

● Bulletin of the Tohoku University Museum

Bulletin of the Tohoku University Museum

● Bulletin of the Tohoku University Museum

No.19 2020

No.19
2020

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** Associate professor of Archaeology
Department of Japanese Studies, Graduate School of Arts and Letters, Tohoku University
- Reishi TAKASHIMA** Associate professor of Geology and Stratigraphy
The Tohoku university Museum, Tohoku University

March, 2020

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

Printed by
Sendaikyodo Printing 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 and Masayuki Ehiro : <i>Trematoceras watanabei</i> , a new orthoconic nautiloid species from the Middle Triassic Fukkoshi Formation, Miyagi Prefecture, Northeast Japan	1
Daichi Nakai : The elasmobranch fossil fauna from the Tatsunokuchi Formation (upper Miocene–lower Pliocene) at Sendai City, Miyagi Prefecture, Japan	7
Takahiro Uchiyama and Satoshi Kanisawa : A study on the stone materials used in historical buildings on Katahira campus, Tohoku University	21
Takahiro Uchiyama and Reishi Takashima : A study on the tuffs used in historical buildings on Katahira campus, Tohoku University	39
Anatoly M. Kuznetsov, Yoshitaka Kanomata, Yosuke Aoki : Use-wear analysis at the Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites in the Russian Far East	51

***Trematoceras watanabei*, a new orthoconic nautiloid species from the Middle Triassic Fukkoshi 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: A new species of an orthoconic nautiloid cephalopod, *Trematoceras watanabei*, is described from laminated sandy mudstones in the Ozashi area, Jusanhama, Ishinomaki City, Miyagi Prefecture, Northeast Japan. Its type stratum is the Anisian (lower Middle Triassic) Fukkoshi Formation of the South Kitakami Belt. Endosiphuncular deposits remaining in two well-preserved specimens of the species support the decision that *Trematoceras* should be removed from the order Orthocerida, and instead be placed in the Pseudorthocerida. The principal character that differentiates *T. watanabei* from a comparable species (i.e., *T. hikichii*) is the development of distinctly longer camerae.

Introduction

Little has been published on the taxonomy of Triassic orthoconic nautiloid cephalopods in Japan. Only Niko et al. (2016) described and named a single species of *Trematoceras* (*T. hikichii*) from Olenekian (upper Lower Triassic) mudstones of the Osawa Formation, Miyagi Prefecture. However, a considerable number of further specimens comparable to their discoveries is found in publications of faunal lists of various Japanese sites. The first report was probably made by Yehara (1927), who documented the occurrence of *Orthoceras* sp. from the Upper Triassic Kochigatani Group, Kochi Prefecture (Kobayashi and Ichikawa, 1951). This is the only representative of a Triassic orthocerid in the Kurosegawa Belt up to now. Besides the abovementioned species, *T. hikichii* Niko, Ehiro and Takaizumi, 2016, whose type stratum is a constituent of the South Kitakami Belt, all further records of Triassic orthoconic nautiloid cephalopods derive from the Maizuru Belt. Reports of these occurrences are listed as follows: Nakazawa et al. (1954; *Orthoceras* sp. from the Anisian (lower Middle Triassic) Miyanoooku Formation, Okayama Prefecture; correspond *Michelinoceras* sp. in Nakazawa, 1958), Nakazawa et al. (1957; *Orthoceras* sp. from the Anisian Waruishi Formation, Kyoto Prefecture; correspond *Michelinoceras* sp. in Nakazawa, 1958), Nakazawa (1958; *Michelinoceras* sp. from the Olenekian Hirobatake and Narawara Formations, Kyoto Prefecture),

Nakazawa and Nogami (1958; *Michelinoceras* sp. from the Olenekian part of the Oro Formation, Kyoto Prefecture), and Ishibashi (2005; *Michelinoceras?* sp. from the Waruishi Formation). The present paper describes *Trematoceras watanabei* sp. nov. as the second species occurrence of an orthoconic nautiloid from the Triassic of the South Kitakami Belt.

The cephalopod specimens described herein were collected from a coastal outcrop (approximately latitude N 38°36' 18", longitude E 141°30' 59") in the Ozashi area, Jusanhama, Ishinomaki City, Miyagi Prefecture, Northeast Japan (Figure 1). According to Kamada and Takizawa (1992) the Triassic rocks in this area are divided into the Hiraiso, Osawa, Fukkoshi and Isatomae Formations in ascending order. The newly described orthoconic nautiloid species derives from the Fukkoshi Formation, that mainly consists of sandstone and alternating beds of sandstone and mudstone. The deposits intercalate with thick laminated sandy mudstone beds, about 30 meters in total thickness, in its middle part. The two cephalopod-bearing beds, i.e., Fk-1a and about 3 meters above Fk-1b, are in the topmost part of the mudstone beds (Figure 2). The Fukkoshi Formation represents the submarine fan complex deposited in a deep-water environment (Kamada, 1984). Onuki and Bando (1959) assigned the formation to the Anisian, based on the presence of age determining ammonoids, such as *Hollandites* sp., *Balatonites* cf. *kitakamicus* (Diener), and *Gymnites* cf. *watanabei* (Mojsisovics).

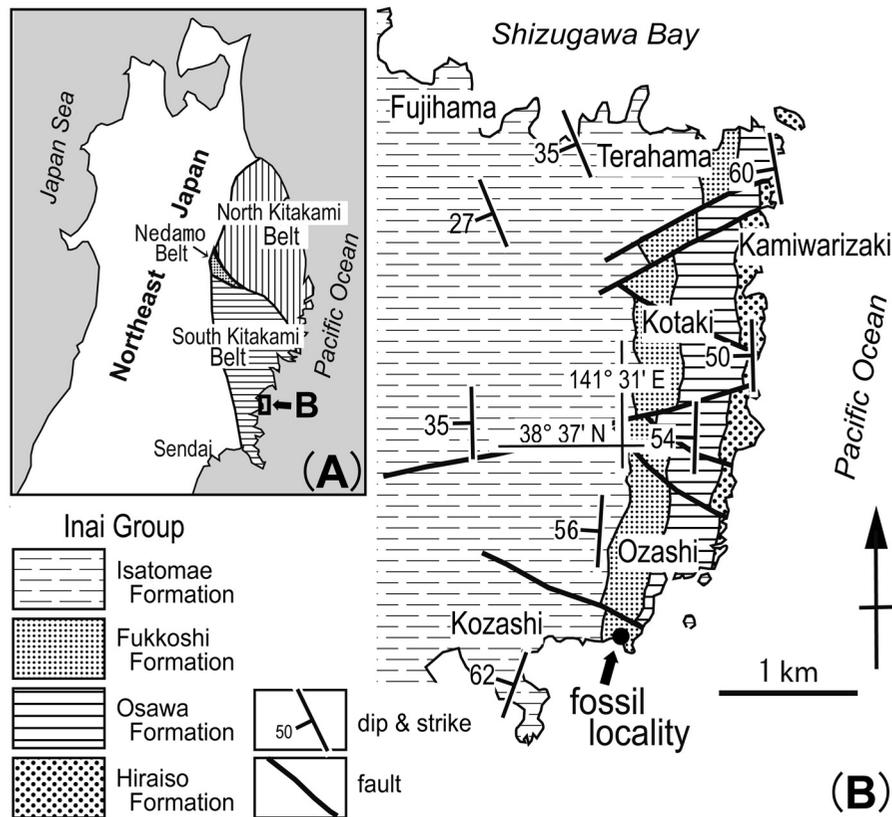


Figure 1. Index map (A) and geologic map (simplified from Kamada and Takizawa, 1992) (B) of the Ozashi area, showing the fossil locality.

Repository. All examined specimens are reposit in the Tohoku University Museum (Institution abbreviation: IGPS = Institute of Geology and Paleontology, Faculty of Science, Tohoku University, Sendai).

Systematic Paleontology

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; Carnian (lower Upper Triassic) in Carnic Alps.

Discussion.—Two well-preserved specimens from the Fukkoshi Formation reveal that the new species of *Trematoceras* has endosiphuncular deposits even in the adoral shell. Although Jeletzky and Zapfe (1967) did not describe these in their publication, similar deposits are visible in their figure (pl. 4, fig. 3) of *T. cf. triadicum* Mojsisovics, 1873, collected from the Rhaetian (upper Upper Triassic) Zlambach Marl, Austria. Judging, and based on the

new Japanese finding, the deposits in the Austrian specimen seem organic. There are two opposing views about the higher taxonomic position of the genus: (1) *Trematoceras* belongs into the order Orthocerida (e.g., Sweet, 1964; Shigeta and Nguyen, 2014; Niko et al., 2016), while (2) Schastlivtceva (1986, 1988) and Zakharov (1996) assigned *Trematoceras* to the order Pseudorthocerida. These present knowledges derived from the Japanese and Austrian species support the latter decision advocating a pseudorthocerid affinity of *Trematoceras*.

Trematoceras watanabei sp. nov.

Figure 3

Diagnosis.—Species of *Trematoceras* with adoral conch expansion of approximately 3° in angle and ornamentation of fine transverse lirae; camerae moderate to long, with 0.4–1.4 in maximum width/length ratio; septal necks suborthochoanitic; connecting rings bear distinct constrictions at siphuncular foramina; cameral deposits episeptal-mural and hyposeptal; endosiphuncular deposits unfused.

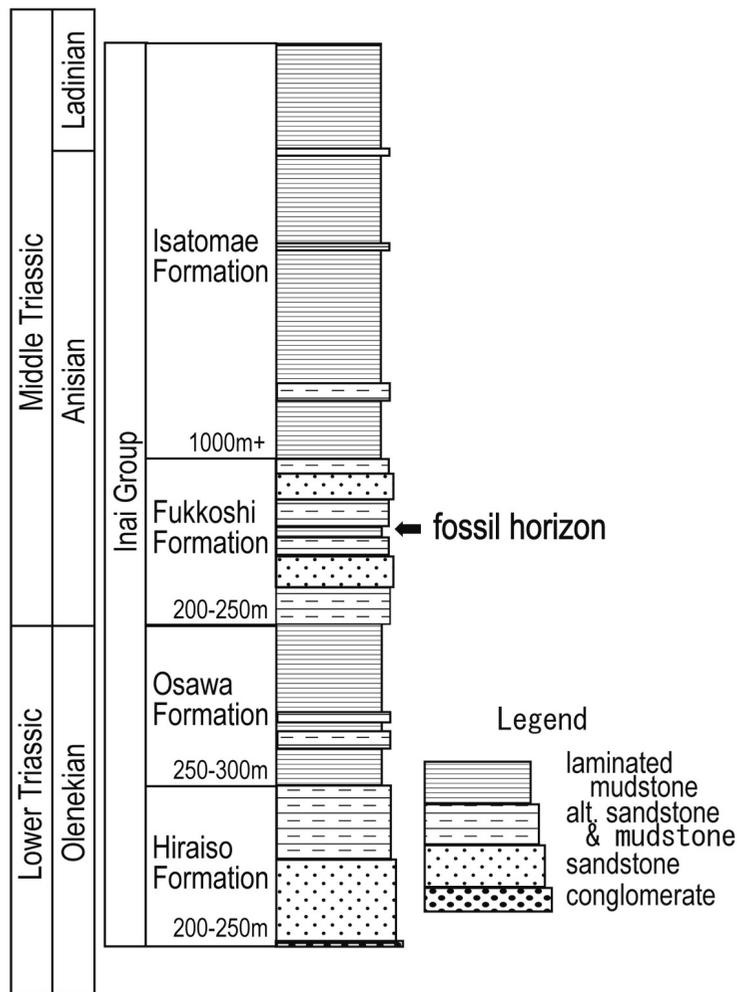
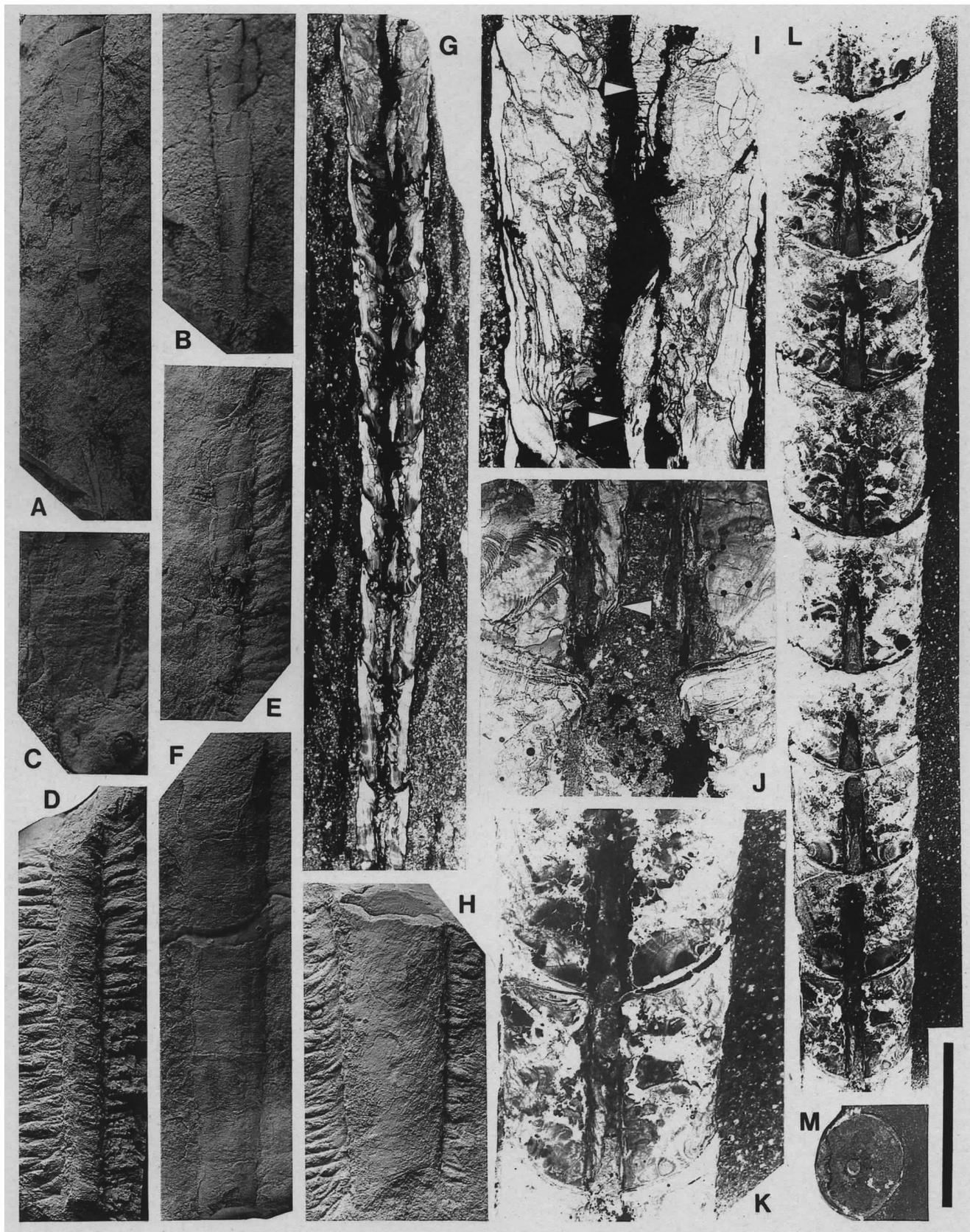


