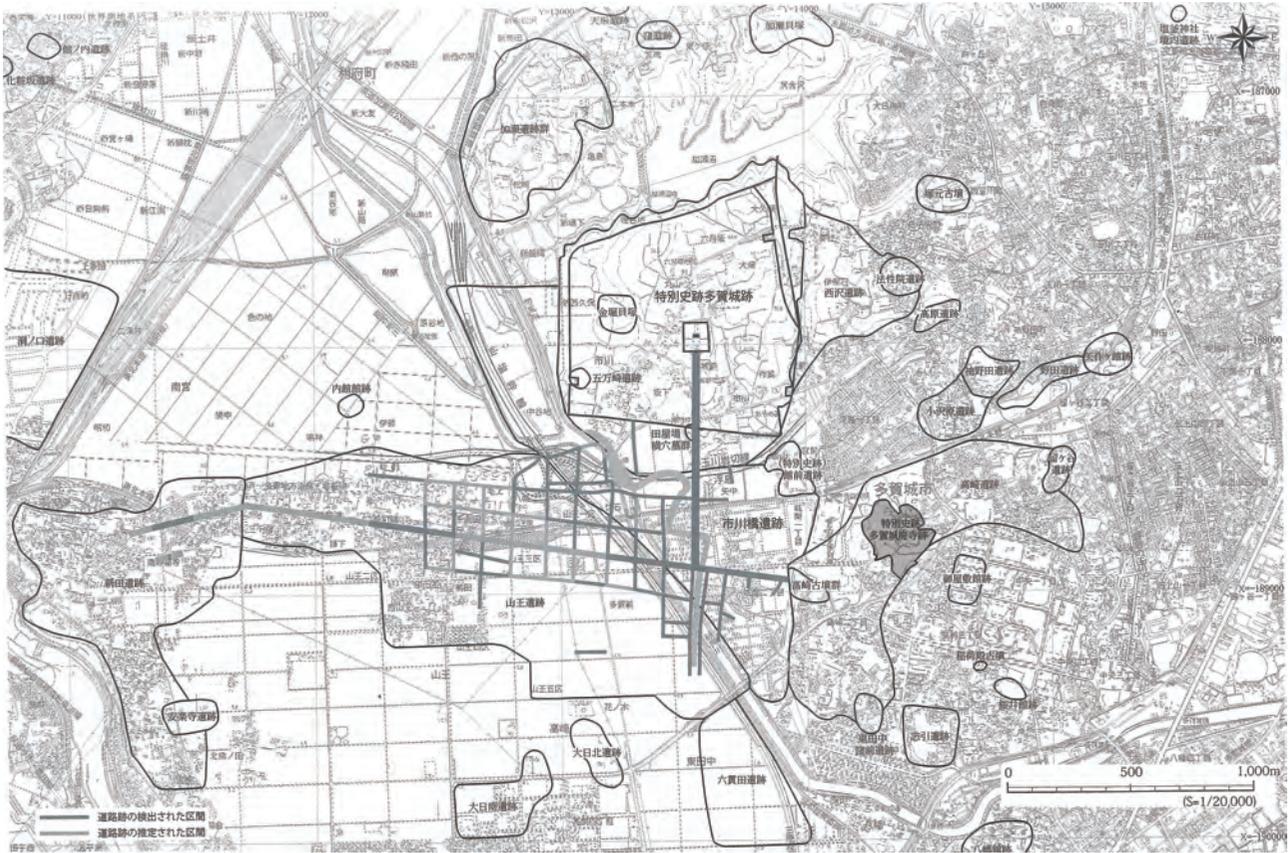


図1 多賀城廃寺の位置と周辺の遺跡 (宮城県教育委員会 2014 一部改変)

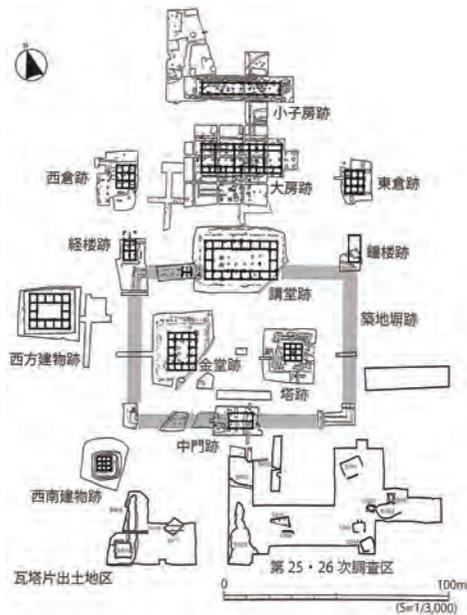
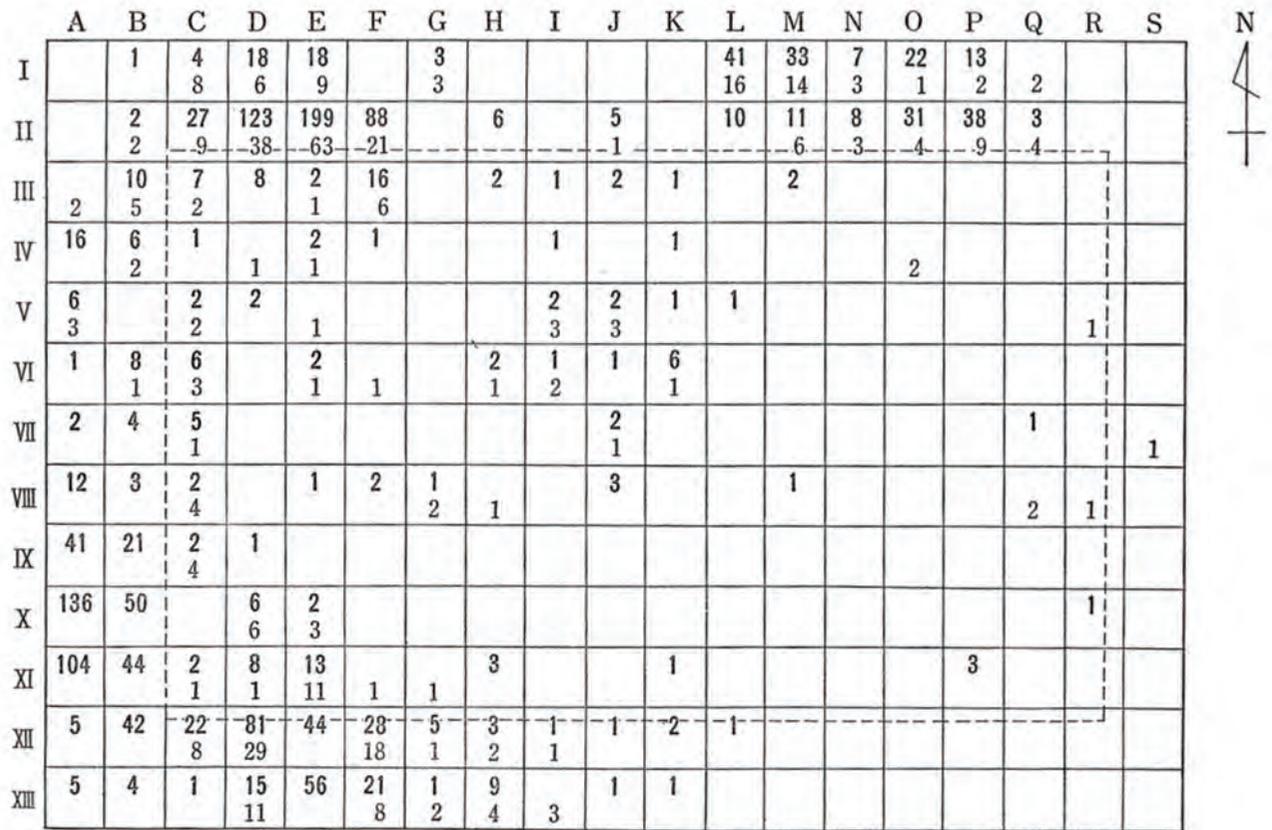


図2 多賀城廃寺跡全体図 (宮城県多賀城跡調査研究所 2022)

基壇外から 2131 点が出土した。自然地勢の影響で、主に北側・西側に集中する (宮城県教育委員会・多賀城町 前掲)。泥塔が含まれていたのは表土下の黒味を帯びた褐色の堆積土層で、瓦や焼土・焼木・塑像破片が混じった状態であった。

1.2 研究の経緯

多賀城廃寺出土泥塔は発掘後に整理され、完形資料のうち 23 点と泥塔内の炭化物 1 点が報告書に掲載された。報告書では未報告だった大部分の泥塔は現在、宮城県教育委員会に所蔵されている。報告書に掲載された泥塔 23 点と炭化物 1 点、金堂跡から出土した泥塔片 7 点とその他の未報告の資料の一部は東北大学考古学研究室が保管し、平箱 2 箱にまとめられている。そのほか、木箱 10 箱に多賀城廃寺の塑像・塑壁と共に泥塔の一部が収納されている。これらの未整理資料を対象に令和 4 (2022) 年度の考古学実習・研究実習で水洗や整理作業を開始し、再検討を始めた。また、令和 5 (2023) 年 2 月・4 月から 7 月にかけて東北大学総合学術博物館において東北大学が保管する泥塔 14 点と炭化物 2 点の X 線 CT 撮影を実施した。また、令和 5 (2023) 年度には報告書にある泥塔 23 点と講堂跡から出土した未報告



(1方眼は2m四方, 破線は基壇線, ゴチック数字は塔身部数, 普通数字は相輪部数をあらわす。このほか, 出土地点の明確にわからぬもの塔身部232個, 相輪部113個ある。)

図3 講堂跡出土泥塔分布図 (伊東 1970)

の泥塔3点、合計29点の再整理・属性抽出、及び一部の写真撮影を実施した。

宮城県教育委員会に所蔵されている泥塔については、鈴木・高橋両氏が87点を報告している(鈴木・高橋 2023)。それらは、底部から相輪部にかけて85%以上が残存し、かつ相輪部の五輪が両面とも残存しているものである。そして、多賀城廃寺の変遷のI~V期を紹介し、これらの泥塔の特徴を説明した上で、その所属時期をおよそ9世紀後葉~11世紀前半頃と推測した。また、両氏は泥塔の特徴に関して、相輪部と塔身部の2つに分け、屋根を塔身部に帰属させた。そして、泥塔は型作りで基壇と露盤は表現されおらず、泥塔両面の相輪部の特徴の違い、すなわち范傷を持つかどうかを判断標準とし両面をAB面に分けることができると指摘された。さらに、87点中7点の泥塔を対象にX線通過撮影が実施され、相輪部頂部の穿孔、塔身部の中空部と小紙片の特徴が把握された。

本論で実施したX線CT分析では、さらに明瞭な泥塔の内部構造を理解でき、中空部の具体的な形状・小紙片の構造・

胎土の密度なども把握できる。また、多賀城廃寺の泥塔に関する型式学的分類はこれまで十分には行われてこなかったという問題点がある。報告書では伊東氏が泥塔を(1)から(6)までに分類しているが、基準が不統一であったため、体系的に検討する余地が残されている。

1.3 研究の目的

本研究の目的は多賀城廃寺出土泥塔を型式学・痕跡学的に分析し、それらの内部構造を理解するとともに製作技術を復元することである。そもそも、多賀城廃寺の泥塔は、平安時代の仏像・塑像の製作工程(奈良文化財研究所飛鳥資料館 2023)と同様に、製作・完成後そのまま講堂内の塑像の周りに据えられたと推定される。それらは土器のような焼成が行われず、塑像のように着色・顔料の塗布が行われた可能性もあるが、それを客観的に示す必要がある。また、これらの泥塔の製作プロセスを確実な根拠を示しながら具体的に推測し、何種類の製作法が存在したのかを明らかにする必要がある。さらに、泥塔を型式学的に客観性

をもって分類し、仏教遺物として泥塔と塑像との関係について製作・使用・廃棄などの行為の諸点から理解したい。

2. 泥塔の分析

2.1 泥塔の形態的特徴と胎土

多賀城廃寺の泥塔は宝塔形で、主に相輪部・笠部・塔身部の3つの部分から成る(図4)。そして、全ての泥塔は2面の範で粘土を挟んで作る型作りである。範からはみ出した鱗状粘土(本論では鱗部と記載)があり、範の相輪部は宝珠と五輪を彫って表現し、全ての泥塔は範から取り出された後、再び手で形を調整される。また、このあとに説明するID-11(図版7下)、XIID-13(図版4上)、XIIIE-2(図版1上)、XA-22(図版11.4)、XIID-19(図版11.5)以外の全ての泥塔は、相輪部の特徴(詳細は後述)からいずれも同じ範型で製作されたと推測できる。

XIID-13、XIIIE-2、XA-22、XIID-19の4つは範型から外した後の調整によって主に相輪部の形状が大きく変化した(3.1に詳述する第II群)。また、XIID-13、XA-22、XIID-19の3つの相輪部表面には元の五輪が押しつぶされたことによる多層の帯状痕跡が残っているため、ほかの泥塔と同じ範で製作されたと断定できないが、少なくとも型作りの工程を経たことが分かる。XIIIE-2の相輪部は調整が激しいため元々の形状をほぼ残していないが、第II群のほかの個体と似る調整痕が確認できるため、型作りの工程を経た後に形状を調整したと推測される。

ID-11の相輪部は特殊で、五輪の形が他型式のような算盤玉形とならず、下から1番目の輪が側面に平坦面をもつ円筒形となり、下から2番目の輪はやや扁平な球体になるため、ほかの泥塔と別型と考えられる。

また、本論では多賀城廃寺の泥塔を分析した鈴木・高橋両氏の属性基準(鈴木・高橋 前掲)に倣い、五輪の上から2番目と3番目の間に範傷のない面をA面、範傷のある面をB面とする。一部の泥塔の相輪部の上部に直径2mmほどの穴、すなわちX線CTの断層図で見られる「棒差し痕」が確認される。笠部は範から取り出された泥塔に粘土を貼り付け、親指と人差し指で摘み出されたものである。その横断面はやや不整な円形または円に近い多角形であり、笠部の上面と下面に指の腹で順次に押された凹みや、ナデ調整痕、指紋が確認できる。塔身部は横断面がやや不整な円形・楕円形であり、筒状もしくは円錐状を呈する。29点のうち底部が残るのは27点であるが、その大部分は平底であり、2点の底部だけが内湾する。また、全ての泥塔の塔身部にはナデ調整が施され、一部の泥塔では表面全面に指紋が確認される。そして、ほぼ全ての泥塔の宝珠と五輪(以下、輪珠と記載)は何かにか押しされ、もしくは意図的な調整によって元の形が改変されたほか、一定度の摩滅を帯びている。

泥塔の特徴は以下の諸点である。まず、元々の範には宝

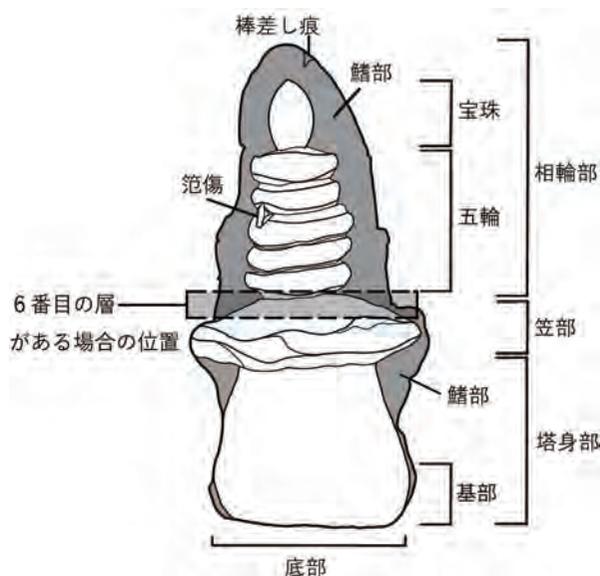


図4 多賀城廃寺泥塔模式図、IIF-18をもとに

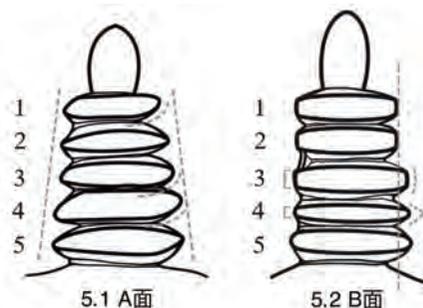


図5 AB両面輪珠それぞれの模式

珠と五輪がある。A面の五輪(図5.1)は全て算盤玉のような形で、それらの右側は上から下まで少しずつ張り出し、1番目の輪の下縁は両端とも大きく反り返り、右側は左側よりも上向きで、3番目・4番目の右側の下縁とほぼ平行する。ほかに、範傷のある面(B面)には五輪(図5.2)の上から1番目と2番目の輪の右縁はほぼ一直線になり、3番目の輪の右縁は1・2番目よりもわずかに張り出す。3番目の輪の厚さは五輪の中で厚い方であり、特に4番目の輪よりも厚い。また、3番目の輪は全体的に短い円筒形を呈し、4番目の輪は算盤玉のように両端を狭めている。これらの特徴から、範傷が明瞭ではない場合でも、ある程度泥塔のAB面を識別でき、さらにその製作プロセスから型式を区別できる。

また、五輪以上のさらに下に、上から6番目の層があり、明白な例は図版6上のIIE-9のように彫られている。型押し段階で既に存在し、その後の手調整によって6番目の層が押しつぶされて見え難くなる個体もある(図版5上UK-3、図版6下XID-18)。その形は五輪よりも側面が平坦になり、

指でナデ調整によって笠部と密着させる。五輪との間の溝が基本的に残されるため、6番目の層を相輪部の基台・露盤として意識的に作った可能性がある。

表2に示すように、29点中完形は22点であり、塔身番号 IIE-9、IIE-22 の2点は報告書の図版に掲載されていない。その他の20点は報告書に掲載されており、それらの番号は、II D-14、IIE-2、IIE-8、IIF-18、IIH-1、IIL(01) (括弧内の数字は塔身番号に不明な部分があるためつけた仮番号、以下のUKで始まる番号も同様である)、IIM-2、IIO-14、IIIB-3、VIK-2、IXA(01)、XA-22、XIA-2、XID-18、XIID-15、XIID-17、XIID-19、XIIE-2、XIIE-6、UK-4W (UK=Unknown、W=West、出土位置不明のもので、塔身部に「講堂西」の文字あり) である。欠損品の泥塔は7点あり、ID-11、IXB-3、UK-2W、UK-3は報告書に記載がない。ID-11は相輪部上半と塔身部の一部を欠損し、IXB-3は相輪部・笠部を欠き、塔身部の一部を欠損する。UK-2Wは基部を欠損し、UK-3は塔身部大部分を欠損する。IIE-4、XID-18、UK-5Nは報告書に記載があり、IIE-4は塔身部の下半分を欠損し、XID-18はA面大部分を欠く。UK-5Nは塔身部の一部が欠損した個体である。

完形の泥塔の重量は33.4～82.6g、高さは58.6～94.2mm、最大幅は31.4～43mmである。相輪部が存在する泥塔は29点中27点であり、上面の棒差し痕は74%に確認される。範傷は81%に確認され、範傷がAB面で確認できない個体については同様な型式的特点を示す(詳細は3.1に後述)。

範傷のほか、AB両面に幾つかの特徴的な痕跡があり、XID-18・IIIB-3・IIF-18・IXA(01)・UK-3の範傷のない面(A面)の輪珠の左側には、縦方向に長さ25mm程、幅4mm程の木目痕が確認される(図版9.1)。

泥塔の胎土の色は『標準土色帖』を参照し、各個体の一番面積の大きい部分の3箇所の色を判定し、総合的判断した。また、土質の情報を加えて以下の7類に分けた。なお、表中の型式は、3.1で示しており、切断面色は2.2で後述するCT値を疑似カラー化した色を示している。

type1 : 直径2mm以下の結晶質の石英粒を3-5%程度と、3-5mm程の転摩した不透明の砂粒を1%程度含み、その一部は表面から剥落し、窪みを残している。胎土は均質・極細粒で高密度、粘着性も高く、素手で触っても粉末が剥がれない。色調は橙色に集中する。

表 1.1 type1 に該当する泥塔

塔身番号	報告書図版掲載	重量 (g)	型式	色調	色相 明度/彩度	type	切断面色
ID-11	無し	63.9	IIIC-8	橙	5YR 7/8	1	紺青
XID-18	図54-2	56.9	Ia2-4	橙	5YR 6/6	1	青
XIIE-2	図55-16	37.1	IIB2-7	黄橙	7.5YR 8/8	1	赤

type2 : 直径0.5-3mm程の結晶質の石英粒を2%程度含

む。胎土は均質・極細粒で高密度、粘着性も高く、素手で触っても粉末が剥がれない。厚さ0.5mm程の薄い白色膜がごく僅かに表面の一部に確認できる。色調はにぶい黄橙色に集中する。

表 1.2 type2 に該当する泥塔

塔身番号	報告書図版掲載	重量 (g)	型式	色調	色相 明度/彩度	type	切断面色
IIF-18	図54-1	66.2	Ia1-1	にぶい黄橙	10YR 6/3	2	黄
XIID-17	図55-14	52.2	Ia1-6	にぶい黄橙	10YR 6/3	2	黄
UK-3	無し	33.3	Ia2-4	灰黄褐	10YR 4/2	2	青
IIE-8	図54-10	39.4	Ia1-4	橙	7.5YR 7/6	2	-
IIIB-3	図54-3	59.0	Ia1-1	にぶい黄橙	10YR 6/3	2	-
IXA(01)	図55-13	44.8	Ia1-6	橙	5YR 7/6	2	-

type3 : 直径1mm程の結晶質の石英粒を2%程度と、直径0.5-1mm程の白色粒子を1%程度含む。胎土は均質・細粒で中～高密度、粘着性は中程度で、素手で触ると粉末が少し剥がれる。0.5mm程の薄い白色膜が表面に部分的に確認でき、さらにその下にはもう一層の薄い粘土膜があり、亀裂と剥落によって下位の粘土と分かれる。色調はにぶい黄橙色に集中する。

表 1.3 type3 に該当する泥塔

塔身番号	報告書図版掲載	重量 (g)	型式	色調	色相 明度/彩度	type	切断面色
IID-14	図54-5	63.2	Ib1-2	黄橙	7.5YR 8/8	3	緑
IIE-2	図55-19	59.5	Ib1-5	にぶい黄橙	10YR 7/4	3	黄
IIL(01)	図54-9	48.1	Ib1-2	にぶい黄橙	10YR 6/4	3	黄橙
IIH-1	図54-8	53.1	Ib1-2	黄橙	7.5YR 8/8	3	-
IIM-2	図54-4	59.7	Ib1-2	にぶい黄橙	10YR 7/4	3	-
XIID-15	図55-20	48.6	Ib1-2	橙	7.5YR 7/6	3	-
XIID-19	図55-18	33.4	IIB2-7	浅黄橙	10YR 8/4	3	-

type4：直径 1mm 以下の結晶質の石英粒を 5% 程度と、2-5mm 程の不透明な砂粒を 3% 程度含む。胎土は均質・細粒で中密度、粘着性は高く、素手で触っても粉末が剥がれない。色調は灰黄褐色に集中する。

表 1.4 type4 に該当する泥塔

塔身番号	報告書図 版掲載	重量 (g)	型式	色調	色相 明度/彩度	type	切断面 色
IIE-9	無し	43.6	Ib1-5	灰黄褐	10YR 6/2	4	青
XIID-13	図55-15	44.9	Ila1-7	灰黄褐	10YR 6/2	4	黄緑
IXB-3	無し	43.1	Ia2-3	灰黄褐	10YR 6/2	4	黄緑
VIII-2	図54-7	35.2	Ib1-5	灰黄褐	10YR 6/2	4	-

type5：直径 0.3mm 以下の結晶質の石英粒を 7% 程度と、0.5-1mm 程の白色粒子を 4% 程度、3-5mm 程度の不透明で褐色の小円礫を 3% 程度含み、その一部は表面から剥落し窪みを残している。胎土は均質・中細粒で中密度、粘着性は高く、素手で触っても粉末が剥がれない。色調は褐色に集中する。

表 1.5 type5 に該当する泥塔

塔身番号	報告書図 版掲載	重量 (g)	型式	色調	色相 明度/彩度	type	切断面 色
IIO-14	図54-11	35.7	Ib1-5	黄橙	5YR 8/8	5	-
XA-22	図55-17	39.2	Ila1-7	にぶい 赤褐	2.5YR 6/6	5	-
XIIE-6	図55-21	54.8	Ib1-5	褐灰	5YR 5/1	5	-

type6：直径 0.5mm 程の石英や長石などの粒子と、3mm 程の不透明で褐色の小円礫 3% 程度を含む。胎土は均質・中細粒で中密度、粘着性はやや高く、素手で触ると粉末が少しだけ剥がれる砂質粘土。色調は黄橙褐色に集中する。

表 1.6 type6 に該当する泥塔

塔身番号	報告書図 版掲載	重量 (g)	型式	色調	色相 明度/彩度	type	切断面 色
UK-2W	無し	44.5	Ia2-3	灰黄褐	10YR 6/2	6	紺青
IIE-4	図55-22	48.0	Ia2-3	浅黄橙	7.5YR 8/6	6	-
UK-4W	図54-6	43.2	Ia1-3	黄橙	7.5YR 8/6	6	-
UK-5N	図55-23	46.8	Ia2-3	灰赤	2.5YR 5/2	6	-

type7：直径 5-15mm 程の丸い泥岩粒と 1mm 程の白色不透明の粒子を含む。胎土は均質で中高密度、粘着性はやや低く、素手で触ると粉末が手に付く砂質粘土。色調は浅黄橙色に集中する。

表 1.7 type7 に該当する泥塔

塔身番号	報告書図 版掲載	重量 (g)	型式	色調	色相 明度/彩度	type	切断面 色
IIE-22	無し	82.6	Ic-3	浅黄橙	10YR 8/3	7	青
XIA-2	図54-12	56.7	Ia1-6	浅黄橙	10YR 8/3	7	-

2.2 X線 CT による解析

〈分析方法〉

X線 CT を用いて泥塔 14 点と炭化物 2 点の内部構造および密度状況を観察した。分析では東北大学総合学術博物館に設置されている CT スキャンシステム ScanXmate-D180RSS270 高出力型大型標本用装置 (図 6)、断層像の再構成ソフト「coneCTexpress」と撮影データの表示及び解析ソフト「Molcer / MolcerPlus」は (両者は共に有限会社ホワイトラビット) を使用した。



図 6 X線 CT 撮影装置 (奥側)