Figure 2. Simplified columnar section of the Lower-Middle Triassic Inai Group in the South Kitakami Belt, Northeast Japan, showing the fossil horizon (Fk-1a and Fk-1b). The lowermost part of the Hiraiso Formation is not exposed in the Ozashi area.

Description.—Longiconic orthocones with gradual conch expansion; except for apical part of a paratype (IGPS coll. cat. no. 112399), where cross sections of conch are circular, most specimens are more or less deformed and exhibit oval to flattened lenticular cross sections; the holotype is imperfect phragmocone, which is 53 mm in length and approximately 6 mm in reconstructed diameter near its adoral end; body chamber attains approximately 9 mm in reconstructed diameter in a paratype (IGPS coll. cat. no. 112401); reconstructed angles of conch expansion are 4°–6° in apical decreasing to approximately 3° in adoral part of the shell; apex and peristome not preserved. Conch surface ornamented by fine transverse lirae. Sutures directly transverse; septa moderately concave; camerae moderate to long for the genus, having 0.4–1.4 in form ratio (maximum width per length). Siphuncle nearly central in position;

siphuncular wall consists of suborthochoanitic septal necks and slightly thickened connecting rings; length of septal neck is very short (0.33 mm in the holotype); connecting rings cylindrical with distinct constrictions at siphuncular foramina; thickness of connecting rings maximum 0.04 mm in the holotype. Cameral deposits well developed, differentiated into episeptal-mural and hyposeptal; endosiphuncular parietal deposits unfused, developed mainly on ventral siphuncular wall in apical shell of a paratype (IGPS coll. cat. no. 112402) and adoral shell of the holotype; incipient parts of endosiphuncular deposits occur at apical part of connecting ring, then also grow adorally; siphuncular foramina lack deposits.

Material examined.—Holotype, IGPS coll. cat. no. 112409. Paratypes, IGPS coll. cat. nos. 112398, 112399, 112401–112403, 112406–112408. In addition, three poorly



preserved specimens, IGPS coll. cat. nos. 112400, 112404, 112405, were also examined.

Occurrence.—Fk-1a (IGPS coll. cat. nos. 112398–112405) and Fk-1b (IGPS coll. cat. nos. 112406–112409) in the middle part of the Fukkoshi Formation, the Ozashi area, Jusanhama, Ishinomaki City, Miyagi Prefecture, Northeast Japan.

Etymology.—The species name is to honor Mr. Yuta Watanabe, who discovered important specimens including the holotype and two of the paratypes (IGPS coll. cat. nos. 112407, 112408) and making them available for this study.

Discussion.—General conch shape and structure of the siphuncular wall of the Fukkoshi specimens are exclusive morphological characters restricted to the genus *Trematoceras*. Among the previously known about 40 species of the genus, *T. watanabei* sp. nov. is similar to the Olenekian species *T. hikichii* Niko, Ehiro and Takaizumi (2016, p. 1–3, fig. 1), from the Osawa Formation (type stratum) that is conformably overlain by the Fukkoshi Formation. The principal difference between these species is their cameral length. Form ratios (maximum width/length) of *T. hikichii* are 1.6–2.3, whereas *T. watanabei* has much longer camerae and ratios of 0.4–1.4. In addition, stronger curvature of septal necks and deeper constrictions of connecting rings of *T. watanabei* compared to those of *T. hikichii* are distinctive. Because endosiphuncular deposits are not preserved in *T. hikichii*, direct comparison of *T. watanabei* and *T. hikichii* is impossible regarding this criterion. However, the pronounced differences of camerae, septal necks, and connecting rings support to separate the taxa on the specific level.

Acknowledgements

We are especially grateful to Mr. Yuta Watanabe for allowing us to study some specimens from his personal collection and donating them to the Tohoku University Museum. We also thank Mr. Yukihiro Takaizumi for his field assistance. Special thanks are also extended to Dr. Barbara Seuss, who kindly reviewed the manuscript.

References

- Barskov, I. S., 1963, System and phylogeny of pseudorthoceratids. *Biulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel Geologicheskii*, vol. 38, p. 149–150. (in Russian)
- 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 Impériale 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.
- Ishibashi, T., 2005, Appendix 2. Note on cephalopod fossils. In Maeda, T. ed., *History of Yakuno Town. Volume 1: Edition of Natural Science and Folkways*, p. 181–191, Kawakita Press, Kyoto. (in Japanese)
- Jeletzky, J. A. and Zapfe, H., 1967, Coleoid and orthoceratid cephalopods of the Rhaetian Zlambach Marl from the Fischerwiese near Aussee, Styria (Austria). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, vol. 71, p. 69–106, pls. 1–4.
- Kamada, K., 1984, Sedimentary environments of the Middle Triassic Fukkoshi Formation in the Tsuya area, southern Kitakami Mountains. *Journal of the Geological Society of Japan*, vol. 90, p. 875–888, pls. 1–3. (in Japanese with English abstract)
- Kamada, K and Takizawa, F., 1992, *Geology of the Ōsu District. With Geological Sheet Map at 1 : 50,000*, 69 p. Geological Survey of Japan, Tsukuba. (in Japanese with English abstract)
- Kobayashi, T. and Ichikawa, K., 1951, Triassic animals. In Geological Survey of Japan ed., *Triassic Stratigraphy of Japan*, p. 4–7, Report Special Number, Geological Survey of Japan, Kawasaki. (in Japanese)
- Mojsisovics, E. von, 1873, Das Gebirge um Hallstatt. Eine geologisch-paläontologische Studie aus den Alpen.

←

Figure 3. *Trematoceras watanabei* sp. nov. **A–C:** paratype, IGPS coll. cat. no. 112399, imperfect phragmocone; A, side view; B, partial enlargement of A to show details of apical shell; C, partial enlargement of A to show details of surface ornamentation. **D, J–M:** holotype, IGPS coll. cat. no. 112409, imperfect phragmocone; D, lateral view, venter on right; J, partial enlargement of L to show details of endosiphuncular deposits (arrow), septal neck and connecting rings; K, partial enlargement of L to show details of cameral deposits; L longitudinal thin section, slightly oblique for dorsoventral plane, venter on left; M, transverse polished section near adoral end, venter down. **E, G, I:** paratype, IGPS coll. cat. no. 112402, imperfect phragmocone; E, lateral view, venter on right; G, longitudinal thin section, venter on right; I, partial enlargement of G to show details of endosiphuncular deposits (arrows). **F:** paratype, IGPS coll. cat. no. 112403, side view of imperfect phragmocone. **H:** paratype, IGPS coll. cat. no. 112401, side view of imperfect body chamber. Scale bar is 20 mm in A, D, E, F, H; 5 mm in B, C; 3 mm in G, K; 1 mm in I, J; 6 mm in L; 10 mm in M.

- I. Theil. Die Mollusken-Faunen der Zlambach- und Hallstätter-Schichten. *Abhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, vol. 6, p. 1–82, pls. 10–32.
- Münster, G. zu, 1841, Beschreibung und Abbildung der in den Kalkmergelschichten von St. Cassian gefunden Versteinerungen. In Wissmann, H. L. and Münster, G. zu, *Beiträge zur Geognosie und Petrefacten-Kunde des Südöstlichen Tirols vorzüglich der Schichten von St. Cassian*, p. 25–152, pls. 1–16, Bayreuth.
- Nakazawa, K., 1958, The Triassic System in the Maizuru Zone, Southwest Japan. *Memoirs of the College of Science, University of Kyoto, Series B*, vol. 24, p. 265–313.
- Nakazawa, K. and Nogami, Y., 1958, Palaeozoic and Mesozoic formations in the vicinity of Kawanishi, Ōe-cho, Kyoto Prefecture, Japan. —A study on the stratigraphy and geological structure of the “Maizuru Zone” (part 6)—. *Journal of the Geological Society of Japan*, vol. 64, p. 68–77. (in Japanese with English abstract)
- Nakazawa, K., Shiki, T. and Shimizu, D., 1954, Palaeozoic and Mesozoic formations in the vicinity of Fukumoto, Okayama Prefecture. —A study on the stratigraphy and the geologic structure of the “Maizuru Zone” (part 1)—. *Journal of the Geological Society of Japan*, vol. 60, p. 97–105. (in Japanese with English abstract)
- Nakazawa, K., Shiki, T. and Shimizu, D., 1957, Mesozoic and Palaeozoic formations of the Yakuno district, Kyoto Prefecture Japan. —A study on the stratigraphy and geologic structure of the “Maizuru Zone” (part 4)—. *Journal of the Geological Society of Japan*, vol. 63, p. 455–464, pl. 9. (in Japanese with English abstract)
- Niko, S., Ehro, M. and Takaizumi, Y., 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.
- Onuki, Y. and Bando, Y., 1959, On the Inai Group of the Lower and Middle Triassic System (stratigraphical and paleontological studies of the Triassic System in the Kitakami Massif, Northeastern Japan: –3). *Contributions from the Institute of Geology and Paleontology Tohoku University*, no. 50, p. 1–69. (in Japanese with English abstract)
- Shigeta, Y. and Nguyen, H. D., 2014, Cephalopods. In Shigeta, Y. et al. eds., *Olenekian (Early Triassic) Stratigraphy and Fossil Assemblages in Northeastern Vietnam*, p. 65–167. National Museum of Nature and Sciences Monographs No. 45, Kokusai Bunkensha, Tokyo.
- Schastlivtceva, N. P., 1986, Some Triassic orthoceratids and nautilids from North-East USSR. *Biulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel Geologicheskii*, vol. 61, p. 122–129. (in Russian with English abstract)
- Schastlivtceva, N. P., 1988, Triassic orthoceratids and nautilids of USSR. *Akademii Nauk SSSR, Trudy Paleontologicheskogo Instituta*, vol. 229, p. 1–104, pls. 1–8. (in Russian)
- Sweet, W. C., 1964: Nautiloidea—Orthocerida. In Teichert, C. et al. eds., *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part K: Mollusca 3*, p. K216–K261. Geological Society of America, New York and University of Kansas Press, Lawrence.
- Yehara, S., 1927, Faunal and stratigraphical study of the Sakawa Basin, Shikoku. *Japanese Journal of Geology and Geography*, vol. 5, p. 1–40, pls. 1–6.
- Zakharov, Y. D., 1996, Orthocerid and ammonoid shell structure: Its bearing on cephalopod classification. *Bulletin of the National Science Museum, Series C*, vol. 22, p. 11–35.

宮城県仙台市に分布する竜の口層（上部中新統—下部鮮新統）から産出した板鰓類化石群集

仲井大智

名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻

The elasmobranch fossil fauna from the Tatsunokuchi Formation (upper Miocene–lower Pliocene) at Sendai City, Miyagi Prefecture, Japan

Daichi Nakai

Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Abstract: The Tatsunokuchi Formation of Sendai Group (Neogene) of northeastern Japan is considered to have been deposited in the past bay opened to the Pacific ocean, which is called the "Tatsunokuchi bay". The molluscan fauna of the Tatsunokuchi Formation indicates that a colder paleoclimate than present ocean along the northeastern Japan. Whereas, the terrestrial flora of the formation represents the temperate climate. This study challenges this contradiction by analyzing the elasmobranch fauna of the "Tatsunokuchi bay" comparing with the other biota reported in previous studies. 51 elasmobranch specimens from the Tatsunokuchi Formation, representing 12 species of 8 genera, 8 families were identified, including the first Neogene fossil record of *Carcharinus leucas*, which mainly habit in the tropical environment. The elasmobranch fauna of the "Tatsunokuchi bay" was dominated by the species dwelling in both seashore and offshore, and was composed of the taxa of both cold and tropical assemblages. The composition of fossil fauna differs from the recent fauna in northeastern Japan, but resembles that of the Dai-nichi Formation, Shizuoka, middle of Japan, which represents the relatively warm environment in Pleistocene. Considering the diatom-derived sea surface temperatures in northeastern Japan and the paleoclimate of the world in the Pliocene, the elasmobranch fauna and terrestrial flora of the "Tatsunokuchi bay" represents that the pelagic environment was basically cold, though the warm current may have flowed into the bay for the survived of the cold water assemblage.

はじめに

宮城県仙台市青葉区などに分布する新第三系仙台層群は、後期中新世～前期鮮新世における東北日本の太平洋沿岸を代表する地層群として知られている（鎮西，1963）。本層群を構成する4つの層の一つである竜の口層は、後期中新世後期から前期鮮新世にかけて東北日本に存在した，“竜の口の海（Tatsunokuchi Bay）”で堆積したものである。この“竜の口の海”は、福島県原町（現南相馬市）から岩手県北上市にかけて分布し（久保ほか，1990；大石ほか，1996），南方向に開き，且つ南北方向に延びた内湾であったとされ

ている（Chinzei and Iwasaki, 1967；柳沢，1990；小笠原，1998）。

竜の口層からは竜の口動物群（Tatsunokuchi Fauna）と呼ばれる，寒流の影響を受けた浅海性貝類化石群集が産出する（Nomura, 1938）。そのため，竜の口の海は強い寒流に晒され，現在の東北日本沿岸より寒冷な海洋環境であったと考えられている（藤原ほか，2013）。しかしながら，竜の口層上部からは，“竜の口の海”内湾の陸域が温暖であったことを示す陸生植物化石相（仙台植物群）が産出しており，貝類化石群集から推定される海洋環境との不一致がみられる（鈴木，1987；竹内・吉田，2012）。一方，柳沢（1990）

では、竜の口層からは全体に寒流系珪藻化石種が多産するものの、一部層準から暖流系珪藻化石種がわずかに産出することから、“竜の口の家”が寒流に卓越しつつも、わずかに暖流の影響がみられる混合水域の環境であるとしているが、生物相に与える暖流の影響の程度は珪藻化石の寒流系と暖流系の種の産出比からの推定のみで行われている。また、暖流の存在が大型動物相へ与える影響については議論されていない。

竜の口層からは海生脊椎動物化石も産出し、これまで、クジラ類 (Oishi and Hasegawa, 1995; 石丸, 2002; 才田ほか, 2011)、鰐脚類 (猪苗代, 1987)、及びウミガメ類 (みちのく古生物研究会, 2002) が報告されている。いずれも、現在の東北沿岸域や、より高緯度の海域にも生息できる分類群である。一方、板鰐類化石は、Hatai *et al.* (1965), Hatai *et al.* (1974), 佐藤ほか (2000), みちのく古生物研究会 (2002) の報告があるが、みちのく古生物研究会 (2002) では、詳細な記載、及び同定がされていない。また、国内の板鰐類化石の研究について、後藤 (1972) で総括されているが、鮮新世では竜の口層を含めて大型板鰐類化石 (アオザメ属 *Isrus*, ホホジロザメ属 *Carcharodon* [*C. megalodon* を含む]) の記載がほとんどを占めており、中～小型の板鰐類化石の報告例は乏しい。

板鰐類の多くは変温動物であり、恒温動物の鯨類や鰐脚類よりも生息可能水温が限られていることが期待される。板鰐類の多くは温暖な海洋環境を好むが、気候の温暖化に伴って、低緯度帯に生息する種がより高緯度へ生息分布を拡大する (Dambach and Rödder, 2011)。あるいは、暖流が強くなると熱帯域に生息する種が北上する (Gadig *et al.*, 2006)。これより、板鰐類化石群集の種構成は、温暖な海洋環境、または暖流の影響の定性的な指標となり得ることから、板鰐類化石群集を用いて古環境復元を試みた研究も近年進められている (例えば、横山ほか, 2001; 川瀬・西松, 2016)。

本研究では、竜の口層から新たに確認された板鰐類化石を記載すると共に、“竜の口の家”の古環境について、先行研究に板鰐類化石群集の視点を加えて考察する。

地質概説及び産出地

仙台層群は、下位から亀岡層 (上部中新統)、竜の口層 (最上部中新統一下部鮮新統)、向山層 (下部鮮新統)、及び大年寺層 (上部鮮新統) で構成されている (北村ほか, 1986)。陸成層の亀岡層と上位の海進して堆積した竜の口層は、整合による境界を示す (中村・天野, 1994)。一方、竜の口層と上位の向山層は不整合によって明確な境界を示す (北村ほか, 1986)。

竜の口層は、模式地である竜の口溪谷、及び広瀬川に沿ってよく露出しており、主に砂岩、シルト質凝灰岩、及び凝灰質砂岩から成る。年代決定に重要な微化石として、珪藻

化石によって化石層序が確立されており、竜の口層下部に中新世—鮮新世境界を示す示準化石 *Thalassiosira temperei* (5.4 Ma; Yanagisawa and Akiba, 1998) の終産出層準が存在する (柳沢, 1990)。また、岩手県南部に堆積した竜の口層では、フィッシュン・トラック年代法により、竜の口層上部に挟在する灰白色細粒凝灰岩から、5.3 ± 0.4 Ma の放射年代が得られている (大石ほか, 2012)。したがって、竜の口層は最上部中新統一下部鮮新統である。

本研究では、宮城県仙台市青葉区川内瀬橋下を流れる広瀬川右岸の露頭から標本を採集した (図 1)。広瀬川沿いの露頭では、9 つの貝化石層が確認され (地学団体研究会仙台支部, 1980; 柳沢, 1990), *Fortipecten takahashii* (イタヤガイ科 Pectinidae), *Anadara tatunokutiensis* (フネガイ科 Arcidae) などの二枚貝を含む竜の口動物群が産出した。また、貝化石層が挟在する凝灰質砂岩から、材化石、硬骨魚類の椎骨、及び鳥類骨格の化石がみられた。なお、本セクションは、外洋寒流系珪藻化石が優占的で、下位で暖流系珪藻化石がわずかに産出する (柳沢, 1990)。板鰐類化石は、いずれも、竜の口層最上位から数えて 8 番目の貝化石層 (X8: 地学団体研究会仙台支部, 1980) 直上の凝灰質砂岩層から産出した (図 1: 38° 15'N, 140° 51'E)。板鰐類化石が産出した層準は、*Thalassiosira temperei* の終産出層準 (柳沢, 1990) より上位であり、前期鮮新世に堆積したものと推定される。また、他の層準では板鰐類化石は確認できなかった。

板鰐類化石の記載

本研究では採集した 49 標本、ならびに横山純一氏 (仙台市在住) から寄贈されたカスザメ属 *Squatina* の歯化石 2 標本の合計 51 標本を、8 科 8 属 12 種に分類・同定した (表 1)。採集した 49 標本のほとんどが歯化石で、ごく稀に鰓耙、楯鱗、尾棘も産出した。

板鰐類の歯の用語については、矢部・後藤 (1999) に基づいて記載する。計測可能な歯化石については、歯根の幅、歯冠頂部から歯根底面までの高さ、最大保存厚についてノギスを用いて計測した (表 2)。メジロザメ属 *Carcharhinus* の同定は Voigt and Weber (2011) を参考にし、他の分類群は既往研究に記載された標本を参考に同定した。また、現生種に同定されたものについては、その種の生態や生息域について Ebert *et al.* (2013) を参照した。なお、記載した標本は、東北大学総合学術博物館 (Institute of Geology and Paleontology, Faculty of Science, Tohoku University, Sendai: IGPS) に収蔵されている。

歯

Class: Carcharhiniformes メジロザメ目
Family: Carcharhinidae メジロザメ科
Genus: *Carcharhinus* メジロザメ属

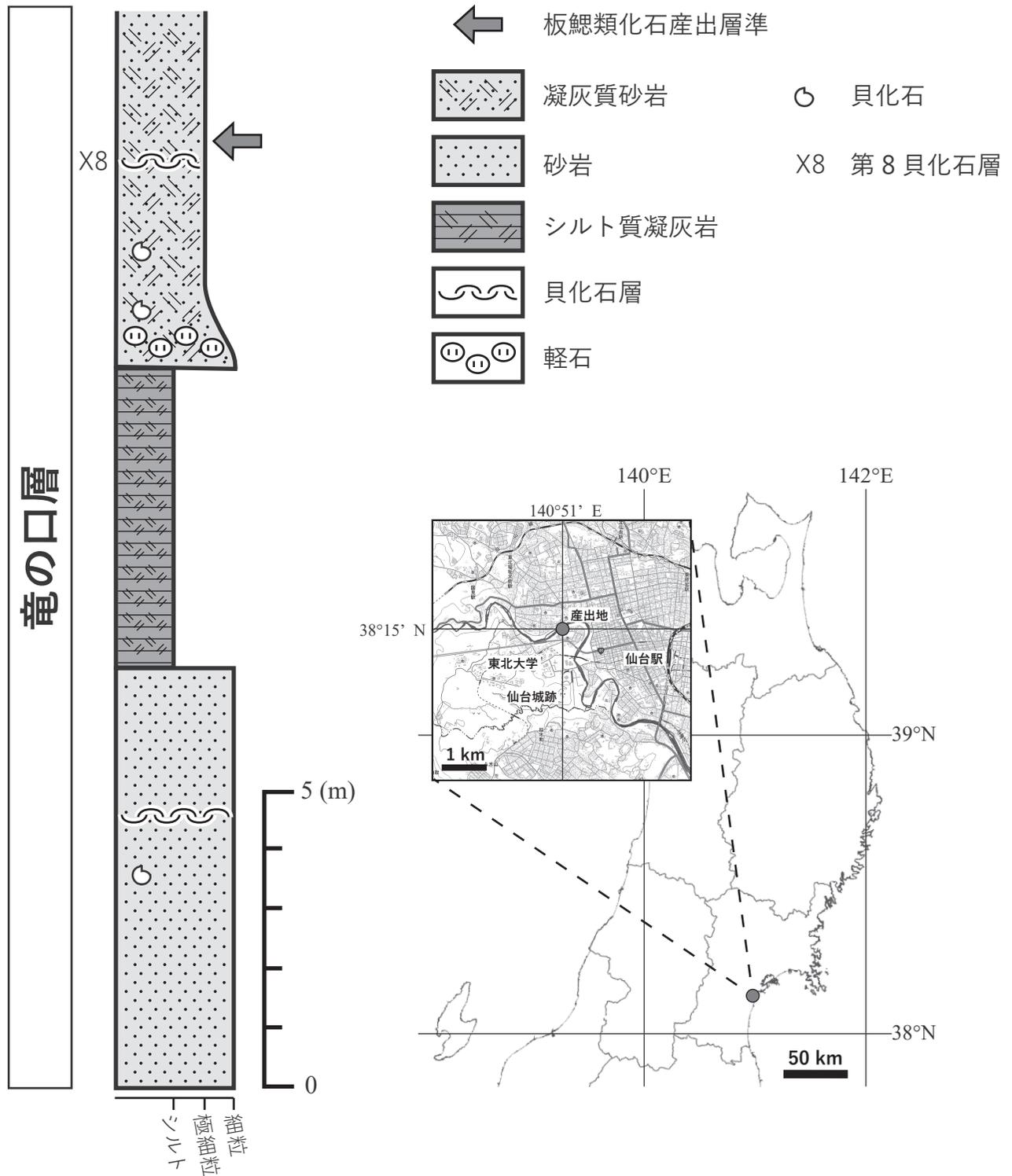


図1：仙台層群竜の口層広瀬川右岸の柱状図。X8は地学団体研究会仙台支部（1980）に記された上部から数えて8番目の貝化石層に相当する。地図は国土地理院発行・20万分の1地形図「仙台」を使用。

表 1：本研究における竜の口層の板鰓類化石の産出数.