泥塔全体を観察するための CT 撮影の条件は、180kv, 120 μ A の X 線強度で 2000 プロジェクション、拡大率は泥塔の大きさによるが全体が入るように普通 2 倍程度で、空間分解能は 1 ボクセルの 1 辺の大きさはおおよそ 60 μ m である。炭化物単体の CT 撮影での設定は、50kv, 200 μ A の X 線強度で、2000 プロジェクションで拡大率は 9 ~ 17 倍で 1 ボクセルの 1 辺の大きさは約 7 ~ 17 μ m である。なお、どちらの X 線透過撮影画像のマトリックスは幅 1856pixel、高さ 1472pixel である。

同じ X 線強度による撮影条件と CT 再構成条件で得られた泥塔の CT 断層像から Molcer で作成された断面図の擬似カラーは、X 線吸収係数の分布を表しており、ほぼ密度分布に相当する。図版 8 で示した擬似カラーバーでは、上の茜色に近いほど密度が高く、逆に紺色に近いほど密度が低い。図版 8 の炭化物の断面図においても同様に密度の高低を表現できる。

〈泥塔の内部構造〉

図版 1 ~ 7 では、泥塔 14 点の写真 (1 ~ 3) および A 面・側面・B 面の 3D モデル図 (4 ~ 6)、B 面からの X 線透視写真 (7)、B 面からの擬似カラーで表す断面図 (8)、上面の写真 (9) を表示した。

泥塔は全て空洞の存在が確認できる。空洞の形は統一性がなく、その位置は基本的に相輪部以下、塔身部にある。XID-18 の空洞は一部相輪部に至る。そして、相輪部のある泥塔は全てその上端に長細い棒差し痕が確認できる (図版

6)。また、X線透視写真と断面図から、ID-11（図版7下）以外の全ての泥塔の空洞に炭化物塊があり、その炭化物が多層的構造であることを確認できる。そのほか、IIE-2のボール状炭化物とその周りの球状空洞（図版3上）、およびIIF-18・XIID-17の細長い炭化物とその周りの帯状空洞（図版2）の関係から、泥塔内の空洞の形はその内部の炭化物の形と一致することが分かる。また、断面図の擬似カラーを見ると、密度が高い方から順に、泥塔を赤色（XIIE-2）・黄橙色（IIL(01)）・黄色（IIE-2、IIF-18、XIID-17）・黄緑色（IXB-3、XIID-13）・緑色（IID-14）・青色（IIE-9、IIE-22、XID-18、UK-3）・紺青色（ID-11、UK-2W）の7組に分けることができる。

〈炭化物・小紙片の内部構造〉

炭化物2点中の1点はIIE-2内のもので、IIE-2C（C=Carbon）と呼ぶ。もう1点は所属した泥塔が不明のため、仮番号UK-1Cとした。図版8の8.1、8.2に示すように、左側は3Dモデルおよび断面図で、右側は実物写真である。

IIE-2Cは径約7mmの丸みのある形状で、折り畳んだ紙の隙間に径約0.5mmの中空のボール状物体がいくつか挟まれている。UK-1Cの長さは約16mm、幅約6mm、厚さ約1.5mmであり、真中が捻られてリボン状を呈する。その縁辺には密度の高い砂粒が付着し、肉眼で見ると灰白色の帯が断続的に付着している。断面図の擬似カラーで示すように、IIE-2Cの密度はUK-1Cよりやや高く、肉眼で観察すると、IIE-2Cの色はUK-1Cより少し黒みが濃い。

3. 考察

3.1 泥塔の形態分類と型式

X線CT撮影が行われていない泥塔15点は、図版9～11に写真を掲載している。本論では、泥塔の型式をⅠ～Ⅲ群、a1～c組に分類し、その組み合わせによって型式を示した（例えば、IIa1-3型式）。この分類は今回の観察及び分析に基づいて示したものである。各泥塔の具体的な型式分類を表2に示す。

Ⅰ～Ⅲ群は、相輪部・笠部・塔身部の3つの部分の揃い方と相輪部の最も基本的な特徴に基づいて分類する。

Ⅰ群：相輪部・笠部・塔身部の3つが全部揃い、各部分の元の形が判別できるもの（図版9・10・11.1～3）。

Ⅱ群：相輪部・笠部・塔身部の3つが全部揃い、相輪部全体がナデ調整により元の形がほぼ磨り消されたもの（図版11.4～5）。

Ⅲ群：相輪部・塔身部の2つが揃い、笠部のないもの（図版6のID-11を参照）。

a1～c組は、泥塔の塔身部の特徴によって分類する（図7）。

a1：塔身部は筒状あるいは下位がやや開く円錐状を呈し、基部が徐々に底部に向かってつぼまり、下端が丸みをもつ平底である。

a2：塔身部は筒状あるいは下位がやや開く円錐状を呈し、基部が底部に向かって直線的に開き、下端がやや丸みをもつ平底である。

b1：塔身部は筒状、あるいは中部に膨らみがあり、基部は少し外反して開き、平底である。

b2：塔身部は筒状、あるいは中部に膨らみがあり、基部が少し外反して開く傾向があり、上げ底である。

c：塔身部は筒状、あるいは中部に膨らみがあり、基部には帯状の基台があり、平底である。

上記の検討を経て、泥塔の共通する特徴、および製作プロセスにおける製作意図を含めた人為的特徴に基づいて以下の1～8類型に分類できる。類型1が2点、類型2が5点、類型3が6点、類型4が3点、類型5が5点、類型6が3点、類型7が4点、類型8が1点であり、詳細は以下となる。

類型1：IIF-18・IIIB-3

全体形状はⅠ群で、塔身部は2点ともa1組である。

全体の高さは83～87mmである。輪珠は元の形を保ち、相輪部にナデ調整がほぼ行われず、AB面の対称性、すなわちAB両面それぞれの相輪部と笠部の位置合わせの精度が低い。塔身部はナデ調整が行われたため、型合わせ段階の両面の位置合わせの痕跡がだいぶ改変された。相輪部には鱗部が意図的に残され、形状も調整される。厚さは平均4mm程。上端部はやや尖り、全体の形は火焰形光背と似る。塔身部の両側にも鱗部が少し残され、笠部の鱗部の長さは約10mmになり、基部にも少しだけ残る場合がある。また、

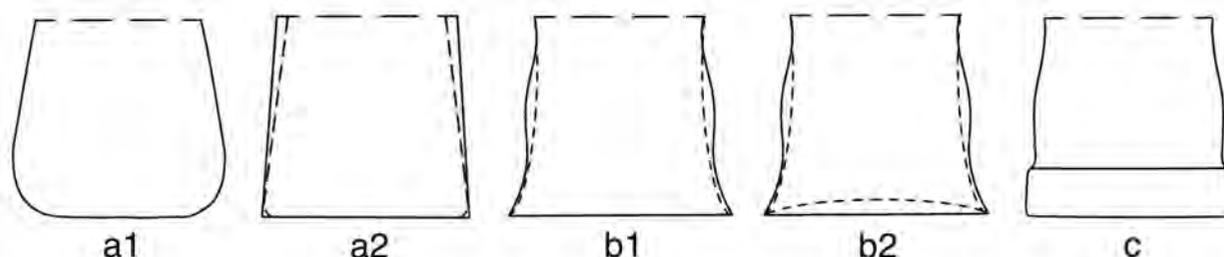


図7 泥塔の塔身部類型

塔身部に指調整が多く施されたため、型合わせの范線のある両側中央の鱗部粘土が押し消され、残された鱗部が「▽」状を呈する。笠部は円形に近い多角形で、幅は平均10mm程で、厚さは均一ではない。また、上下面共に親指と人差し指での摘み出しによる凹みがあり、反時計回りで調整される傾向は弱く、下面はナデ調整によってなだらかになり、塔身部との境界が明確に屈曲する。

類型 2: IID-14・IIL(01)・IIH-1・IIM-2・XIID-15

全体形状はⅠ群で、塔身部は5点ともb1組である。

全体の高さは82～89mmである。輪珠の元の形がほぼ残され、相輪部がナデ調整によって少し変形する。表面には少し摩滅がある。五輪部は均一な円筒状を呈し、AB両面の対称性がやや強い。相輪部には五輪の両側の鱗部が残存せず、鱗部の厚さは平均3mm程である。宝珠の周りには鱗部があり、その幅は五輪の幅に等しく、宝珠の上部の鱗部は高さ3mm程を超え、鱗部全体の形は楕円形を呈する。塔身部の両側には鱗部がほぼ残らない。笠部はほぼ円形で、幅は平均10mm程、厚さは均一で、上面に指頭圧痕が反時計回りの順番で並び、下面に時計回り順で並ぶナデ調整痕があり、塔身部との境目に並ぶ爪痕がある。

類型 3: IIE-22・IIE-4・IXB-3・UK-2W・UK-4W・UK-5N

全体形状はⅡ群で、塔身部は1点がa1組(UK-4W)、4点がb2組である。

全体の高さは76～94mmである。輪珠の元の形はほぼ残され、表面は少し摩滅があり、AB両面の対称性は強くない。相輪部には五輪の両側の鱗部が2mm程残存し、鱗部の厚さは平均5mm程である。その上端部は宝珠の高さを越えず、鱗部全体の形は楕円形を呈する。塔身部の両側にも鱗部が笠部を超えて少し残されるが、基部には残らず、鱗部の長さは約5mmである。結果的に、笠部と鱗部が「T」状を呈する。笠部は円形に近い多角形で、幅は平均9mm程、厚さは均一で、上面に指押しによる反時計回りの順で並ぶ凹みがあり、下面に時計回りの順で並ぶナデ調整痕がある。笠部と塔身部との境界が明確に屈曲する。

類型 4: XID-18・IIE-8・UK-3

全体形状はⅠ群で、塔身部の1点がa1組(IIE-8)、2点がa2組である。

全体の高さは74～85mmである。輪珠は元の形を保ち、相輪部にナデ調整をほぼ施されず、AB両面の対称性は強い。相輪部には五輪の両側の鱗部が幅2mm程残存し、厚さは平均1mm程で、薄いため崩れやすい。元の鱗部が輪珠に沿って楕円形であったが、鱗部が欠損し輪珠だけを残す傾向にある。塔身部の両側に鱗部が少し残され、笠部の下位に長さ約4mmの鱗部があるが、基部には残らない。結果的に、笠部と鱗部が「T」状を呈する。笠部は円形に近い多角形で、幅は平均9mm程、厚さは均一で、縁辺が上にそり反る。笠部の上面に指頭圧痕が反時計回りの順で並び、笠部の下面がナデ調整によってなだらかになり、塔身部との境界が

明確に屈曲する。

類型 5: IIE-2・IIE-9・IIO-14・VIK-2・XIIE-6

全体形状はⅠ群で、塔身部は5点ともb1組である。

全体の高さは75～86mmである。輪珠の表面には摩滅があり、特に宝珠と上から1～2番目の輪までの摩滅が強い。宝珠の上端部は摩耗され、輪珠は円錐状を呈し、AB両面の対称性がやや強い。相輪部には鱗部がほぼ残存せず、厚さは平均2mm程である。塔身部の両側に鱗部がほぼ残されず、笠部を超えて長さが約3mmに達する場合もあり、基部には鱗部が残らないため、笠部と鱗部が「T」状を呈する。笠部はほぼ円形で、幅は平均8mm程、厚さは均一で、縁辺が少し上にそり反り、上面に指頭圧痕が反時計回りの順で並び、下面はナデ調整によってなだらかになる。笠部と塔身部との境界が明確に屈曲する。

類型 6: XIID-17・IXA(01)・XIA-2

形状は1点がⅠ群(IXA(01))、2点がⅡ群で、塔身部は3点ともa1組である。

全体の高さは65～71mmである。輪珠の摩滅が強く、特に宝珠と上から1～2番目の輪までが強く摩耗され、相輪部全体が銃弾状を呈し、AB両面の対称性は強くない。相輪部には鱗部がほぼ残存せず、厚さは平均2mm程である。塔身部の両側に鱗部がほぼ残らず、笠部を超えて長さは約3mmに達する場合もあり、基部には鱗部が残らず、残された鱗部と笠部は「T」状を呈する。笠部はほぼ円形で、幅は平均8mm程、厚さは均一で、縁辺が少し上に反って、上面に指頭圧痕が反時計回りの順で並び、下面はナデ調整によってなだらかになり、塔身部との境界が明確に屈曲する。

類型 7: XIID-13・XIID-19・XIIE-2・XA-22

全体形状はⅡ群で、塔身部は2点がa1組(XIID-13・XA-22)、2点がb2組(XIID-19・XIIE-2)である。

全体の高さは59～79mmである。相輪部が摩耗し、円錐状を呈する。AB面は分別しにくい。塔身部にも鱗部が残らない。笠部は円形に近い多角形で、幅は平均7mm程、厚さは均一である。泥塔全体にナデ調整による反時計回りの順で並ぶ調整痕が残る。

類型 8: ID-11

形状はⅢ群で、塔身部はc組である。

全体の高さは推定90mmを超える。五輪の形が他型式のように算盤玉形とならず、下から1番目の輪が側面に平坦面をもち、厚さ5mmの円筒形となる。下から2番目の輪はやや扁平な厚さ10mmの球体であり、相輪部に鱗部がほぼ残らず、鱗部の厚さは平均3mm程である。笠部はない。塔身の基部の両側に鱗部が少し残り、長さは約20mmである。また、基部に帯状の幅10mm程の基台があり、残された鱗部と基台が共に「⊥」状を呈する。また、泥塔内部に空洞がなく、底部に棒刺しによる幅4mm程、深さ15mm程の盲孔がある。