歯化石	47
<i>Carcharhinus leucas</i>	4
<i>Carcharhinus longimanus</i>	2
<i>Carcharhinus</i> sp. A	3
<i>Carcharhinus</i> sp. B	1
<i>Carcharhinus</i> spp.	5
<i>Sphyrna zygaena</i>	3
<i>Carcharodon carcharias</i>	1
<i>Squalus</i> sp. A	3
<i>Squalus</i> sp. B	1
<i>Squatina</i> sp.	2
<i>Dasyatis akajei</i>	5
<i>Myliobatis sendaicus</i>	17
楯鱗	2
Dasyatidae gen. et. sp. indet.	2
鰓耙	1
<i>Cetorhinus</i> sp.	1
尾棘	1
<i>Myliobatis</i> sp.	1
合計	51

Carcharhinus leucas Müller & Henle, 1839

オオメジロザメ

標本番号：IGPS112334-112336

(図 2. 2-4)

記載：上顎歯である。唇側面では平坦で、舌側面ではわずかに膨隆する。歯根は歯冠の高さに対して幅広く、中央で湾曲し、末端で平坦になる。歯冠は遠心側へ傾く。遠心縁は基底から 1/3-1/2 で凹となる。近心縁は中間から基底部にかけてわずかに凸となる。また、両縁の鋸歯は、基底部ではわずかに粗く、先端部にかけて漸移的に細くなる。本標本は現生種より約 1.5-2 倍大きい (Voigt and Weber, 2011)。メジロザメ *Cn. plumbeus* (以降、メジロザメ属 *Carcharhinus* を必要に応じて *Cn.* と省略する) は歯根の湾曲が強く V 字型となる。また、ヨゴレ *Cn. longimanus* は歯冠が歯根に対して垂直に立ち、幅と高さが 1:1 になるため、本種と区別される。

Carcharhinus cf. *longimanus* Poey, 1861

ヨゴレ比較種

標本番号：IGPS112338, 112339

(図 2. 5, 6)

記載：上顎歯である。唇側面では平坦で、舌側面ではわずかに膨隆する。歯根はわずかに湾曲しており、両端が狭い。歯冠は歯根に対してほぼ垂直に立ち、歯根が短い二等辺三角形をしていることから、前歯であると推測される。遠心縁は弱い凹、近心縁は真っ直ぐである。また両縁とも鋸歯が歯根側では粗く、先端にかけて漸移的に細くなる。本標本と類似するオオメジロザメ *Cn. leucas* は歯根が幅広く、クロトガリザメ *Cn. falciformis* は切痕が存在するため、本種と区別される。

Carcharhinus sp. A

標本番号：IGPS112340-112342

(図 2. 7-9)

記載：上顎歯である。唇側面では平坦で、舌側面ではわずかに膨隆する。歯根は平坦か、わずかに湾曲する。歯冠は遠心側へ傾く。遠心縁 1/2 あたりで明確な切痕が存在し、V 字状に凹になる。近心縁はわずかに凸であり、弱い切痕が歯根から 1/3 にある。また、どちらも歯冠の鋸歯は切痕から歯根側では粗く、歯冠側では細かい。本標本はクロトガリザメ *Cn. falciformis* の上顎の側歯及び後歯に似るが、*Cn. falciformis* は歯根の中央部が強く湾曲するため、本標本と区別される。

Carcharhinus sp. B

標本番号：IGPS112343

(図 2. 13)

記載：上顎歯である。唇側面では平坦で、舌側面ではわずかに膨隆する。歯根は V 字状に凹となる。歯冠は遠心側へ傾く。遠心縁は基底から 1/3-1/2 で凹となり、近心縁は 1/2 で強く凸となる。鋸歯は歯根側ではやや粗く、先端部にかけて漸移的に細くなる。本標本はドタバカ *Cn. obscurus* と歯冠部が似るが、歯根が V 字状に凹まないため、本標本と区別される。また、歯冠の遠心縁に V 字型の切痕が存在しないこと、近心縁が凸になる点で *Cn. sp. A* と区別される。

Carcharhinus spp.

標本番号：IGPS112344-112348

(図 2. 10-12)

記載：いずれも下顎歯であるが、メジロザメ属の下顎歯の形態は多くの種で類似しているため、同定が困難である。唇側面ではわずかに膨張し、舌側面では唇側面よりも強く膨隆する。歯根は中央で弱い凹となる。歯冠は左右対称で、近心・遠心縁の両端から 1/3 では、切縁は歯根に沿うように低いものに対して、中央では切縁の長い二等辺三角形を呈している。両縁とも均一で細かい鋸歯が存在する。

表 2：産出した板鰐類歯化石の計測値.

分類群	標本番号	図番号	幅(mm)	高さ(mm)	厚さ(mm)	備考
<i>Carcharhinus leucas</i>	IGPS112334	図2, 2	20.70	17.99	4.27	
<i>Carcharhinus leucas</i>	IGPS112335	図2, 3	19.59	16.04	3.22	
<i>Carcharhinus leucas</i>	IGPS112336	図2, 4	11.76	11.23	2.32	
<i>Carcharhinus cf. leucas</i>	IGPS112337		18.55	—	3.31	歯冠欠損
<i>Carcharhinus cf. longimanus</i>	IGPS112338	図2, 5	10.85	10.76	2.29	歯根一部欠損
<i>Carcharhinus cf. longimanus</i>	IGPS112339	図2, 6	13.62	15.37	3.90	
<i>Carcharhinus sp. A</i>	IGPS112340	図2, 7	9.86	9.23	1.94	
<i>Carcharhinus sp. A</i>	IGPS112341	図2, 8	8.92	6.85	1.82	
<i>Carcharhinus sp. A</i>	IGPS112342	図2, 9	9.92	8.01	1.90	
<i>Carcharhinus sp.</i>	IGPS112344	図2, 10	9.22	8.59	1.88	下顎歯
<i>Carcharhinus sp.</i>	IGPS112345	図2, 11	10.23	—	3.01	下顎歯, 歯冠破損
<i>Carcharhinus sp.</i>	IGPS112346	図2, 12	6.65	6.90	1.83	下顎歯
<i>Carcharhinus sp. B</i>	IGPS112343	図2, 13	6.32	5.47	1.01	
<i>Carcharhinus sp.</i>	IGPS112347		—	—	—	下顎歯, 破損
<i>Carcharhinus sp.</i>	IGPS112348		7.77	7.05	1.83	歯冠風化
<i>Sphyrna zygaenna</i>	IGPS112349	図3, 1	5.12	4.45	1.21	
<i>Sphyrna zygaenna</i>	IGPS112350	図3, 2	4.41	3.80	1.09	
<i>Sphyrna zygaenna</i>	IGPS112351	図3, 3	6.28	3.51	1.24	
<i>Carcharodon carcharias</i>	IGPS112352	図3, 1	32.35	38.98	10.01	下顎歯, 先端摩耗
<i>Squalus sp. A</i>	IGPS112353	図3, 4	3.34	2.13	1.13	遠心一部破損
<i>Squalus sp. A</i>	IGPS112354	図3, 5	4.34	3.00	1.37	
<i>Squalus sp. A</i>	IGPS112355		4.59	2.69	1.12	近心破損
<i>Squalus sp. B</i>	IGPS112356	図3, 6	3.04	2.56	1.10	近心歯根一部欠損
<i>Squatina sp.</i>	IGPS112357	図3, 7	—	4.75	3.55	歯根半分欠損
<i>Squatina sp.</i>	IGPS112358	図3, 8	4.56	2.83	2.11	基底突起欠損
<i>Dasyatis akajei</i>	IGPS112362	図3, 9	2.35	1.68	1.61	
<i>Dasyatis akajei</i>	IGPS112363	図3, 10	3.03	1.89	2.19	歯根一部欠損
<i>Dasyatis akajei</i>	IGPS112359	図3, 11	2.35	1.93	2.30	
<i>Dasyatis akajei</i>	IGPS112360	図3, 12	1.59	1.85	1.45	
<i>Dasyatis akajei</i>	IGPS112361	図3, 13	2.16	1.72	1.62	
<i>Myliobatis sendaicus</i>	IGPS112362	図4, 1	24.23	5.18	5.37	
<i>Myliobatis sendaicus</i>	IGPS112363	図4, 2	18.24	3.77	4.28	
<i>Myliobatis sendaicus</i>	IGPS112364	図4, 3	22.94	3.51	3.97	一部欠損
<i>Myliobatis sendaicus</i>	IGPS112365	図4, 4	—	4.27	4.77	半分欠損
<i>Myliobatis sendaicus</i>	IGPS112366	図4, 5	15.42	3.16	2.07	
<i>Myliobatis sendaicus</i>	IGPS112367	図4, 6	33.43	4.25	5.17	
<i>Myliobatis sendaicus</i>	IGPS112358		14.08	3.06	2.05	
<i>Myliobatis sendaicus</i>	IGPS112359		—	3.86	4.39	半分欠損
<i>Myliobatis sendaicus</i>	IGPS112360		13.31	3.74	2.53	破損

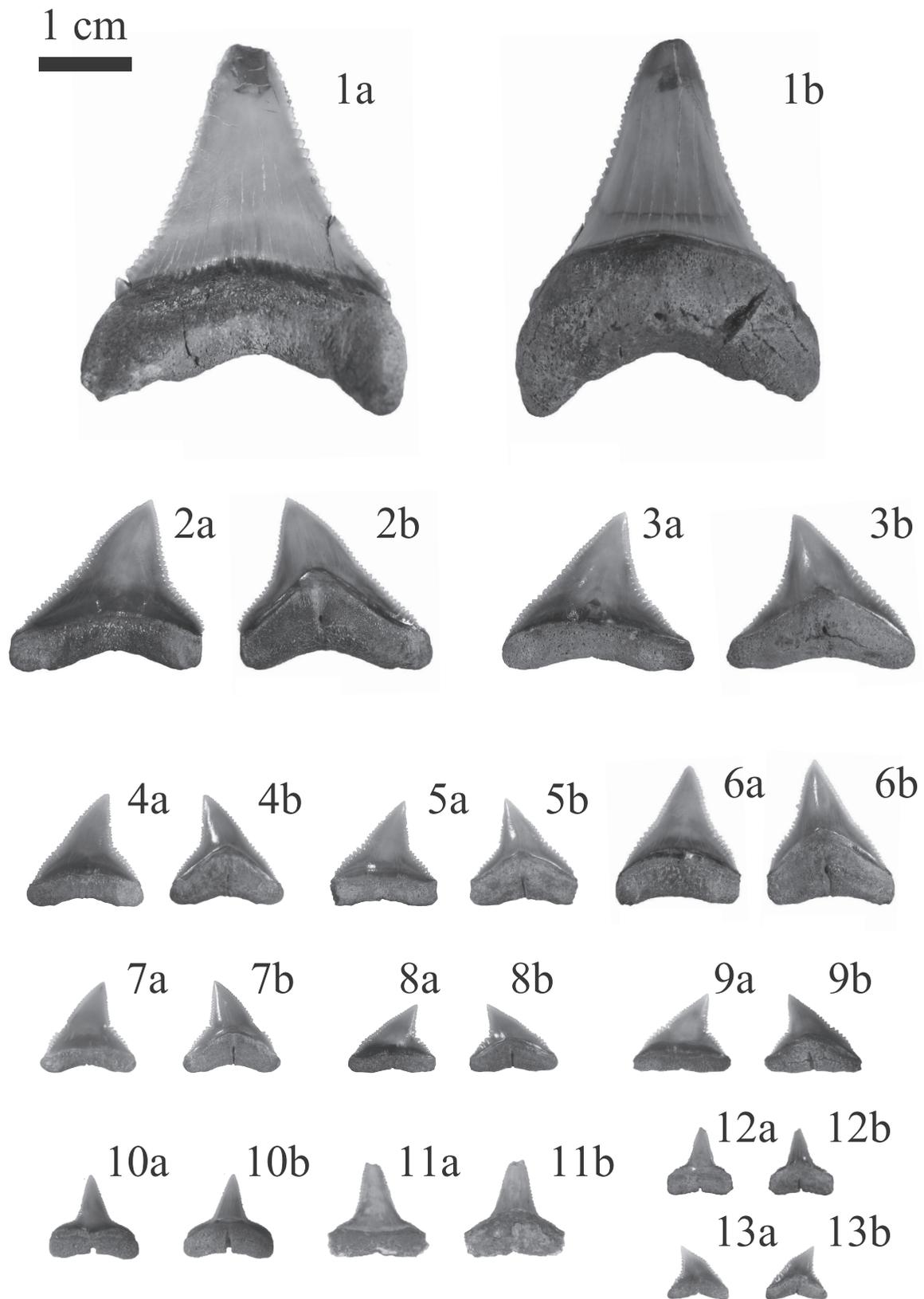


図2：竜の口層凝灰質砂岩層から産出した板鰐類化石 [no. 1-13]

1. *Carcharodon carcharias* Linnaeus, 1758 (IGPS112352). 下顎歯, a. 唇側面, b. 舌側面. **2-4.** *Carcharhinus leucas* Müller & Henle, 1839 (IGPS112334-112336). 上顎歯, a. 唇側面, b. 舌側面. **5, 6.** *Carcharhinus* cf. *longimanus* Poev, 1861 (IGPS112338, 112339). 上顎歯, a. 唇側面, b. 舌側面. **7-9.** *Carcharhinus* sp. A (IGPS112340-112342). 上顎歯, a. 唇側面, b. 舌側面. **10-12.** *Carcharhinus* spp. (IGPS112344-112346). 下顎歯, a. 唇側面, b. 舌側面. **13.** *Carcharhinus* sp. B (IGPS112343). 上顎歯, a. 唇側面, b. 舌側面.

Family: Sphyrnidae シュモクザメ科

Genus: *Sphyrna* シュモクザメ属

Sphyrna zygaena Linnaeus, 1758

シロシュモクザメ

標本番号: IGPS112349-112351

(図 3. 1-3)

記載: 上顎歯と下顎歯の区別はできない。唇側面では平坦で、舌側面ではわずかに膨隆する。歯冠は遠心側へ傾く。近心縁・遠心縁ともに鋸歯は存在しない。近心縁は中央でやや凸に湾曲し歯冠先端ではわずかに反り返る。また、遠心縁は凸に湾曲する。歯冠の遠心縁は基底部にある明確なV字型切痕を介してその遠心側にある遠心踵と接している。

Class: Lamniformes ネズミザメ目

Family: Lamnidae ネズミザメ科

Genus: *Carcharodon* ホホジロザメ属

Carcharodon carcharias Linnaeus, 1758

ホホジロザメ

標本番号: IGPS112352

(図 2. 1)

記載: 下顎歯である。唇側面では平坦で、舌側面で強く膨隆する。歯根は強い湾曲を示し、栄養痕が舌側面に点で存在する。歯冠は鋭角で、二等辺三角形を成す。また、鋸歯は両縁とも粗い。唇側面では平面を成し、舌側面では強く膨張する。

Class: Squaliformes ツノザメ目

Family: Squalidae ツノザメ科

Genus: *Squalus* ツノザメ属

Squalus sp.

標本番号: IGPS112353-112356

(図 3. 4-6)

記載: 上顎歯と下顎歯の区別はできない。歯冠は主咬頭と半月状の遠心副咬頭からなる。主咬頭は遠心側へ傾き、鋸歯は存在しない。主咬頭の近心縁は中央から先端にかけてやや凹となり、遠心縁は真っ直ぐで、基底部にV字型の切痕が存在する。一方、近心基底部の歯冠は膨らみをもつ。また唇側面では歯冠の基底突起が歯根側に突出する。

Class: Squatiniformes カスザメ目

Family: Squatinidae カスザメ科

Genus: *Squatina* カスザメ属

Squatina sp.

標本番号: IGPS112357, 112358

(図 3. 7, 8)

記載: 上顎歯と下顎歯の区別はできない。歯根は板状で舌側に幅広く、平坦である。また、唇側面中央で歯冠の基底突起が歯根側に突出する。歯冠は左右対称で、舌側面側へやや湾曲する。また、歯冠の近心縁・遠心縁ともに鋸歯は

存在しない。

Class: Myliobatiformes トビエイ目

Family: Dasyatidae アカエイ科

Genus: *Dasyatis* アカエイ属

Dasyatis akajei Müller & Henle, 1841

アカエイ

標本番号: オス; IGPS112359-112361,

メス; IGPS112362-112363

(オス: 図 3. 11-13; メス: 図 3. 9, 10)

記載: アカエイの歯は雌雄によって形態が異なる (Taniuchi and Shimizu, 1993)。オスの歯では、上顎歯と下顎歯は区別できない。歯冠表面は滑らかで基底は四角形である。歯冠咬合面は先端が細く、舌側へ強く傾斜する。歯根は二股になり、舌側へ偏る。メスの歯では、咬合面は近遠心方向に長い五角形である。歯冠表面は滑らかだが、隆線によって唇舌側に二分する。また、歯冠舌側面には弱い溝が存在する。歯根は二股になり、唇側へ偏る。

Hatai et al. (1965) で記載されたアカエイ比較種 *Dasyatis* cf. *akajei* の尾棘はトビエイ属 *Myliobatis* の尾棘だと指摘されており (佐藤ほか, 2000; みちのく古生物研究会, 2002), この歯化石が、確かなアカエイ *D. akajei* の竜の口層からの初記録となる。

Family: Myliobatidae トビエイ科

Genus: *Myliobatis* トビエイ属

Myliobatis sendaicus Hatai, Murata & Masuda, 1965

標本番号: IGPS112364-112380

(中央歯: 図 4. 1-6; 側歯: 図 4. 7-11; 置換歯: 図 4. 12)
記載: 上顎歯と下顎歯の区別はできない。咬合面は滑らかで唇側・舌側のどちらかへわずかに湾曲している。また、近心縁側へ細長い六角形であり、長辺は粗い。咬合面の幅は厚さに対し約 4-5 倍である。歯根は櫛状で、10 mm あたり約 9-14 本、唇舌側方向へ平行に弱い条溝があり、唇側へ偏る。また、唇側面では、歯根と咬合面境界で、咬合面に平行な明瞭な溝をもつ。一方、側歯の咬合面は四角形、または五角形である。近心縁に咬合面と平行な溝が存在する。歯根は 1-2 本の条溝があり、唇側へ偏る。また、置換歯では咬合面が一様に分厚い。本標本はトビエイ *Myliobatis tobijei* に似るが、咬合面の厚さが比較的細く、*M. tobijei* と区別される。

楯鱗

Class: Myliobatiformes トビエイ目

Family: Dasyatidae アカエイ科

gen. et. sp. indet.

標本番号: IGPS112381, 112382

(図 4. 13, 14)

記載:基底部は頭尾方向に長い楕円形,または長方形であり,尾側で凹となる.冠部は扁平で,頭側では太く,尾側にかけて先細りする.また,冠部は頭側にかけてわずかに傾いている.

鰐耙

Class: Lamniformes ネズミザメ目
Family: Cetorhinidae ウバザメ科
Genus: *Cetorhinus* ウバザメ属
Cetorhinus sp.
標本番号: IGPS112383
(図 4. 15)

記載:本標本は両端を欠いており,断面が露呈している.また,中空洞でエナメル光沢を呈する.わずかに湾曲し,末端で曲率が大きくなる.本標本では茎状部のみが産出した.鰐耙は位置によって大きさや形状が異なるが,ウバザメ科 Cetorhinidae は杖状の形態を示すことから同定される.

尾棘

Class: Myliobatiformes トビエイ目
Family: Myliobatidae トビエイ科
Genus: *Myliobatis* トビエイ属
Myliobatis sp.
標本番号: IGPS112384
(図 4. 16)

記載:本標本は先端・基部を欠いている.扁平で,先端に向かって細くなる.背面では膨隆し,中央に条溝が存在する.条溝は先端に向かって浅い.腹面は中央が凸になり,尾側に向かって強い.両縁には基部に向かって傾く鋸歯状の棘があり,基部では大きく,尾側でわずかに小さい.

竜の口層板鰐類化石群集の特徴, 及び古環境の復元

化石群集の構成

本調査で産出した竜の口層板鰐類化石群集,国内の上部中新統一鮮新統から報告された板鰐類化石群集,及び,現在の東北沿岸に生息する板鰐類群集を図 3, 及び表 3 に示した.なお, Hatai et al. (1974) で報告された *Carcharodon megalodon* は,今回は確認されなかった.

竜の口層では,先行研究で記載された種を含め,8科8属12種の板鰐類が確認された.これまで種レベルまで分類されることがなかったメジロザメ属 *Carcharhinus* が4形態種に大別された.また,ウバザメ科 Cetorhinidae, ツノザメ属 *Squalus*, カスザメ属 *Squatina*, 及び歯による確かなアカエイ属 *Dasyatis* の化石は,竜の口層から初記載となる.また,国内では愛知県東部の渥美半島に分布する豊橋層群豊橋層(中部更新統)だけでしか報告(川瀬・西松, 2016) されてい

なかったオオメジロザメ *Cn. leucas* が竜の口層から初めて確認された.これは国内の上部中新統一下部鮮新統における初記録でもある.

板鰐類化石群集が示す環境

メジロザメ属 *Carcharhinus* ($n = 15$), ホホジロザメ属 *Carcharodon* ($n = 1$), トビエイ属 *Myliobatis* ($n = 17$) の組み合わせは,沿岸一沖合にかけての環境を示す(横山ほか, 2001). 加えて, ヨゴレ比較種 *Carcharhinus* cf. *longimanus* ($n = 2$), シロシモクザメ *Sphyrna zygaena* ($n = 3$) といった外洋表層に生息する種が産出したことから,外洋水の流入があったことが示唆される.これは竜の口層の堆積環境,及び珪藻化石による古環境復元と整合的である.

また,竜の口層の板鰐類化石群集は,現在の東北沿岸で見られる典型的な寒冷域の板鰐類群集(佐藤ほか, 1987)とは異なる.すなわち,現在の東北日本沿岸一沖合域に生息するヨシキリザメ *Prionace glauca*, ネズミザメ *Lamna ditropis* は化石では未確認である.また,属(科)の産出数では現生種が冷温帯にも分布する板鰐類のうち,ウバザメ科 Cetorhinidae ($n = 1$), アカエイ属 *Dasyatis* ($n = 5$), シモクザメ属 *Sphyrna* ($n = 3$), ツノザメ属 *Squalus* ($n = 3$) の化石が稀である一方で,現在では熱帯一温帯域にかけて生息するメジロザメ属 *Carcharhinus* ($n = 15$) が, トビエイ属 *Myliobatis* ($n = 17$) に次いで多い.特にオオメジロザメ *Cn. leucas* ($n = 4$), ヨゴレ比較種 *Cn. cf. longimanus* ($n = 2$) は熱帯~亜熱帯域の温暖な海に分布するサメである(Ebert et al., 2013). これより,当時の“竜の口の海”は,外洋水の流入を受けた沿岸に分布する混合水域だったが,現在の東北日本沿岸より温暖な暖流が流入する時期があったことが示唆される.ただし,竜の口層同様に無脊椎動物化石と板鰐類化石から古環境復元について言及があり,どちらの分類群でも温暖域生息種で構成される掛川層群大日累層(更新世:横山ほか, 2000; 柴, 2005) と比べると,板鰐類の多様性が低い.これは,寒流による冷水塊の混入(柳沢, 1990)によって一部の温暖域生息種(例えば,イタチザメ *Galeocerdo cuvier*)にとって生息しづらい環境であったためと推測される.

本セクションは,外洋寒流系珪藻化石が優占的で,下位で暖流系珪藻化石がわずかに産出する(柳沢, 1990).さらに,本調査地より約 450 km 北東 (Site 436: 39° 55.96'N, 145° 33.4'E) の岩手県沖で採取された DSDP コアの珪藻温度指数 (Td -SST) によると,何度か温暖な海水温を示す珪藻化石群集が見られる(Koizumi and Yamamoto, 2012, 2013). また,竜の口層上部からも温帯性針葉樹林の花粉化石が産出している(竹内・吉田, 2012). その花粉化石群集にも含まれるブナ属 *Fagus* について,現生種のブナ *F. sieboldii* は本調査地より約 150 km 南方の福島県八溝山に北限をもつことから(佐竹ほか, 1989), 竜の口層上部が堆積した当時は現在の

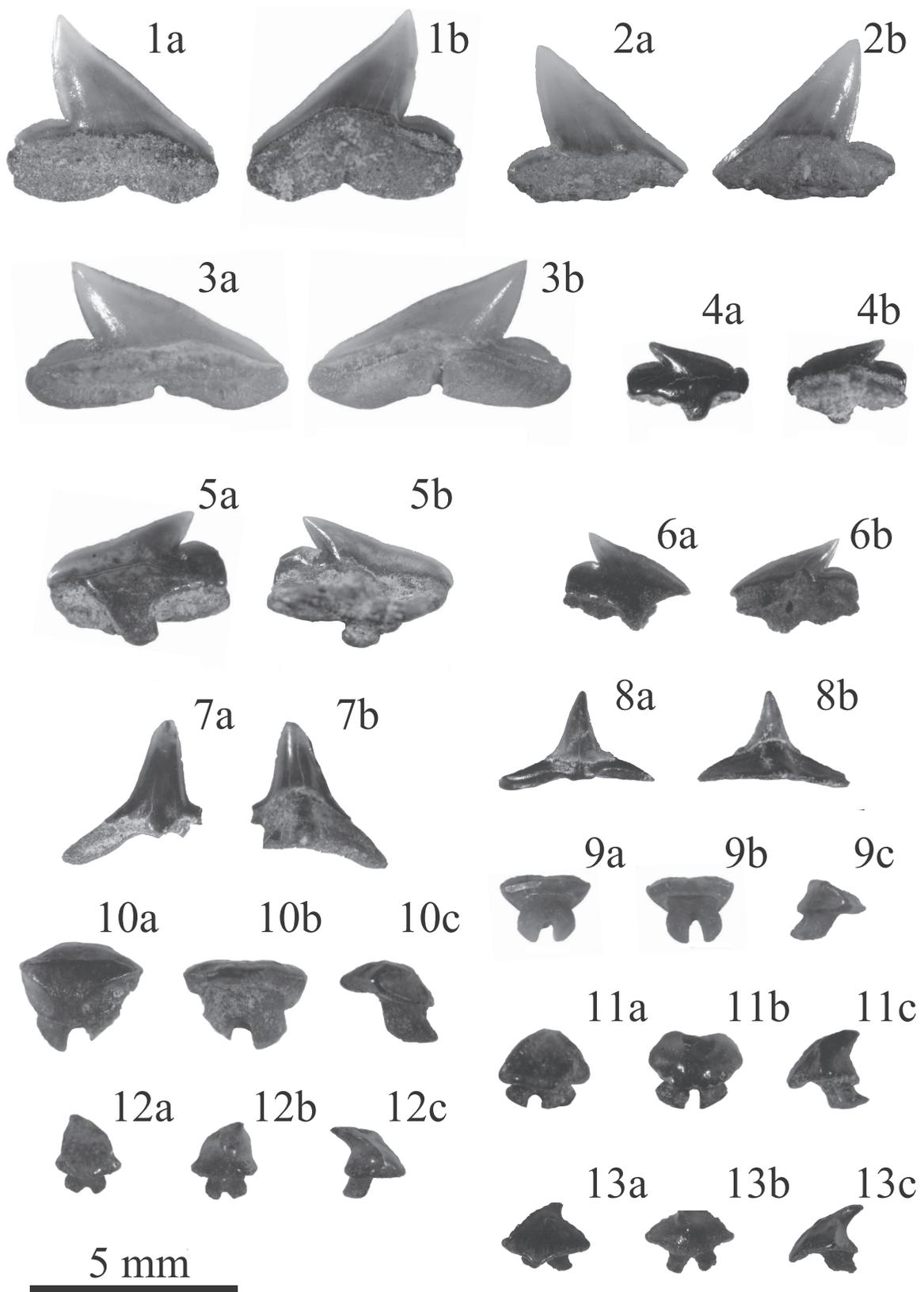


図3：竜の口層凝灰質砂岩層から産出した板鰐類化石 [no. 1-13]

1-3. *Sphyrna zygaena* Linnaeus, 1758 (IGPS112349-112351). 歯, a. 唇側面, b. 舌側面. **4-6.** *Squalus* sp. (IGPS112353-112355). 歯, a. 唇側面, b. 舌側面. **7, 8.** *Squatina* sp. (IGPS112357, 112358). 歯, a. 唇側面, b. 舌側面. **9, 10.** *Dasyatis akajei* Müller & Henle, 1841 (IGPS112362, 112363). メスの歯, a. 舌側面, b. 唇側面, c. 側面. **11-13.** *Dasyatis akajei* Müller & Henle, 1841 (IGPS112359-112361). オスの歯, a. 舌側面, b. 唇側面, c. 側面.