3.2 泥塔の製作プロセスの復元

砂粒が紙玉の縁辺に多く付着する点から、当時、紙玉は両箔を合わせる前、片側の胎土に押し入れた際に、胎土内に混ざっている砂などが紙玉の縁辺から多層構造の隙間に入り込んだと推測できる。このような泥塔の痕跡学的特徴を加えると、泥塔の製作プロセスを推測できる。まず、両面の箔にそれぞれ粘土を詰め込み、次に文字を書き終えた紙を折り畳んで、直に粘土に押し込み、両面の箔を挟み合わせる。次に、1面の箔を離型した後、もう1面の箔に詰め込まれた泥塔を、細い串などを相輪部上端に刺し、泥塔を完全に取り出す。同じ棒差し痕は山梨県増穂町の権現堂遺跡出土泥塔にも見られ、泥塔の中央の笠部下に棒差し痕がある(畑 1989)。権現堂遺跡の泥塔は上下両端が大きく、真ん中の首部が細くてもろいため、ここに刺すと泥塔を形崩れなく箔から取り出せる(榎原 1989)。一方、多賀城廃寺の泥塔の全体の太さは権現堂遺跡のものと同大差ないため、相輪部上端を刺すと比較的取り出しやすい。この時点では、泥塔はまだ笠部のない状態であり、次に指で笠部をつまんで作り出す。さらに、塔身部両側の箔線や鱗部に余った粘土を取り除く作業などを行い、泥塔全体の形を調整して出来上がる。

そして、泥塔 IID-14、IIE-2、IIF-18、IIH-1、IIL(01)、IIM-2、IIIB-3、IXB-3、XIID-15、XIID-17、XIID-19、XIIE-6 の12点の表面には、薄い膜層が確認できるが、それは離型剤が着色層のいずれかの可能性がある。離型剤として石膏粉($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)を塗布するであれば、実物に見られるような白っぽい層が残存する(榎原 1989)。一方、多賀城廃寺の泥塔には白っぽい層が見えるのと同時に、XIIE-6のように表面に赤褐色の層も存在する。また、2.1に記述しているように、白っぽい層の下に、もう一つ別の薄層のある泥塔もある。このような特殊な層のある泥塔は29点中の12点(約41%)あるが、もし離型剤であれば、その出現率ももっと高いはずである。この12点の泥塔のうち、3点の胎土はtype2、6点がtype3であり、2点はI a1-1型式、2点はI b1-5型式、5点はI b1-2型式であり、使われた粘土の種類とその形態には一定の関係があったことが示唆される。

3.3 類型8について

泥塔 ID-11 (III群)は他の泥塔と異なる特徴を持ち、五輪の形状、基台を持つ塔身部、および棒刺しによる底部盲孔の存在から、別の性格を有した可能性を示唆している。

また、泥塔 IIE-22の製作時期はID-11より少し古い、もしくはほぼ同時期である可能性がある。その理由は、この2つが共に全長が90mmを超えると推測され、特に塔身部の長さが40mmを超えた泥塔の中の大型個体であるからである。さらに、IIE-22は他の泥塔と同様に、相輪部・笠部のある構造をもち、他の相輪部と似た個体も複数あり(類型3)、塔身部にも2面の箔で挟む前に紙玉を粘土に押し込んだこ

とによる空洞が残される。輪珠の様式からも他の泥塔と同じ箔で作られたと推定できる。これらの点から、IIE-22は他の泥塔と同様な製作プロセスを経たと判断できる。

さらに、他の泥塔の塔身部より明らかに大きく、ID-11の塔身部の寸法と近似する点と、IIE-22の笠部は摘み出された後に再び押し入れられ、ほかの泥塔のような明白な張り出しがなく、塔身部とほぼ同一の面となる特徴がある。ID-11に笠部がない点を加えると、IIE-22は、他の泥塔とID-11を代表とする別型式の泥塔の間の移行型と推定できる。

IIE-22のB面の箔傷は2ヶ所ある点からも、元の木製の箔は使用期限の限界が近づいたため、新しい箔(ID-11)に取り替えた可能性を示唆する。現在、ID-11に関する製作時期の検討も行っており、別稿にて報告したい。

3.4 炭化物・小紙片の考察

炭化した紙片とその断面図から、それぞれの折り畳み方を推測できる。図版8.3で示すように、IIE-2CとUK-1Cのstep1～2は同じで、①の書き終わった紙の長辺に沿って二つに折り続けて②のようになり、さらに2回折り続けて③になる。次のstepによって紙玉が2つのパターンになる。IIE-2Cは③の紙の中央を180°捻じって最終的に④のようになる。UK-1Cは③の紙をさらに丸めて最終的に⑤のようになる。

IIE-2Cの隙間に挟まれるボール状物体はスケールから、被熱した虫卵やタネなどの可能性を示唆され、さらなる同定作業が必要である。また、IIE-2CとUK-1Cのような炭化物の実物が完全に保存されている点と、これらの炭化物・小紙片が泥塔内の密閉する環境に閉じ込められて受熱した点を加味すると、泥塔内の紙玉は酸素が足りない窒息状態で燃焼、あるいは受熱が進行し、極端な不完全燃焼を経ていた。即ち、何かの方法を使用して、これらの炭化物状態の紙玉を展開すれば、紙に記された内容等を解明できる可能性を示唆している。

まとめ～課題と展望～

本論では、多賀城廃寺の泥塔の内容を詳述し、具体的に示した。特にX線CTの画像を用いて、泥塔内部の詳しい状況を示すことができた。これによって泥塔の全体的特徴、当時の製作プロセス、およびそれらの胎土・色・形状からの型式的分類を可能にした。

一方で、幾つかの課題が残されている。まず、分析対象とするサンプル数の増加である。宮城県教育委員会が所蔵している泥塔を加えて分析し、全体的な特徴を確実に把握する必要がある。

次に、泥塔の胎土分析および着色層の分析である。異なる胎土の混入物(石英、小石など)と表面にある着色層を実体顕微鏡の観察と蛍光X線分析などを行い、それらの構

成元素及び鉱物成分を解明する試みが必要であり、塑像との胎土・顔料などに関する比較研究も同様に必要である。また、泥塔の色変化を解明するため、異なる温度での加熱実験による粘土の収縮率と色の変化の解明を試みる必要がある。さらに楮紙を使用し、小紙片の受熱による収縮試験、及びその後の復元実験を行う必要がある。

最後に、多賀城廃寺の泥塔の製作年代の解明である。多賀城廃寺の泥塔はある時点に一度だけ製作されたものか、若しくは繰り返し行われた製作活動か、各型式の泥塔から炭化物サンプルを取り出してそれぞれ放射性炭素年代測定を実施することで、それらの具体的な年代を推定できる可能性がある。さらに、当時の東北地方の仏教の展開、および多賀城廃寺の使用・存続期間に関する新たな情報を提供することができる。

本論は多賀城創建 1300 年の節目に公表されることになったが、多賀城に関する解明すべき課題がまだまだ残されており、引き続き分析研究することが強く求められている。

謝辞

本研究は東北大学ヨッタインフォマティクス研究センター 2022、2023 年度研究助成を得て実施したものである。本研究にあたり、東北大学総合学術博物館の藤澤敦氏には本論文をまとめる機会をいただくとともに、様々なご指導を頂きました。また、東北大学大学院文学研究科の長岡龍

作氏、堀裕氏、椿野智之氏、東北大学附属植物園の小林和貴氏、東京大学史料編纂所の渋谷綾子氏、高島晶彦氏、多賀城跡調査研究所の初鹿野博之氏、矢内雅之氏の各位からは貴重なご意見、ご教示をいただいた。ここに心より深く感謝申し上げます。

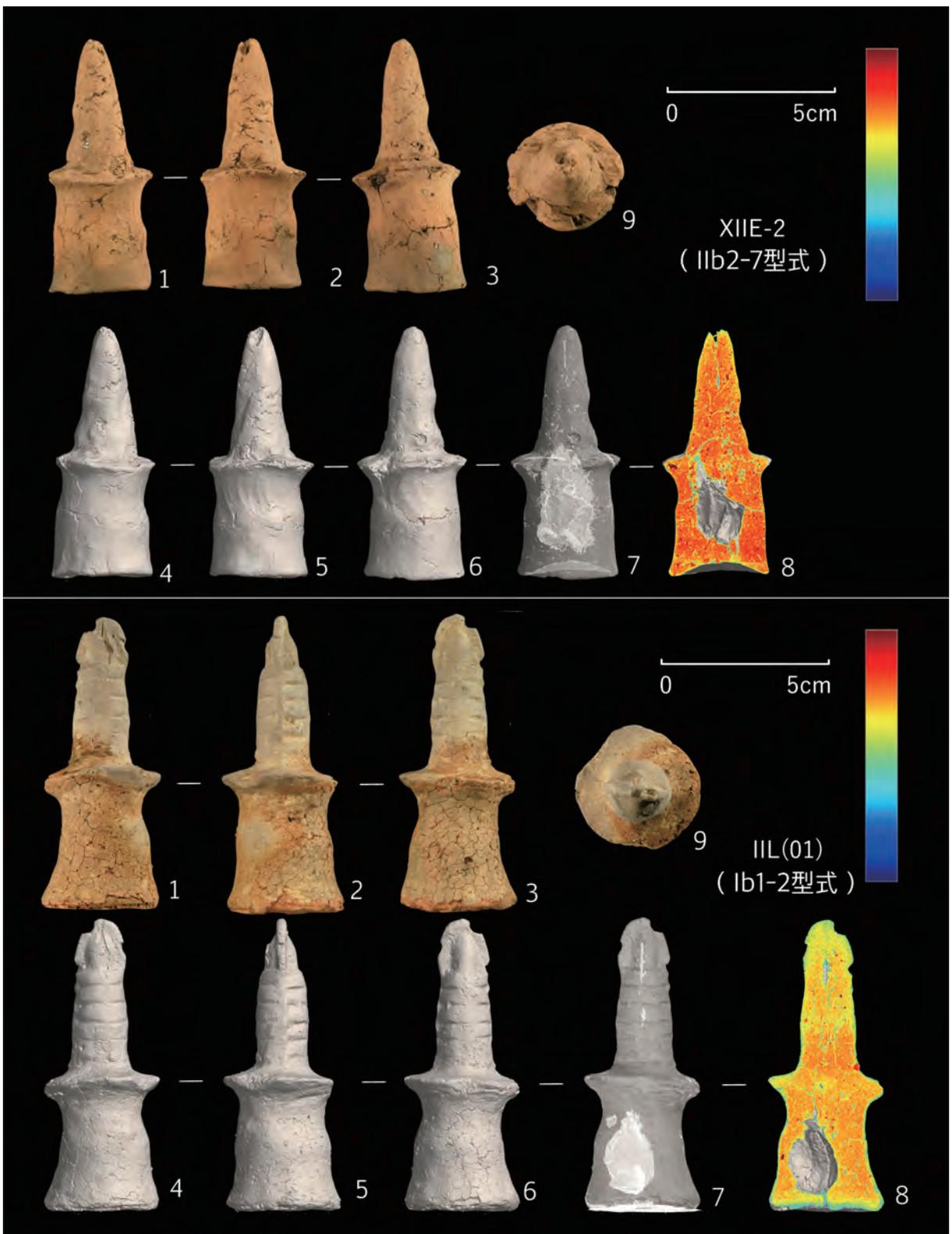
参考文献

- 伊東信雄 1970 「第 5 章 4 泥塔」『多賀城跡調査報告 I 一多賀城廃寺跡一』 pp.72-75 吉川弘文館
- 岡田茂弘 2004 「多賀城廃寺の再検討」『東北歴史博物館研究紀要』5 pp.1-15 東北歴史博物館
- 櫛原功一 1989 「泥塔製作技法の復元」『権現堂遺跡』 pp.58-60 増穂町教育委員会
- 鈴木啓司・高橋栄一 2023 「多賀城廃寺出土の泥塔」『東北歴史博物館研究紀要』24 pp.33-44 東北歴史博物館
- 奈良文化財研究所飛鳥資料館 2023 『川原寺と祈りのかけら』 飛鳥資料館図録第 76 冊 岡村印刷
- 畑大介 1989 「第 1 章 権現堂遺跡の調査 第 5 節 遺物 2. 泥塔」『権現堂遺跡』 pp.22-32 増穂町教育委員会
- 宮城県教育委員会・多賀城町 1970 『多賀城跡調査報告 I 一多賀城廃寺跡一』 吉川弘文館
- 宮城県多賀城跡調査研究所 2022 『宮城県多賀城跡調査研究所年報 多賀城跡一第 96・97 次調査一』 pp.69-81
- 柳澤和明ほか 2014 『山王遺跡 VI 一多賀前地区第 4 次発掘調査報告書一』 第 2 章 pp.4-12 宮城県教育委員会