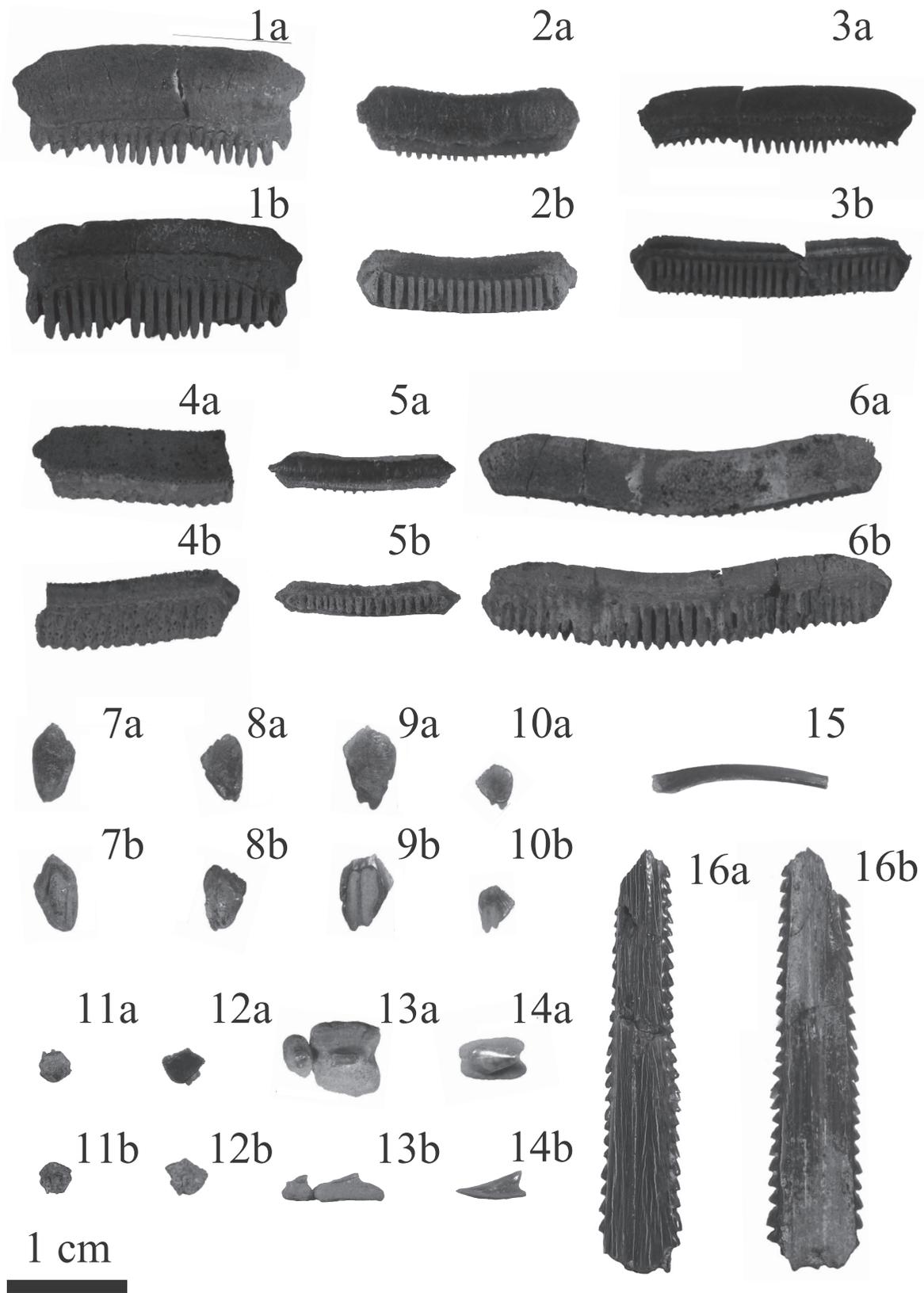


図4：竜の口層凝灰質砂岩層から産出した板鰐類化石 [no. 1-16]

1-6. *Myliobatis sendaicus* Hatai, Murata, & Masuda, 1965 (IGPS112364-112369). 歯, a. 咬合面, b. 基底面. 7-11. *Myliobatis sendaicus* Hatai, Murata, & Masuda, 1965 (IGPS112373-112377). 側歯, a. 咬合面, b. 基底面. 12. *Myliobatis sendaicus* Hatai, Murata, & Masuda, 1965 (IGPS112380). 置換歯, a. 咬合面, b. 基底面. 13, 14. *Dasyatidae* gen. et. sp. indet. (IGPS112381, 112382). 楯鱗, a. 背面, b. 側面. 15. *Cetorhinus* sp. (IGPS112383). 鰐杷. 16. *Myliobatis* sp. (IGPS112384). 尾棘, a. 背面, b. 腹面.

表 3：国内における上部中新統—更新統を含む産地の板鰐類化石群集（1-9）と現在の宮城県三陸沖に生息する板鰐類（9*：佐藤ほか，1987）. 行は分類群順に並ぶ. +は絶滅種. 産地番号は図3に対応する. **産地 1**：大日層（更新統）. 横山ほか（2000）, 柴（2005）. **産地 2**：白浜層群（上部中新統一下部鮮新統）. 吉原（1901）, Ishiwara（1921）, 新野（1946）, 狩野（2016）. **産地 3**：神沢層（上部鮮新統一下部更新統）. 上野・松島（1975）, 斎藤（1988）, 長谷川ほか（1991）. **産地 4**：大磯層（上部中新統）. 田中・森（1996）. **産地 5**：三浦層群, A. 三崎層, B. 逗子層（上部中新統）, C. 池子層（下部鮮新統）. Ozaki（1958）, 田中（2001）. **産地 6**：千畑層（上部中新統一下部鮮新統）. 石川ほか（1982）, 蟹江ほか（1991）, Yabe and Hirayama（1998）. **産地 7**：黒滝層群（上部鮮新統）. 大塚（1932）. **産地 8**：多賀層群（下部鮮新統）. Yabe（1949）, 後藤（1972）. **産地 9**：竜の口層（上部中新統一下部鮮新統）. 本研究.

		産地番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9*	
		地域	静岡県掛川市	静岡県下田市	神奈川県愛甲郡愛川町	神奈川県中郡大磯町	神奈川県	千葉県富津市	千葉県富津市	茨城県日立市	宮城県仙台市	宮城県三陸沖	
		地層名	大日層	白浜層群	神沢層	大磯層	三浦層群 A. 三崎層 B. 逗子層 C. 池子層	千畑層	黒滝層群	多賀層群	竜の口層		
		地質年代	更新統	上部中新統 一下部鮮新統 (9-3 Ma)	上部鮮新統 一下部更新統 (2.9-2.5 Ma)	上部中新統 (8.3-5.6Ma)	A, B, 上部中新統 C, 下部鮮新統	上部中新統 一下部鮮新統 (5-6 Ma)	上部鮮新統	下部鮮新統	上部中新統 一下部鮮新統 (5.4-5.3 Ma)	現代	
目	科												
Carcharhiniformes	Scyliorhinidae	<i>Galeus</i> sp.		○									
		<i>Scyliorhinus</i> sp.	○										
	Triakidae	<i>Galeorhinus</i> sp.							○				
		<i>Hypogaleus</i> sp.	○										
		<i>Mustelus manazo</i>										○	
		<i>Triakis scyllium</i>										○	
	Hemigaleidae	<i>Hemipristis elongata</i>	○										
		? <i>Hemipristis serra</i>						AB	○				
	Carcharhinidae	<i>Carcharhinus altimus</i>	○										
		? <i>Carcharhinus cuspidatus</i>								○			
		<i>Carcharhinus leucas</i>										○	
		<i>Carcharhinus longimanus</i>	○									○	
		<i>Carcharhinus plumbeus</i>										○	
		? <i>Carcharhinus praejaponicus</i>						ABC			○		
		<i>Carcharhinus</i> sp.	○					AB	○			○	
Sphyrnidae	<i>Galeocerdo cuvier</i>	○			○	○							
	<i>Prionace glauca</i>											○	
	<i>Sphyrna zygaena</i>										○	○	
	<i>Sphyrna</i> sp.	○									○	○	
Lamniformes	Odontaspidae	<i>Odontaspis ferox</i>											
		? <i>Odontaspis cf. incurva</i>									○		
		? <i>Odontaspis cf. vorax</i>									○		
		<i>Odontaspis</i> gen. et. sp. indet.				○	ABC	○					
	Cetorhinidae	<i>Cetorhinus maximus</i>				○						○	
		<i>Lamna</i> sp.	○	○	○	○	BC	○				○	
	Lamnidae	? <i>Carcharodon megalodon</i>		○		○	AB	○	○				
		? <i>Carcharodon rondeleti</i>					ABC				○		
		? <i>Carcharodon sagai</i>					ABC				○		
		<i>Carcharodon</i> sp.							○				
		? <i>Isurus eschaeri</i>											
		? <i>Isurus hastaris</i>				○	B	○					
		<i>Isurus oxyrinchus</i>	○			○	AB	○					○
		<i>Isurus paucus</i>	○										
		? <i>Isurus retroflexus</i>										○	
<i>Isurus</i> sp.													
<i>Lamna ditropis</i>											○		
<i>Lamna</i> sp.		○											
Otodontidae	? <i>Parotodus benedeni</i>	○				A	○			○			
Pristiophariformes	Pristiopharidae	<i>Pristiopharus</i> sp.	○			A	○						
Rhinoprismiformes	Rhinidae	<i>Rhynchobatus</i> sp.	○										
Heterodontiformes	Heterodontidae	<i>Heterodontus</i> sp.	○										
Squaliformes	Squalidae	<i>Squalus suckleyi</i>	○									○	
		<i>Dalatias licha</i>			○	○	B	○			○		
		<i>Isistius</i> sp.											
Squatiformes	Squatidae	<i>Squatina</i> sp.	○	○	○	○		○			○		
Hexanchiformes	Hexanchiidae	? <i>Notidanus</i> sp.								○			
		<i>Hexanchiade</i> gen. et. sp. indet.						○					
Myliobatiformes	Dasypatiidae	<i>Dasypatis akajei</i>									○	○	
		<i>Dasypatis matsubarai</i>										○	
		<i>Dasypatis</i> sp.	○										
	Rhinopteridae	<i>Rhinoptera</i> sp.			○								
Myliobatidae	? <i>Myliobatis sendaicus</i>										○		
	<i>Myliobatis</i> sp.	○		○								○	
Rajiformes	Rajidae	<i>Raja schmidtii</i>										○	
参考文献			横山ほか (2000) 柴 (2005)	吉原 (1901) Ishiwara (1921) 新野 (1946) 狩野 (2016)	上野・松島 (1975) 斎藤 (1988) 長谷川ほか (1991)	田中・森 (1996)	Ozaki (1958) 田中 (2001)	石川ほか (1982) Yabe and Hirayama (1998) 蟹江ほか (1991)	大塚 (1932) 後藤 (1972)	Yabe (1949) 後藤 (1972)	本研究 柳沢 (1990) 大石ほか (2012)	佐藤ほか (1987)	