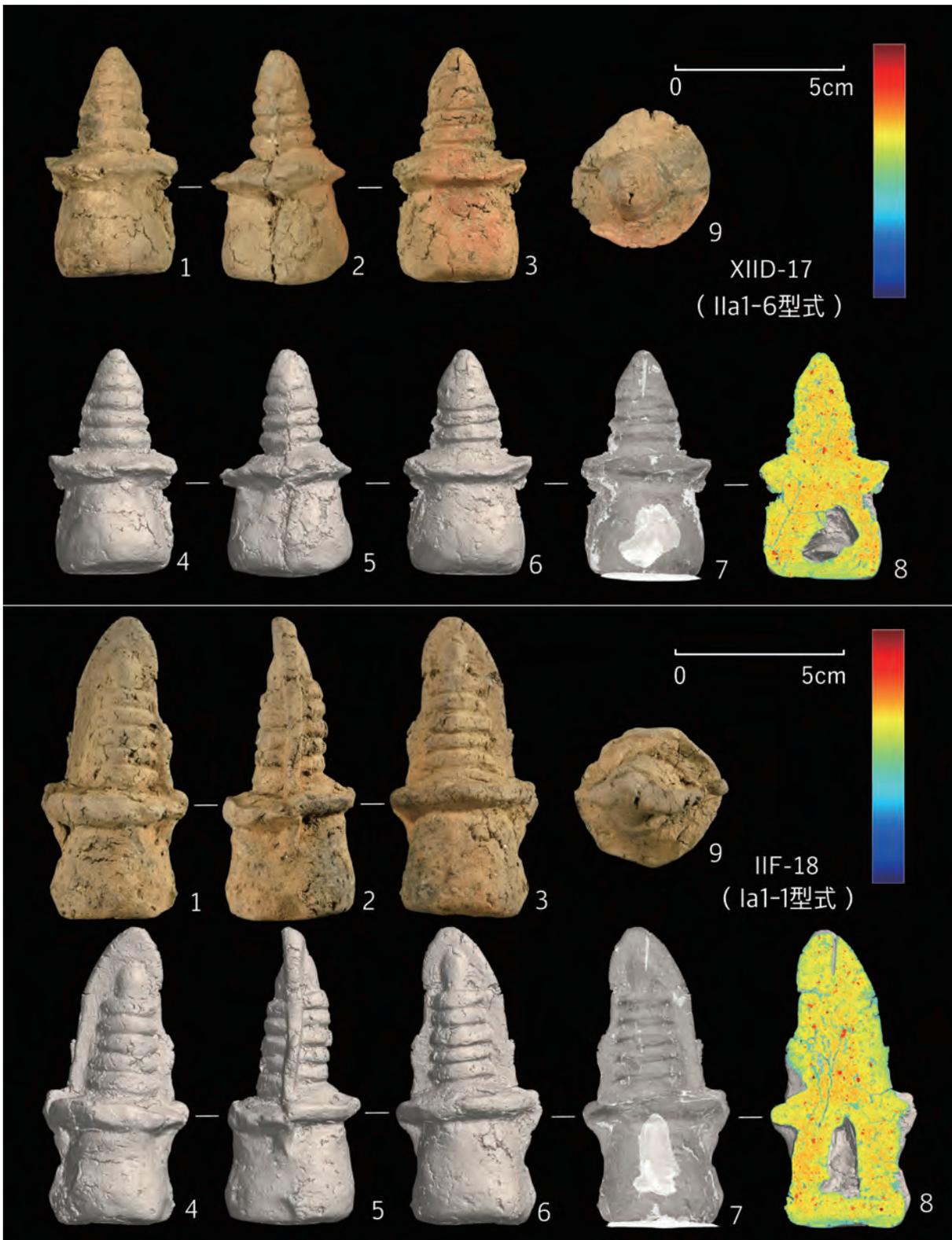
表2 泥塔の属性

塔身番号	報告書の図版掲載	本文中の図版掲載	残存状況	重量 (g)	型式	胎土		切断面カラー	全体		塔身部		頸部		相輪部			A面			B面			備考*				
						日本語	色調		type	高さ (mm)	最大幅 (mm)	厚さ (mm)	径 (mm)	表面焼差し痕	最大高 (mm)	最大幅 (mm)	残存状況	五輪幅 (mm)	輪珠高 (mm)	残存状況	範囲	五輪幅 (mm)	輪珠高 (mm)		残存状況			
ID-11	無し	図版7下	相輪部上半・一部基部欠損	63.9	IIc-8	橙	5YR 7/8	1	紺青	64.9	43.7	43.3	43.7	-	-	21.7	20.0	19.9	17.5	21.7	21.7	60%	-	21.8	21.7	60%	底部に黄土と構差込穴あり	
II0-14	図54-5	図版4下	完形	63.2	Ib1-2	黄橙	7.5YR 8/8	3	緑	87.7	35.9	32.1	35.9	6.4	37.9	44.7	18.9	16.4	37.2	15.8	38.1	100%	○	15.8	38.1	100%		
IIE-2	図55-19	図版3上	完形	59.5	Ib1-5	にぶい黄橙	10YR 7/4	3	黄	81.4	36.1	33.1	36.1	6.1	35.2	41.1	18.8	19.2	38.7	19.4	39.1	90%	○	19.4	39.1	90%	塔身部破断	
IIE-9	無し	図版6上	完形	43.6	Ib1-5	灰黄橙	10YR 6/2	4	青	81.9	34.7	33.2	34.7	5.4	30.9	43.7	19.4	17.5	36.2	15.5	43.7	95%	○	15.5	43.7	95%	塔身部破断	
IIE-22	無し	図版3下	完形	82.6	Ic-3	浅黄橙	10YR 8/3	7	青	94.2	43	41.5	43.0	9.2	37.2	43.4	22.7	22.2	41.2	19.5	38.6	95%	○	19.5	38.6	95%	塔身部破断	
IIF-18	図54-1	図版2下	完形	66.2	Ia1-1	にぶい黄橙	10YR 6/3	2	黄	82.9	37.6	29.4	37.0	5.0	37.6	41.2	20.3	19.0	36.9	100%	100%	100%	○	17.6	35.0	100%		
IIIL(01)	図54-9	図版1下	完形	48.1	Ib1-2	にぶい黄橙	10YR 6/4	3	黄橙	84.1	33.8	32.8	33.8	5.8	33.5	43.6	15.4	15.3	39.9	100%	100%	100%	○	14.7	43.2	100%		
XID-18	図54-2	図版6下	A面大部分欠損	56.9	Ia2-4	橙	5YR 6/6	1	青	84.4	37.6	28.9	37.6	5.4	35.6	45.8	17.8	17.6	40.0	16.2	38.7	40%	○	16.2	38.7	40%	A面ほぼ欠損	
XID-13	図55-15	図版4上	完形	44.9	Ia1-7	灰黄橙	10YR 6/2	4	黄橙	78.9	32.6	29.6	32.6	5.9	31.6	43.2	15.3	13.8	43.2	13.8	43.2	60%	-	13.8	43.2	60%		
XID-17	図55-14	図版2上	完形	52.2	Ia1-6	にぶい黄橙	10YR 6/3	2	黄	64.7	38.6	24.1	36.9	5.5	38.6	30.6	17.8	17.1	30.6	17.1	30.6	80%	○	15.6	30.6	80%		
XIE-2	図55-16	図版1上	完形	37.1	IIc2-7	黄橙	7.5YR 8/8	1	赤	71.1	31.5	30.0	29.4	4.1	31.5	39.2	17.7	-	39.2	-	39.2	60%	-	-	-	39.2	60%	
IXG-3	無し	図版3下	相輪部・塔身部一部欠損	43.1	Ia2-3	灰黄橙	10YR 6/2	4	黄緑	46.3	33.8	35.7	33.8	5.8	32.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	炭化物あり
UK-2W	無し	図版7上	基部欠損	44.5	Ia2-3	灰黄橙	10YR 6/2	6	紺青	79.7	35.8	28.9	32.2	6.1	35.8	40.9	18.1	17.1	38.8	16.9	41.2	85%	○	16.2	40.0	85%	西	
UK-3	無し	図版5上	塔身部大部分欠損	33.3	Ia2-4	灰黄橙	10YR 4/2	2	青	68.2	35.4	19.1	29.6	5.3	35.4	42.2	20.1	18.6	42.2	17.8	38.6	90%	○	17.2	37.0	90%	炭化物あり	
IIE-4	図55-22	図版9.1	塔身部半欠損	48.0	Ia2-3	浅黄橙	7.5YR 8/6	6	-	89.4	34.8	33.8	33.5	6.8	34.8	45.1	20.3	18.5	42.8	18.5	42.8	100%	○	18.8	41.3	100%		
IIE-8	図54-10	図版9.2	完形	39.4	Ia1-4	橙	7.5YR 7/6	2	-	73.4	34.9	25.2	29.7	5.6	34.9	40.7	16.9	18.2	37.8	18.2	37.8	100%	○	16.3	37.8	100%		
IIH-1	図54-8	図版9.3	完形	53.1	Ib1-2	黄橙	7.5YR 8/8	3	-	81.6	36.8	34.1	36.8	5.7	35.7	40.5	17.5	15.5	39.6	15.5	39.6	100%	○	14.7	40.5	100%	塔身部破断	
IIIM-2	図54-4	図版9.4	完形	59.7	Ib1-2	にぶい黄橙	10YR 7/4	3	-	89.9	36.7	36.5	36.7	6.1	35.7	48.1	16.5	16.3	39.8	16.3	39.8	100%	○	15.8	41.6	100%		
II0-14	図54-11	図版9.5	完形	35.7	Ib1-5	黄橙	5YR 8/8	5	-	73.5	31.4	29.5	31.4	4.3	28.4	41.2	18.0	16.9	41.2	16.9	41.2	85%	-	16.2	40.0	85%		
IIIB-3	図54-3	図版10.1	完形	59.0	Ia1-1	にぶい黄橙	10YR 6/3	2	-	87.1	36.9	31.0	32.3	5.2	36.9	48.6	20.9	17.8	38.6	17.8	38.6	100%	○	16.6	37.5	100%		
VIK-2	図54-7	図版10.2	完形	35.2	Ib1-5	灰黄橙	10YR 6/2	4	-	75.0	35.5	27.0	31.6	4.4	35.5	45.8	17.5	17.1	45.8	17.1	45.8	100%	○	16.9	40.0	100%		
IXA(01)	図55-13	図版11.2	完形	44.8	Ia1-6	橙	5YR 7/6	2	-	63.8	35.7	22.7	35.1	6.6	35.7	31.6	16.9	17.1	31.6	17.1	31.6	90%	○	15.9	29.4	90%		
XA-22	図55-17	図版11.4	完形	39.2	IIa1-7	にぶい赤褐	2.5YR 6/6	5	-	71.5	32.8	28.4	31.2	4.3	32.8	37.9	18.9	-	37.9	-	37.9	60%	-	-	-	35.7		
XIA-2	図54-12	図版11.3	完形	56.7	Ia1-6	浅黄橙	10YR 8/3	7	-	70.4	37.6	32.2	34.9	6.4	37.6	29.2	18.9	19.1	28.9	19.1	28.9	85%	○	17.8	27.5	85%		
XID-15	図55-20	図版10.3	完形	48.6	Ib1-2	橙	7.5YR 7/6	3	-	83.7	35.6	33.3	34.4	6.2	35.6	43.0	17.8	15.5	38.7	15.5	38.7	95%	○	16.9	43.0	95%	塔身部破断	
XID-19	図55-18	図版11.5	完形	33.4	IIb2-7	浅黄橙	10YR 8/4	3	-	58.6	34.4	25.7	33.3	7.1	34.4	26.3	15.3	-	26.3	-	26.3	60%	-	-	-	26.3		
XIE-6	図55-21	図版10.4	完形	54.8	Ib1-5	褐灰	5YR 5/1	5	-	84.8	39.2	33.3	38.5	5.8	39.2	43.4	17.5	17.5	41.9	17.5	41.9	95%	○	16.1	41.9	95%	塔身部破断	
UK-4W	図54-6	図版10.5	完形	43.2	Ia1-3	黄橙	7.5YR 8/6	6	-	76.4	32.3	29.9	32.2	5.6	32.3	39.0	15.8	18.1	39.0	18.1	39.0	95%	○	17.2	36.2	95%	隣壁西	
UK-5N	図55-23	図版11.1	塔身部一部欠損	46.8	Ia2-3	灰赤	2.5YR 5/2	6	-	81.8	36.7	31.4	33.9	6.3	36.7	42.7	20.7	17.9	42.4	17.9	42.4	100%	○	16.9	42.0	100%	隣壁北下	