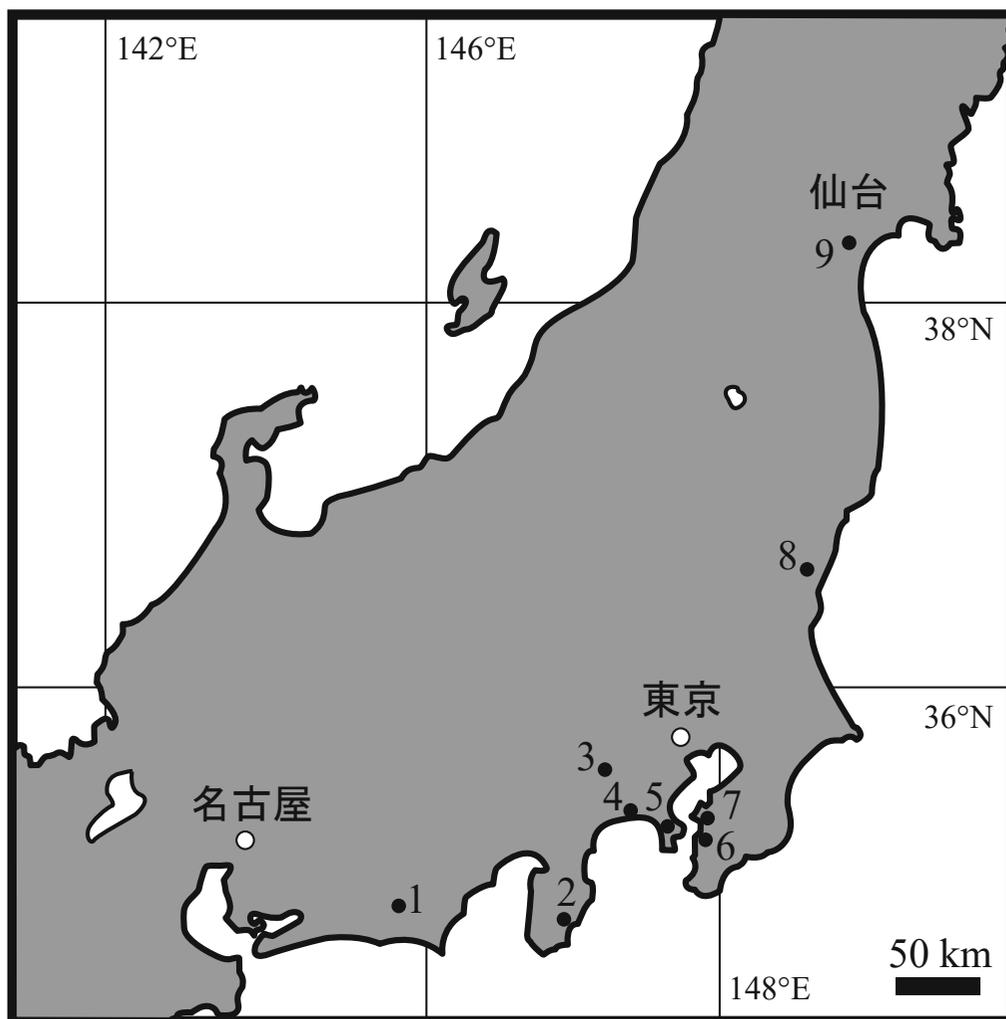


図5：国内における上部中新統—更新統の主要な板鰓類化石産地。産地番号は表3に対応する。

仙台市の気候より温暖であることが示唆される。本研究で得られた板鰓類化石群集は、上述の化石記録と整合的であり、温暖な海洋環境が陸生植物相から高次捕食者相にも影響していることが伺える。ただし、竜の口層からは寒流系珪藻化石群集、及び竜の口動物群に比べ、暖流系珪藻化石や花粉化石、及び板鰓類化石群集は断続的に産出することから、暖流の影響は連続的ではなく、断続的なものであった可能性が考えられる。

以上述べたように、“竜の口の海”は外洋水が流入する沿岸域であることが板鰓類化石群集からも支持された。また、メジロザメ属 *Carcharhinus* の高頻度での産出（特にオオメジロザメ *Cn. leucas* の産出）より、暖流の影響が“竜の口の海”沿岸域まで到達しており、少なくとも一時的には現在の東北日本沿岸域より温暖な海洋環境になっていたことが示唆された。

まとめ

後期中新世—前期鮮新世の東北日本東沿岸では、南方向に開いた内湾（竜の口の海）が存在し、これまで竜の口動物群・珪藻化石群集から寒流が卓越し、現在の東北日本沿岸域より寒冷な海だとされていたが、本研究により、以下の知見が得られた。

(1) 竜の口層（最上部中新統—下部鮮新統）の第8貝化石層（X8）直上の凝灰質砂岩層から、51標本の板鰓類化石が産出し、8科8属12種に同定・分類した。

(2) メジロザメ属 *Carcharhinus* は4形態種に分類され、ツノザメ属 *Squalus*、カスザメ属 *Squatina*、ウバザメ科 *Cetorhinidae* 化石、及び確実にアカエイ属 *Dasyatis* に同定できる化石が確認された。また、オオメジロザメ *Carcharhinus leucas* は国内の上部中新統—下部鮮新統からは初記録となる。

(3) 板鰐類化石群集解析, 及び先行研究の知見により, 竜の口の海は沿岸—沖合にかけての環境で外洋水の流入のあったことが支持された. また, *Cn. leucas* を含むメジロザメ属 *Carcharhinus* が多産すること, 及び先行研究の知見より, “竜の口の海” 及び沿岸では暖流の影響を受けて温暖な海洋・陸域環境になった時期が存在していたことが示唆された.

謝辞

本論文を執筆するにあたって, 仙台市在住の横山純一氏には竜の口層から産出したカスザメ属 *Squatina* 化石を寄贈していただいた. 名古屋大学博物館の藤原慎一氏には, 研究の方向性, 及び論文執筆において指導していただいた. 名古屋大学研究生の西松弘喜氏には論文原稿に目を通していただき, 多くの有益なコメントをいただくとともに, 多くの板鰐類化石に関する文献を提供していただいた. また, 東北大学総合学術博物館の高嶋礼詩氏, 群馬県立自然史博物館の高桑裕司氏には, 査読していただき, 本論文への重要な助言をいただいた.

引用文献

- 鎮西清高, 1963. 東北日本の新第三紀貝化石群集の変遷. 化石, **5**, 20–26.
- Chinzei, K. and Iwasaki, Y., 1967. Paleoecology of shallow sea molluscan faunas in the Neogene deposits of Northeast Honshu, Japan. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, **67**, 93–113.
- 地学団体研究会仙台支部, 1980. 新編仙台の地学. 177p., きた出版.
- Dambach, J. and Rödder, D., 2011. Applications and future challenges in marine species distribution modeling. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **21**, 92–100.
- Ebert, D. A., Fowler, S. and Compagno, L., 2013. *Sharks of the World; A Fully Illustrated Guide*. 528p., Wild Nature Press, Plymouth.
- 藤原 治・鈴木紀毅・林 広樹・入月俊明, 2013. 仙台南西部に分布する東北日本太平洋側標準層序としての中・上部中新統および鮮新統. 地質学雑誌, **199**, 96–119.
- Gadig, O. B. F., Juliano, M. F., and Barreiros, J. P., 2006. Further notes on the capture of a *Carcharhinus leucas* in a northeastern Atlantic oceanic insular shelf, the Azores Archipelago, Portugal. *Cybio*, **30** (supplement), 31–33.
- 後藤仁敏, 1972. 日本産の化石軟骨魚類についての一総括. 地質学雑誌, **78**, 585–600.
- 長谷川善和・小泉明裕・松島義章・今永 勇・平田大二, 1991. 鮮新統中津層の古生物. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), **6**, 1–98.
- Hatai, K., Masuda, K., Noda, H., 1974. Marine fossils from the Moniwa Formation, distributed along the Natori River, Sendai, Northeast Japan. Part 3; Shark teeth from the Moniwa Formation. *Saito Ho-on Kai Museum Research Bulletin*, **43**, 9–25.
- Hatai, K., Murata, M. and Masuda, K., 1965. A sting ray and eagle ray from the Tatsunokuchi Formation (Pliocene) in Sendai city, Miyagi prefecture, Japan. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, **57**, 34–37.
- 猪苗代治, 1987. 宮城県仙台市の竜の口層（下部鮮新統）より産出したアシカ上科動物化石について. 地球科学, **41**, 242–243.
- 石川秀雄・八田明夫・大木良仁, 1982. 房総半島, 千畑礫岩層に含まれる有孔虫化石. 千葉大学教育学研究紀要, 第2部, **31**, 11–17.
- 石丸一男, 2002. 仙台市北西部の竜の口層から産出したカワイルカ上科の化石について. 日本地質学会第109年学術大会要旨, 154p.
- Ishiwara, Y., 1921. On some fossil shark-teeth from the Neogene of Japan. *Science Reports of the Tohoku Imperial University, 2nd series, Geology*, **5**, 61–74.
- 蟹江康光・岡田尚武・笹原由紀・田中浩紀, 1991. 三浦・房総半島新第三紀三浦層群の石灰質ナノ化石年代および対比. 地質学雑誌, **97**, 135–155.
- 狩野謙一, 2016. 伊豆半島南部のジオガイド—地層からよみとく海底火山活動—. 104p. 東京地学協会・大和溪谷社.
- 川瀬基弘・西松弘喜, 2016. 中部更新統渥美層群豊橋層高松シルト質砂岩部層の板鰐類化石—名古屋周辺地域の古生物から見た古環境—. 瑞浪市化石博物館研究報告, **42**, 47–61.
- 北村 信・石井武政・寒川 旭・中川久夫, 1986. 仙台地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 134p. 地質調査所.
- Koizumi, I. and Yamamoto, H., 2012. Allochthonous diatom in DSDP site 436 on the abyssal floor off Northeast Japan. *JAMSTEC Report of Research and Development*, **14**, 27–38.
- Koizumi, I. and Yamamoto, H., 2013. Paleooceanography since the warm Pliocene epoch in the mid-latitudes of the Northwestern Pacific Ocean. In: Koizumi, I., Yamamoto, H., eds., *Diatom*, 87–106. Nova Science Publishers, New York.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・山元孝弘・滝沢文教, 1990. 原町及び大甕地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 155p. 地質調査所.
- Linnaeus, C. 1758. *Tomus I. Systema nature, per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata*, 824p., Laurentii Salvii, Holmiae (Stockholm). [In Latin]
- みちのく古生物研究会, 2002. 宮城の化石図集 (4) 竜の口層の化石, 53p. 仙台市科学館.
- Müller, J., Henle, F. G. J., 1839. *Systematische Beschreibung der Plagiostomen*, 29–102, Veit und Comp, Berlin. [In German]
- Müller, J., Henle, F. G. J., 1841. *Systematische Beschreibung*

- der Plagiostomen*, 200p., Veit und Comp, Berlin. [In Germany]
- 中村謙治・天野一男, 1994. 仙台市周辺に分布する仙台層群の堆積相と海水準変動. 日本地質学第 101 年学術大会講演要旨, 147p.
- 新野 弘, 1946. 礫性堆積物の 1 例. 資源研集, **9**, 29-35.
- Nomura, S., 1938. Molluscan fossils from the Tatsunokuchi shell bed exposed at Goroku cliff in the western border of Sendai. *Science Reports of the Tohoku Imperial University, 2nd series, Geology*, **19**, 235-275.
- 小笠原憲四郎, 1998. 古第三紀から新第三紀初期の太平洋地域の地史イベント. 日本地質学会第 105 年学術大会講演要旨, 237p.
- Oishi, M. and Hasegawa, Y., 1995. A list of fossil cetaceans in Japan. *The Island Arc*, **3**, 493-505.
- 大石雅之・吉田裕生・金光男・柳沢幸夫・杉山了三, 1996. 北上低地帯西縁に分布する鮮新・更新統の地質と年代: いわゆる“本畑層”の再検討. 地質学雑誌, **102**, 330-345.
- 大石雅之・吉田裕生・吉田充, 2012. 一関市巖美町の竜の口層のフィッシュン・トラック年代. 岩手県立博物館研究報告, **29**, 1-4.
- 大塚弥之助, 1932. 関東地方の新第三系の対比 (演旨). 地質学雑誌, **39**, 298-304.
- Ozaki, H., 1958. Stratigraphical and paleontological studies on the Neogene and Pleistocene formations of the Tyosi district. *Bulletin of the National Science Museum*, **4**, 1-182.
- Poey, F., 1861. *Memorias sobre la historia natural de la Isla de Cuba, Acompañadas de sumarios latinos y extractos en frances, Tomo 2*, 442p., Viuda de Barcina, Havana. [In Spanish]
- 才田直人・小向 英・大石雅之, 2011. 仙台市の竜の口層 (最後期中新世~前期鮮新世) から産出した鯨類化石: 産出層準・産状および産出の意義. *Bulletin of the Tohoku University Museum*, **10**, 135-146.
- 斎藤常正, 1988. 関東地方における幾つかのほ乳類化石包含層の微化石年代, 新生代海生哺乳類の生層序と古生物学的研究. 総合研究 (A) 文部省科学研究補助金報告書, 140-148.
- 佐竹義輔, 1985. マツ科. 佐竹ほか, 日本の野生植物, 木本, 5-15. 平凡社.
- 佐藤正道・宮坂義彦・小松尚哉, 2000. 竜の口層のエイ化石について. 仙台市科学館研究報告, **10**, 13-20.
- 佐藤隆平・仲谷一宏・長谷部明石, 1987. 原色魚類図鑑—気仙沼市魚市場に水揚げされる魚類 改訂版, 102p. 気仙沼市役所.
- 柴 正博, 2005. 2.2 静岡, 掛川地域の第三系・下部更新統. 日本の地質増補版編集委員会編, 日本の地質増補版, 132-136. 共立出版.
- 鈴木敬治, 1987. 大型植物化石 (仙台付近の新第三系植物化石群). 地学団体研究会仙台支部・仙台市科学館編, 広瀬川流域の地形地質調査報告書, 94-97. 仙台市科学館.
- 竹内貞子・吉田明弘, 2012. 仙台向山地域の仙台層群より産する花粉化石. 地球化学, **66**, 193-197.
- Taniuchi, T., Shimizu, M., 1993. Dental sexual dimorphism and food habits in the stingray *Dasyatis akajei* from Tokyo Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**, 53-60.
- 田中 猛, 2001. 三浦半島の三浦層群より産出した板鰐類化石. 神奈川県自然史資料, **22**, 73-80.
- 田中 猛・森 慎一, 1996. 神奈川県西部の大磯層産出の板鰐類化石. 平塚市博物館研究報告, **19**, 67-87.
- 上野輝弥・松島義章, 1975. 神奈川県北部の中津累層 (鮮新統上部) 産出ホホジロザメ, ヨロイザメなどの化石について. 神奈川県立博物館研究報告, **8**, 41-55.
- Voigt, M. and Weber, D., 2011. *Field Guide for Sharks of the Genus Carcharhinus*. 151p., Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- Yabe, H., 1949. The Taga beds of the Zyoban coal-field. *Proceeding of the Japan Academy*, **25**, 9-17.
- 矢部英生・後藤仁敏, 1999. 板鰐類の歯に関する用語. 化石研究会会誌, **32**, 14-20.
- Yabe, H. and Hirayama, R., 1998. Selachian Fauna from the Upper Miocene Senhata Formation, Boso Peninsula, Central Japan. *Natural History Research, Special Issue*, **5**, 33-61.
- 柳沢幸夫, 1990. 仙台層群の地質年代—珪藻化石層序による再検討—. 地質調査所月報, **41**, 1-25.
- 柳沢幸夫, 1998. 岩手県北上市西部に分布する新第三系竜の口層の珪藻化石層序. 北上低地帯の鮮新・更新統の地質と年代. 岩手県立博物館調査研究報告書, **14**, 29-36.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F., 1998. Revised Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *The Journal of the Geological Society of Japan*, **104**, 395-414.
- 横山謙二・後藤仁敏・柴 正博, 2000. 掛川層群大日累層から産出した板鰐類化石. 海・人・自然 (東海大学博物館研究報告), **2**, 37-52.
- 横山謙二・柴 正博・新村龍也, 2001. 掛川市上西郷における掛川層群鯨目化石発掘調査の成果. 海・人・自然 (東海大学博物館研究報告), **3**, 101-111.
- 吉原重康, 1901. 魚の化石に就て. 地学雑誌, **13**, 135-144.