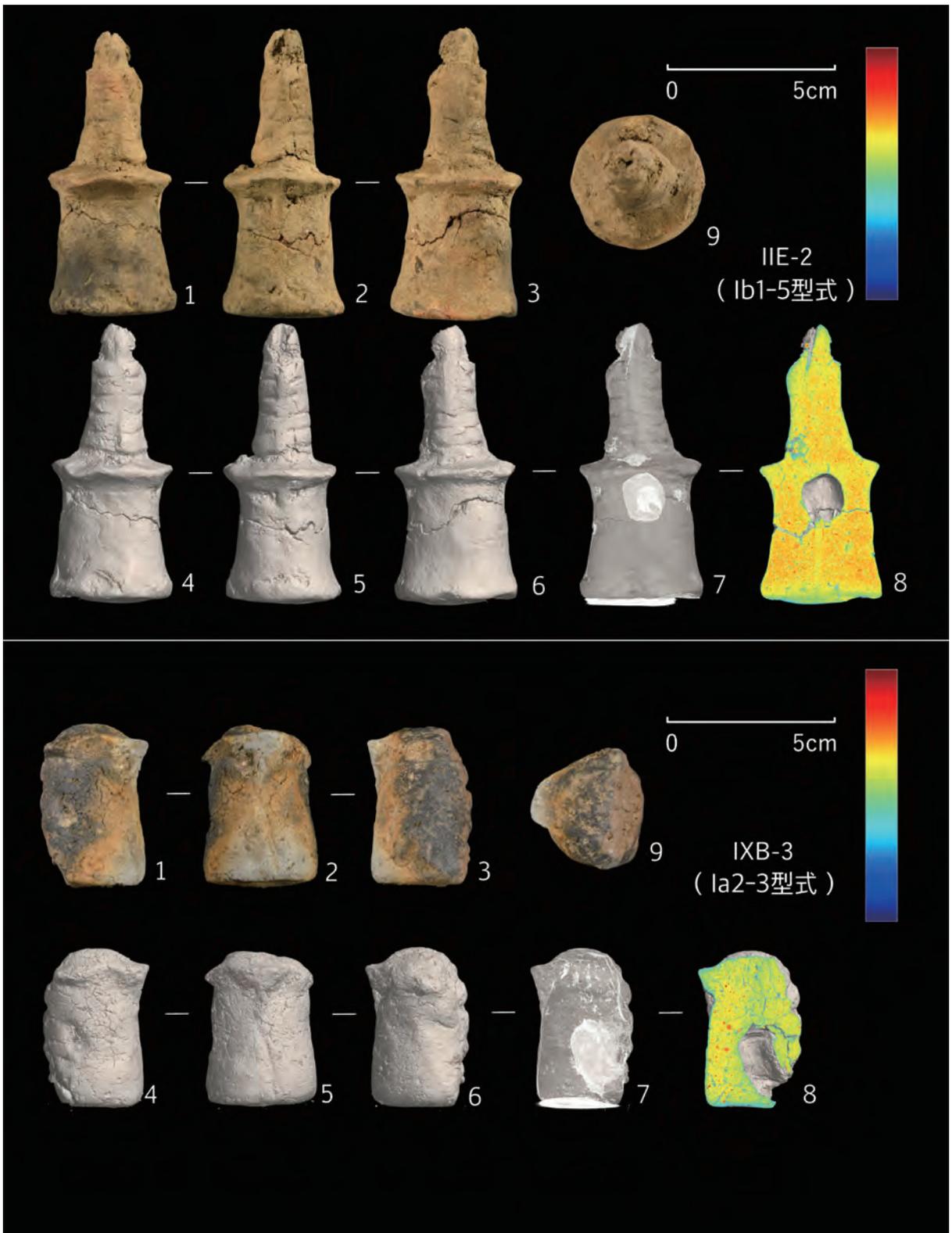
* 太字は発掘の時塔身部に書かれた文字。



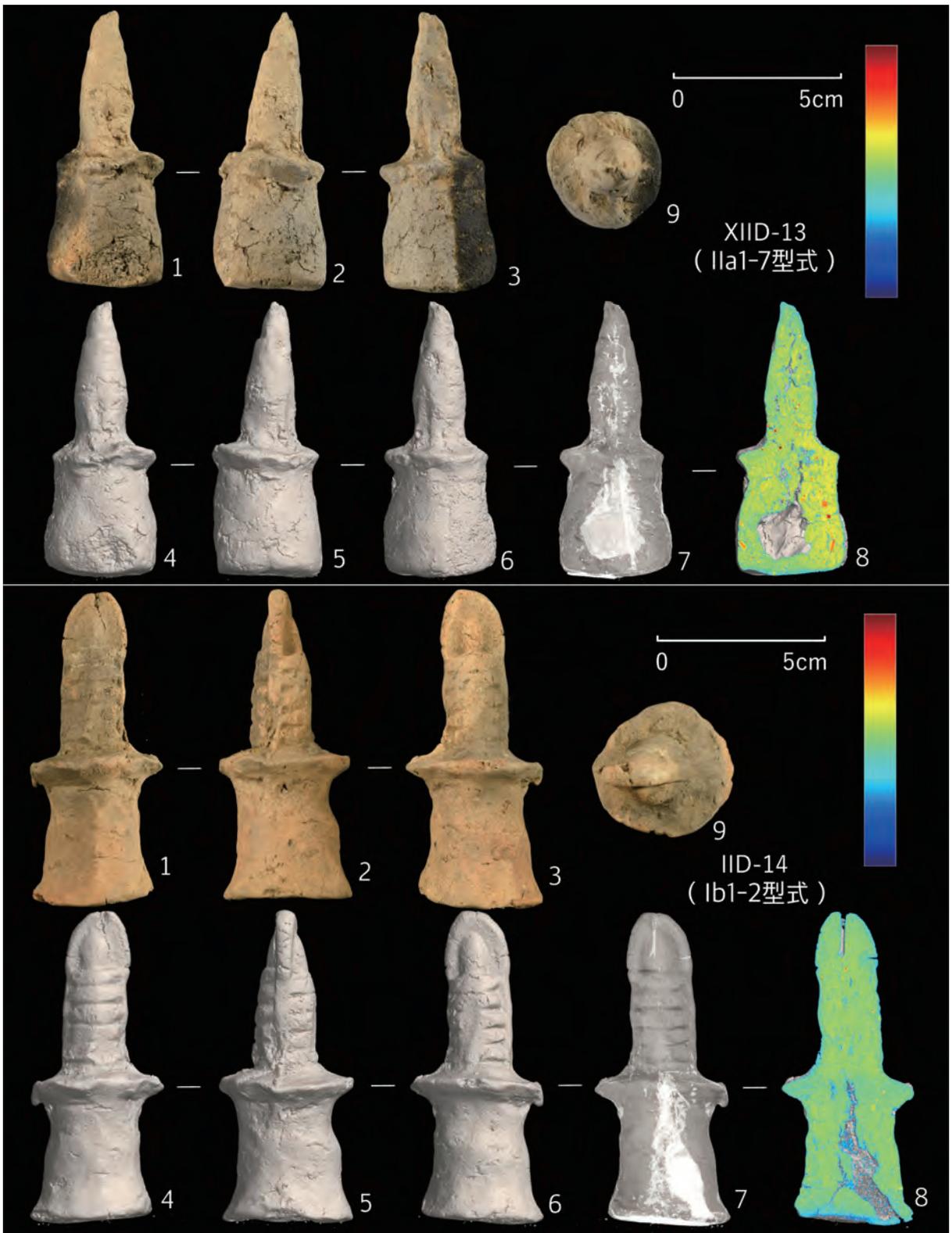
図版1 泥塔総合画像①



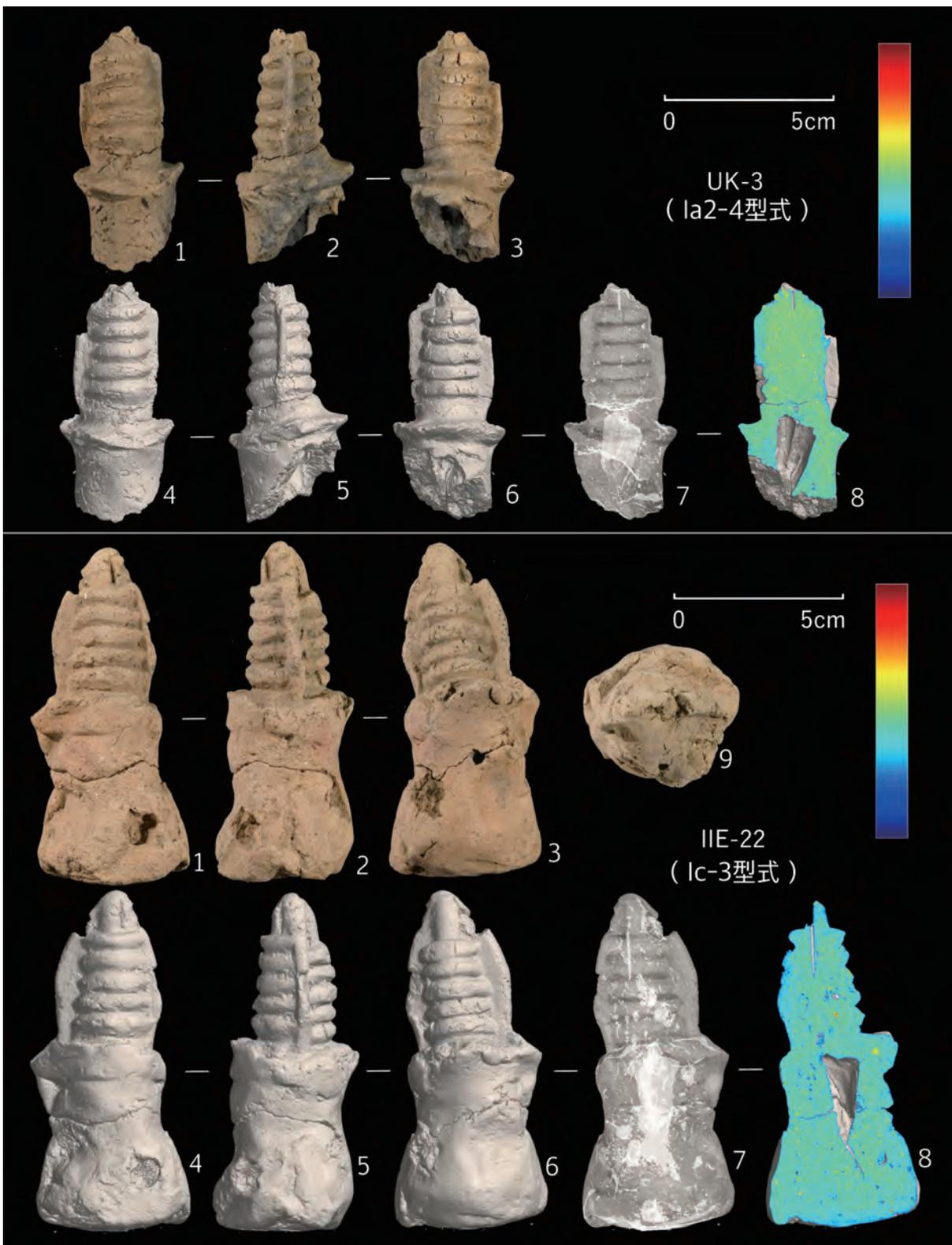
図版2 泥塔総合画像②



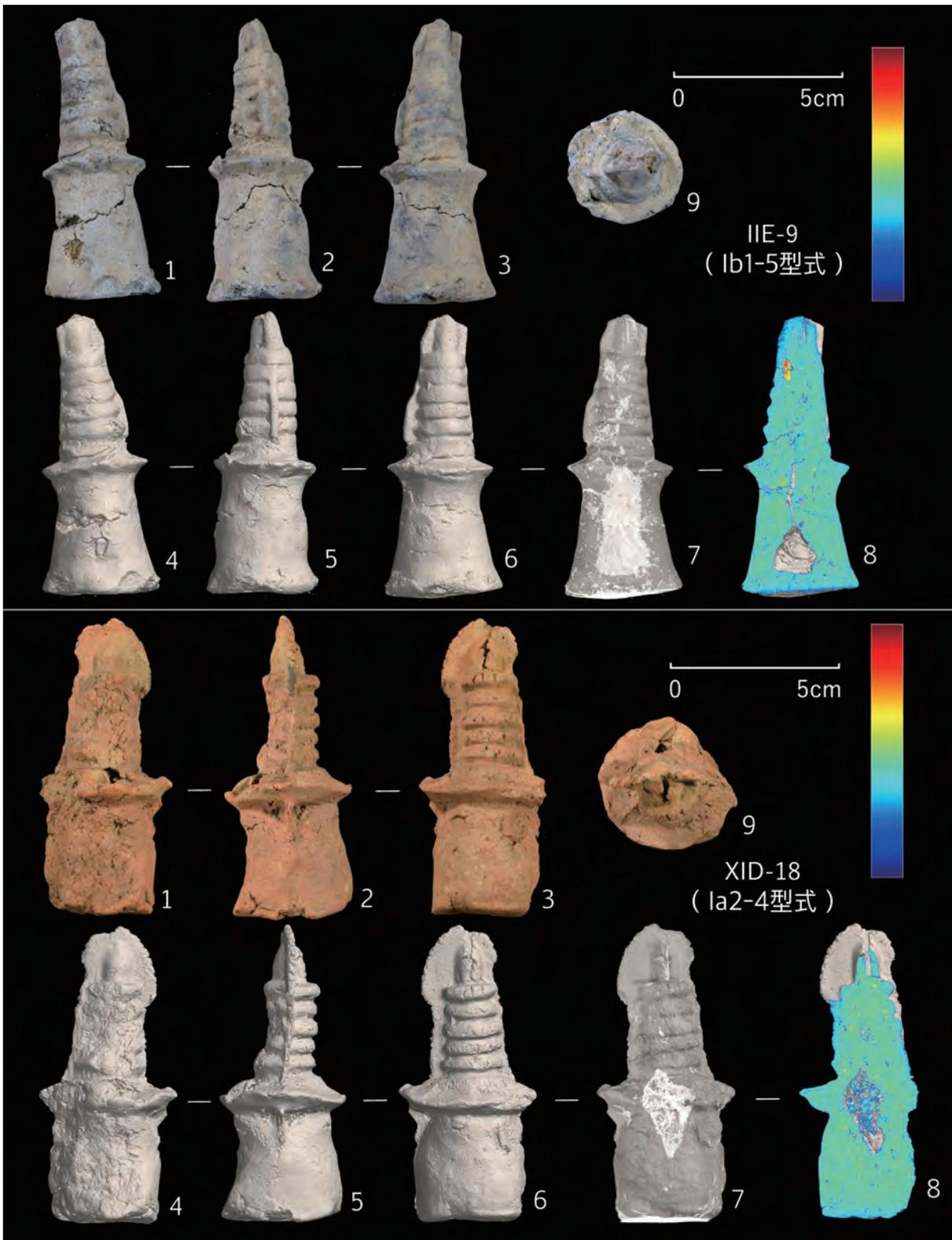
図版 3 泥塔総合画像③



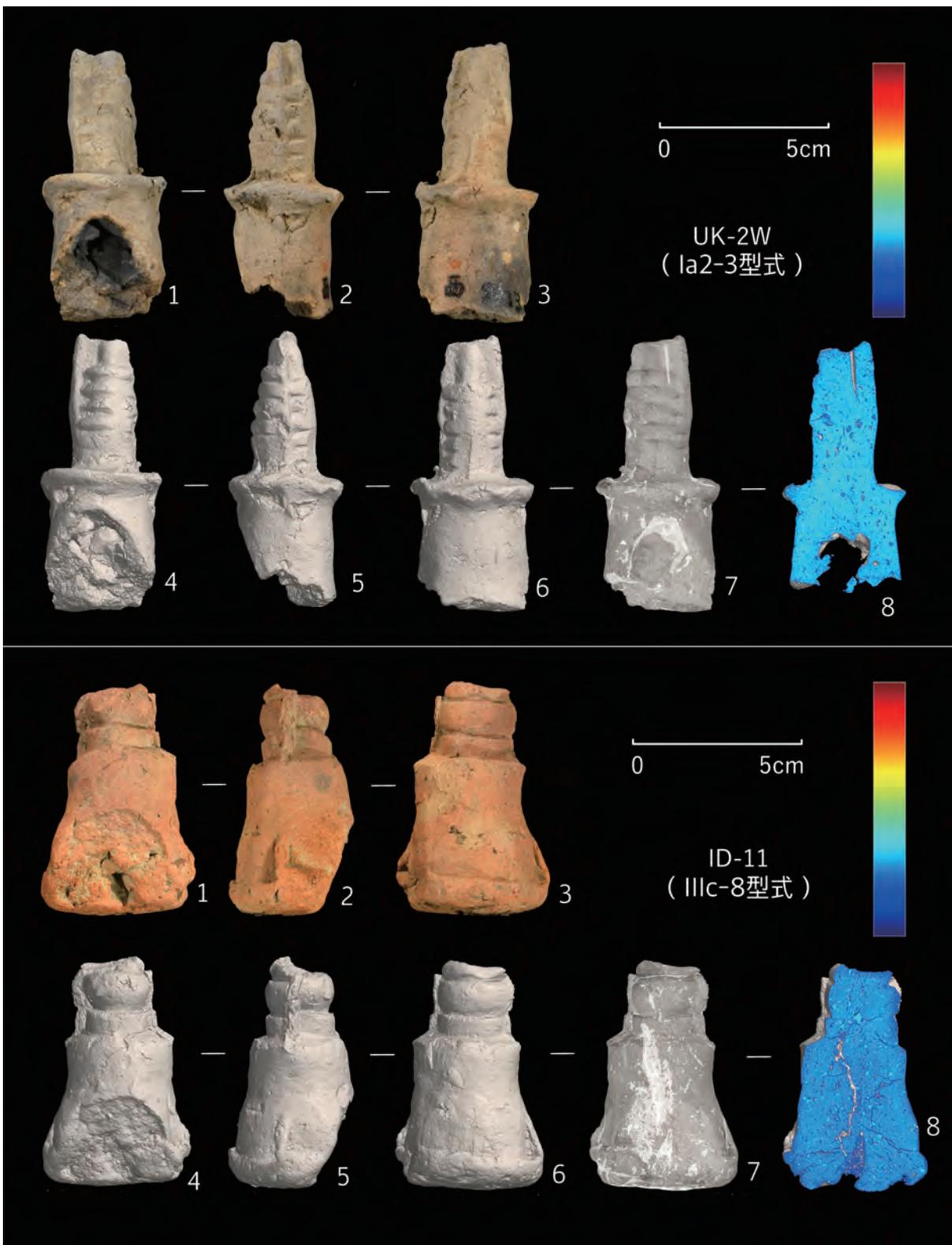
図版 4 泥塔総合画像④



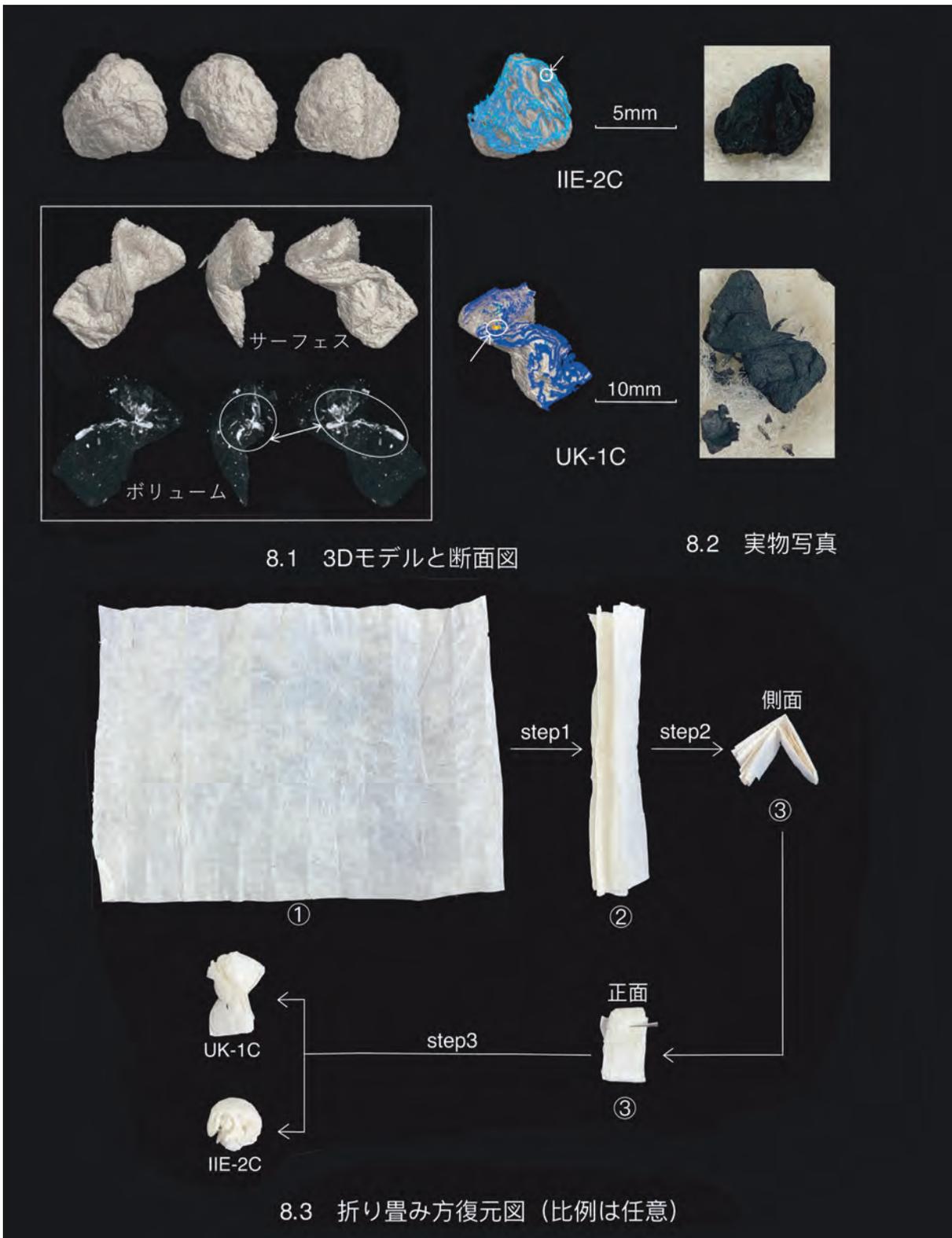
図版 5 泥塔総合画像⑤



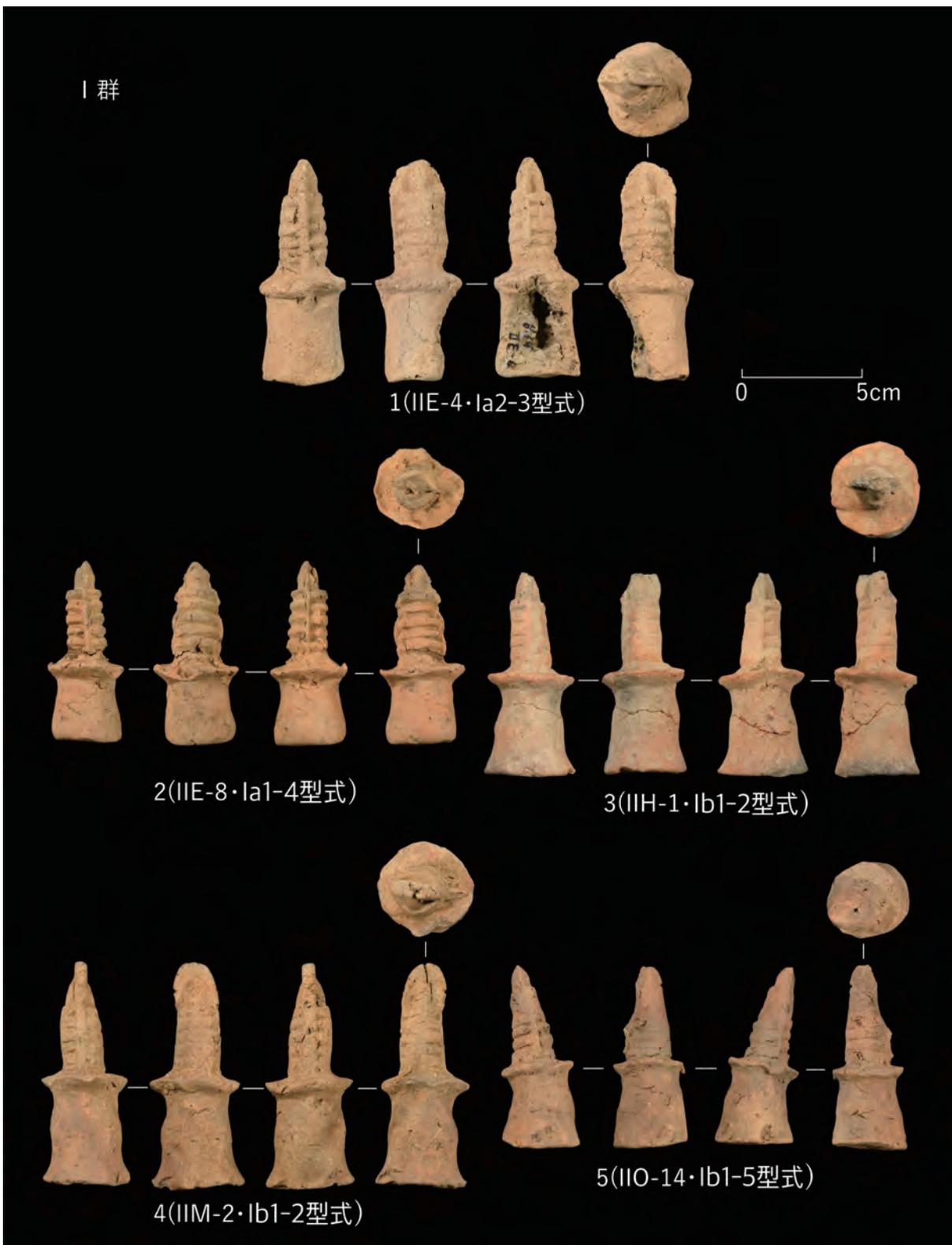
図版6 泥塔総合画像©



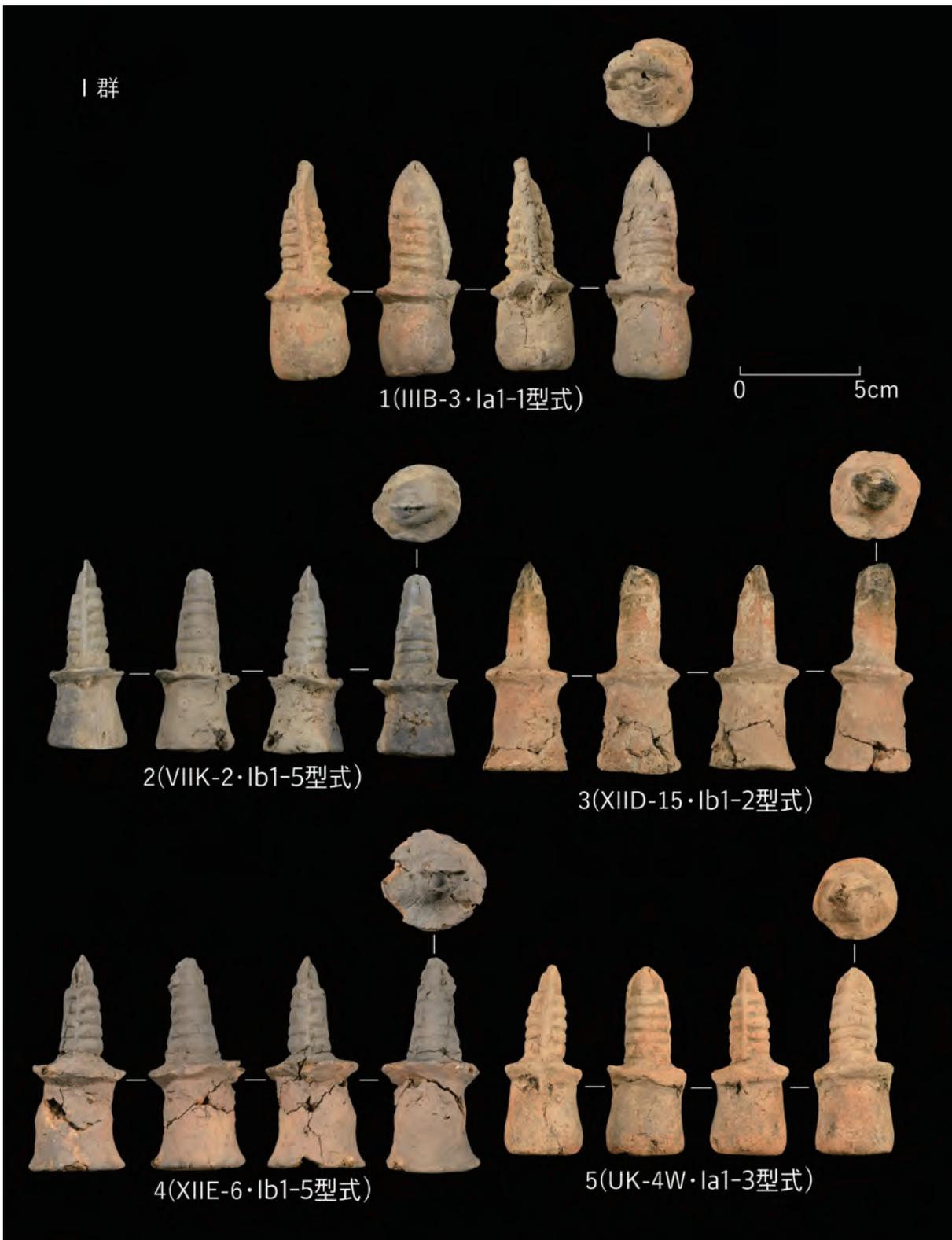
図版7 泥塔総合画像⑦



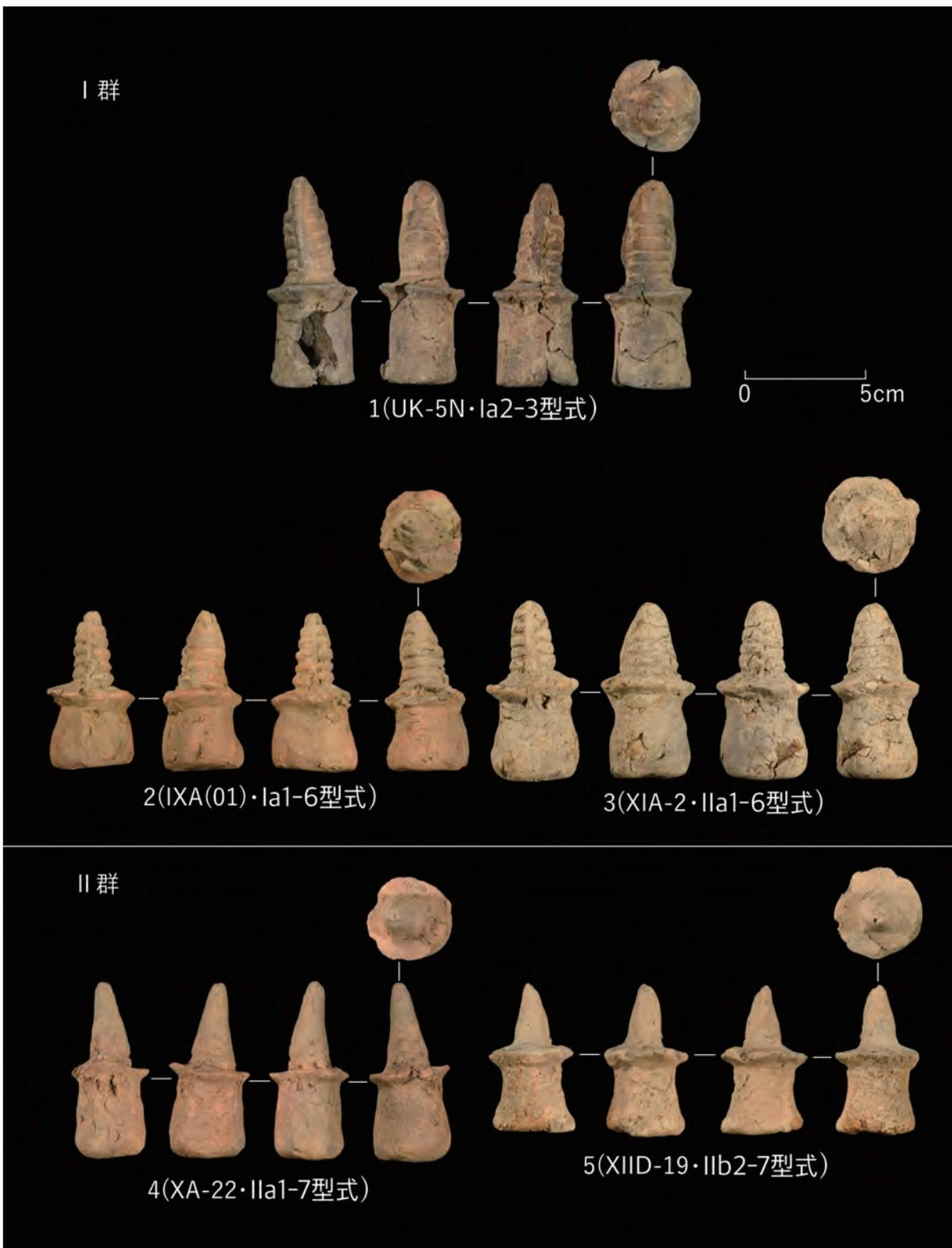
図版 8 炭化物総合画像



図版9 泥塔の写真①



図版 10 泥塔の写真②



図版 11 泥塔の写真③

東北大学総合学術博物館紀要 (Bulletin of the Tohoku University Museum)

編集委員会規定

2004年1月31日

(設置)

第1条 東北大学総合学術博物館(以下「博物館」という。)に東北大学総合学術博物館紀要編集委員会(以下「委員会」という。)を置く。

(任務)

第2条 委員会は、館長の求めに応じ、『東北大学総合学術博物館紀要』(以下「紀要」という。)に掲載する論文等の審査及び編集に当たるとともに、これに関する事項について審議する。

(組織)

第3条 委員会は、次に掲げる者をもって組織する。

- 一. 博物館の教官で館長が指名した者。
- 二. 博物館の運営委員及び兼任教官で館長が委託した者。
- 三. その他、特に館長が必要と認めた者。

(委員長)

第4条 委員会に、委員長を置く。

- 一. 委員長は、第3条第1項、及び第2項の委員の互選によって定める。
- 二. 委員長は、委員会を召集し、その議長となり、会務を掌理する。

(任期)

第5条 第3条に定める委員の任期は、1年とし、再任を妨げない。

(議事)

第6条 委員会は、委員の過半数の出席がなければ会議を開くことができない。

2. 委員会の議事は、出席入数の過半数をもって決し、可否同数の時は、委員長が決するところによる。

(論文等の審査)

第7条 委員会は、寄稿された論文等について審査をおこなう。

2. 審査は掲載の可否、修正範囲、掲載分類等とする。
3. 審査にあたって、査読を実施する。

(委員以外の出席)

第8条 委員長が必要と認めた時は、委員以外の者を委員会に出席させ、意見を求めることができる。

(査読者の委託)

第9条 委員会は、論文等の審査にあたり、委員以外の者に査読を委託することができる。

(審議結果の報告)

第10条 委員会は、審議結果について、館長に報告する。

(庶務)

第11条 委員会の庶務は、博物館の事務において処理する。

(雑則)

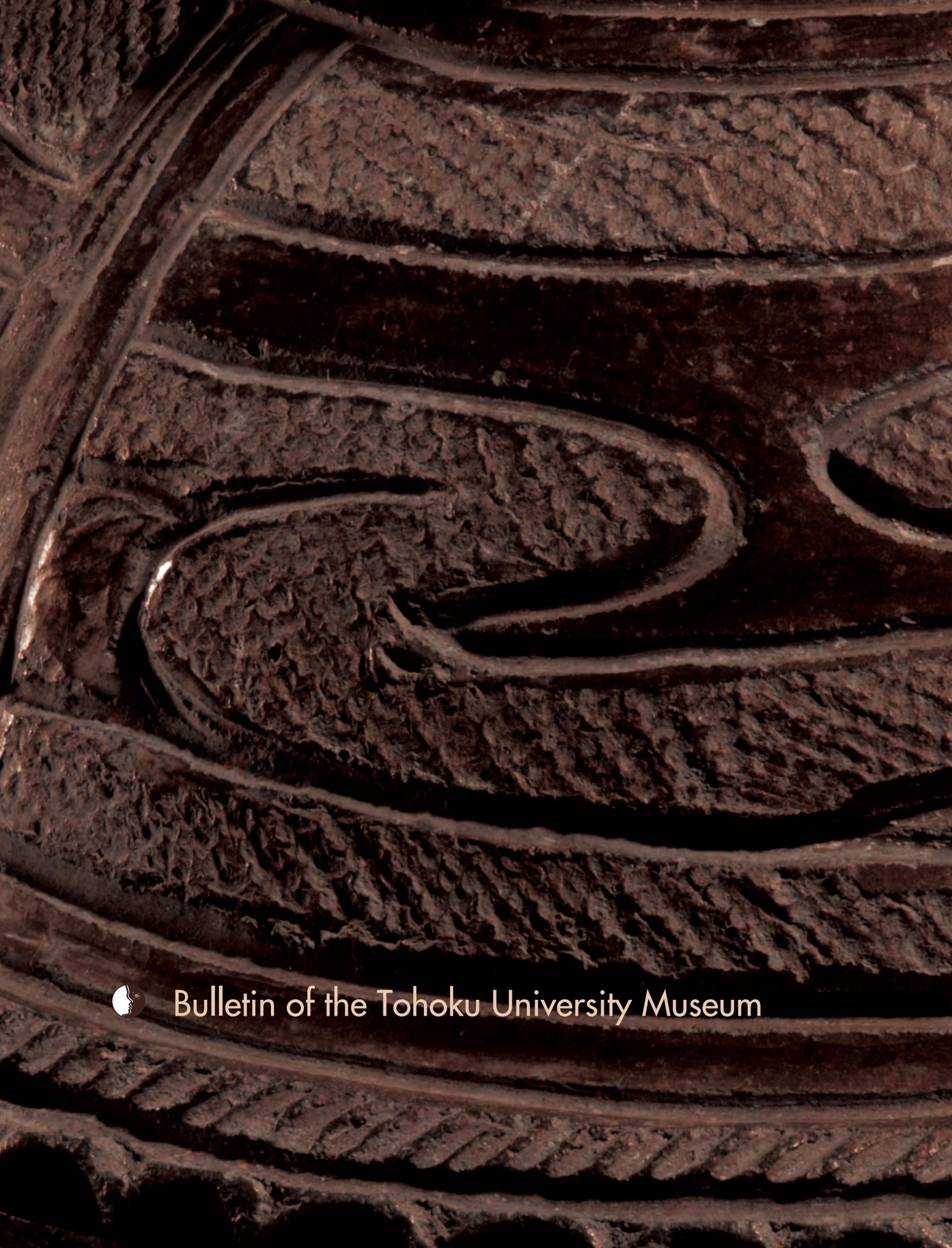
第12条 この規定に定めるもののほか、論文等の審査及び編集に関し必要な事項は、委員会が別に定める。

附則

この規定は、2004年1月31日から施行する。

東北大学総合学術博物館『紀要』寄稿要項

- 1 東北大学総合学術博物館紀要(以下「紀要」という。)は総合学術博物館(以下「博物館」という。)に関連する諸科学に関する研究報告、調査報告等を掲載・発表することにより、それらの学問の発展に寄与するものである。
- 2 紀要に寄稿することができる者は、次の通りとする。
 - ① 東北大学の教職員(同客員教官を含む)
 - ② 東北大学の名誉教授
 - ③ その他、博物館において適当と認められた者
- 3 原稿執筆における使用言語は英語・日本語を原則とする。
- 4 寄稿する原稿には英文要旨(300語程度)を添付する。
- 5 原稿はA4判横書き、1ページ1段組で1,000字(40字×25行)とし、十分な余白を取る。英文の場合はこれに準ずる。(図、写真、表、図版などはそれぞれ別ページとして準備する。さらにそれらのキャプションを別途準備する。)図、写真類のできあがりの最大の大きさは1ページ縦22cm×横17cmとする。
- 6 原稿はデジタルデータで提出する。
- 7 原稿の提出は10月末とする。
- 8 原稿の提出は、紀要編集委員会とする。
- 9 原稿は編集委員会から委託した査読者の審査を経て編集委員会が採択する。
- 10 掲載した一論文につき、別刷り30部まで無償とし、それ以上は著者の負担とする。
- 11 紀要に掲載された論文等の著作権は、博物館に帰属するものとする。



Bulletin of the Tohoku University Museum