東北大学片平キャンパスにおける歴史的建造物の石材に関する研究

内山隆弘¹⁾・蟹澤聡史²⁾

¹⁾ 東北大学キャンパスデザイン室

²⁾ 東北大学名誉教授

A study on the stone materials used in historical buildings on Katahira campus, Tohoku University

Takahiro Uchiyama¹⁾, Satoshi Kanisawa²⁾

¹⁾ Campus Design Office, Tohoku University

²⁾ Professor Emeritus, Tohoku University

Abstract: Among the existing buildings on Katahira campus from the Meiji to early Showa era, stone materials are used in many cases. However, their types and occurrences have not been studied so far. The purpose of this paper is to clarify these issues by researching literature and scientific analysis, especially measurement of magnetic susceptibility. As a result, the characteristic stones types of each era are listed and their origins are presumed as follows.

Meiji Era

- Volcanic rocks presumed as Mitaki-basalt produced in western Sendai.

Taisho to early Showa Era

- White colored granites presumed to be produced in Ibaraki Prefecture including the Inada district.
- Tuffs presumed as Akiu-stone produced in western suburbs of Sendai
- Welded tuffs presumed as Sirakawa pyroclastic flow deposits distributed in South of Fukushima and North of Tochigi Prefecture.

In Showa era, cherry-colored granites and terrazzo (artificial stone) are used in many cases.

1. はじめに

東北大学片平キャンパスには、明治期以降の歴史的建造物が数多く残っている。戦災や都市開発により、同時期の建物の多くが失われている仙台市内において、キャンパス内に集中的に残る建造物群は、当時の社会状況を知るうえで貴重な手がかりとなる。

近年、これらキャンパスの建造物は、そのうちの5棟が登録有形文化財として登録されるなど、その価値が注目されている。しかし、そこに使用されている材料、とりわけ石材という点では、研究が行われていない。

石材は、まさに大地から直接切り出される材料であり、建造物とその産地が持つ大地の記憶を直接的に結びつけるものである。都市の人工物に使われた石材に着目し、そこ

に見られる多様な産地から集められた石材を、あたかも標本として活用する取り組みは、アーバンジオロジーとして各地で先例がある。一方、地域活性化の流れの中で、地域固有の街並みや風景を形成する素材として、石材が注目されている。

本稿では、片平キャンパスに残る歴史的建造物を中心に、その石材の種類と産地を、帯磁率の測定を主とした科学的手法及び文献の調査から推定し、その石材が使用された社会的背景の考察を目的とする。

2. 対象とする建造物と石材

本稿では、建造物の外観に見られる石材を対象とする。取り上げる建造物を、表1に示す。それらは東北大学キャ

表 1. 本稿で検討対象とした東北大学キャンパス内の建造物
 表中の記載：旧名称、完成年、石材使用箇所（石材種類）

 <p>1. 第二高等中学校正門、M24、柱頭部（火山岩）</p>	 <p>2. 仙台医学専門学校博物・理化学教室（本部棟 3）、M37、基壇部（火山岩）</p>	 <p>3. 第二高等学校書庫、M43、基壇部・装飾帯（火山岩）</p>	 <p>4. 仙台高等工業学校正門、T8か、全体（溶結凝灰岩）</p>
 <p>5. 金属材料研究所、T10、外壁装飾部（花崗岩）</p>	 <p>6. 理学部生物学科、T12、基壇部（花崗岩）</p>	 <p>7. 理学部の困障、T13か、支柱（凝灰岩）</p>	 <p>8. 工学部金属工学科、T13、腰壁（凝灰岩）</p>
 <p>9. 東北帝大附属図書館、T13、腰壁（凝灰岩）、玄関周り・外部階段（溶結凝灰岩）</p>	 <p>10. 東北帝大正門、T14、全体（花崗岩）</p>	 <p>11. 第二高等学校北六番丁正門（現在は青葉山キャンパスに移設）、T14、全体（溶結凝灰岩）</p>	 <p>12. 法文学部 2 号館、S2、玄関周り（凝灰岩）、外部階段（溶結凝灰岩）</p>
 <p>13. 工学部機械及び電気教室、S4、玄関周りおよび基壇部（花崗岩、人造石）</p>	 <p>14. 仙台高等工業学校建築学科、S6、玄関周り・腰壁（花崗岩、凝灰岩、人造石）</p>	 <p>15. 小川記念園、S7、柱頭および基壇上部（花崗岩）</p>	 <p>16. 理学部化学教室、S9、玄関床（花崗岩）、玄関柱（人造石）</p>
 <p>17. 東北帝大北門、S10 頃か、柱頭（溶結凝灰岩）</p>	 <p>18. 本多記念館、S16、玄関ポーチ（花崗岩）</p>		

ンパスに現存する建造物で、外部に石材が使用されていることが確認できたもの18件である。

なお、上記事例中には火山岩が多く含まれている。火山岩の石材の呼称については、建築分野においては、「安山岩」が一般的に用いられ、その意味するところは、地質学の分野で用いられている範囲よりも広い。ここでは、それらをより細かく分類するために、地質学的命名法を用いることにする。

3. 石材の帯磁率について

3-1. 建築物石材の鑑定に帯磁率を応用する利点

城郭の石積み、石仏、石碑、あるいは古い建造物などに用いられている石材の同定は、その石材の産地の推定、建造物の建てられた時代背景、あるいは流通経路を知る意味でもたいへん重要である。また、考古学分野での石器鑑定も同様な目的がある。しかしながら、従来はほとんど肉眼鑑定だけに依存していた。

ところが、これらの石材の同定を肉眼鑑定のみで行うことは、表面の風化や蘚苔類の付着により困難となり、さらに経験などの熟練を要するために客観的評価を得るにも問題があった。そのため、最近はこのような分野での岩石帯磁率（磁化率）を用いた研究が行われるようになった。

帯磁率は、与えられた磁場の強さ（H）に対する誘導磁化の強さ（M）の比（M/H）で与えられる無次元量であり、岩石では含まれる磁鉄鉱などの強磁性鉱物の量、鉱物組成、粒径分布などに支配される（長,2014;2016）。今回は、チェコのZH Instruments社製SM-30型携帯帯磁率計を用いて、石材の帯磁率測定を行った。

3-2. 石材の帯磁率測定の留意点

しかし、測定に際して、あるいは得られた測定データの解釈には、次のようなことに留意する必要がある。

- 1) できるだけ測定面が平滑であることが望ましく、帯磁率計を測定面にぴったり押し付けて測定する必要がある。しかし、礎石などの建造物や石仏、石碑などは凹凸のある場合が多く、円柱状の場合もあつたりする。その時は実際の値よりも低くなる。
- 2) 測定物の表面が風化することによって、例えば磁鉄鉱は他の鉱物よりも安定なので、相対的に増加して帯磁率が高くなること、一方、風化により凝灰岩中のチタン磁鉄鉱がマグヘマイトに変化して帯磁率が低下する例も報告されている（姜ほか,1997）ので一概には結論できない。また、斜方輝石などのFeを含んだ造岩鉱物が風化してモンモリロナイトなどの粘土鉱物に変化すればやはり帯磁率は変化する。いずれにしても風化により帯磁率はかなり変動する。
- 3) 測定面が乾燥していることが必要で、濡れていると実際

の値よりも低くなる（森尻,2007）。

- 4) 凝灰岩などの場合は、空洞や含まれている溶岩の角礫などの影響で、変動が大きく、バラツキやすい。このような不均質性は、粗粒の火成岩にも当てはまる性質なので、粒径の異なる場所を数多く測定すること、できるだけ異物の混入のないところを選び、測定点を増やす必要がある。

しかし、このような測定値のバラツキなどを考慮しても、帯磁率測定は岩石薄片作成よりもはるかに短時間で大量のデータが得られること、非破壊で測定できることなどの大きなメリットがある。

3-3. 日本の火成岩における帯磁率の広域的变化

一般に火成岩の場合、シリカの多い珪長質火成岩ではFe、Mgが少なく強磁性鉱物である磁鉄鉱なども少ないのに対して、シリカの少ない苦鉄質火成岩では逆に強磁性鉱物が多いため、帯磁率も高い。

また、同じ花崗岩類でも地域差のあることが明らかにされている。金谷・石原(1973)およびIshihara(1977)は花崗岩類の磁鉄鉱、チタン鉄鉱などの含有量と帯磁率の関係について論じ、北上山地ならびに山陰帯の帯磁率の高い花崗岩類を磁鉄鉱系花崗岩と呼び、帯磁率の低い山陽帯ならびに領家帯の花崗岩類をチタン鉄鉱系花崗岩と呼んだ。阿武隈山地の花崗岩類はほぼこれらの中間の性質を示すという。帯磁率を支配する要因は花崗岩マグマの形成時や貫入時の壁岩の影響による酸素フュガシティに依存するが、ここでは詳細は割愛する。

花崗岩類の帯磁率に関して、大熊・金谷(2000)によれば、帯磁率の高い北上山地の花崗岩類は $10 \times 10^{-3} \sim 50 \times 10^{-3}$ SIを示す。これに対し、石材として広く用いられている茨城県の筑波花崗岩（広義には新治花崗岩や稲田花崗岩など）は、西南日本内帯の山陽帯、あるいは領家帯花崗岩の延長と考えられ、帯磁率は低く、新治花崗岩類の帯磁率は $0.05 \times 10^{-3} \sim 0.12 \times 10^{-3}$ SIを示す（長,2015）。

反磁性鉱物の石英・長石を主とし、磁鉄鉱などのような磁性鉱物がほとんど含まれない頁岩などの帯磁率は一般に火成岩よりかなり低い（金谷・片田,1975）。前述のとおり、風化により変質した火成岩や珪長質火成岩、チタン鉄鉱系花崗岩などは低い帯磁率を示すが、これらとの識別は、肉眼的に可能である。一方で、凝灰岩類はほぼ火成岩と似たような値を示す。そのため、これらの識別は肉眼鑑定によるものとなるが、溶結凝灰岩の場合には溶岩と一見して区別がつかないものもあるため、注意が必要となる。以上のことから、礎石などに用いられている石材が火成岩か凝灰岩か、あるいは頁岩類なのかは、肉眼鑑定に加えて帯磁率を用いることで、蘚苔類が付着したり風化による色の変化があっても、一部の例を除き区別はかなり容易となる。

4. 明治期の石材

4-1. 明治期の石材の使用状況

明治期の建造物で対象となるのは3件である。もっとも古いものは第二高等中学校正門（以下、二高正門とする。）の柱頭部分の石である。また、仙台医学専門学校（以下、医専とする。）は木造建築物であるが、その礎石に石が用いられている。レンガ造の第二高等学校書庫（以下、二高書庫とする。）には、礎石や外部階段、外壁の水平装飾帯の一部に石が用いられている。それらの石は外見が全て同じで優黒質の火山岩であった。

4-2. 優黒質の火山岩

岩質の検討

この時期の建造物で、仙台市内に現存するものとしては、陸軍歩兵第四連隊兵舎（明治7年）がある。この基壇部にも、同様の火山岩が用いられている。また、藩政期には、仙台城下において西郊の国見地区周辺から切り出される火山岩

が用いられ、仙台城や武家屋敷の石垣、寺社の石段に用いられていた。これらを比較対象として以下の検討を行った。

これらの岩相を、肉眼により観察した。明治期の石材の多くは、「コタタキ仕上げ」と呼ばれる、細かな水平の縞模様が刻まれており、藩政期の石垣とは一見異なる表情を呈する。また、風化した面は白っぽくなっていた。しかし、比較的新鮮な部分では全てが黒色を呈しており、その中には5～10ミリ程度の白い斜長石斑晶が認められた（図1）。また、医専の基壇部から風化により剥離したと見られる岩片を採取し、作成した薄片の偏光顕微鏡画像を図2に示す。この写真から明らかなように、鉄鉱物の自形結晶と、斜長石、斜方輝石の自形結晶が確認され、風化によりモンモリロナイトなどの粘土鉱物が形成されている。

次に、これらの石材の帯磁率を測定した（図3のA、図4）。その結果、明治期の石材は、仙台城の石垣や亀岡八幡宮の石段など明治期以前に用いられた石材と同様、 $15 \sim 25 \times 10^3 \text{SI}$ に出現率のピークが現れる結果となった。

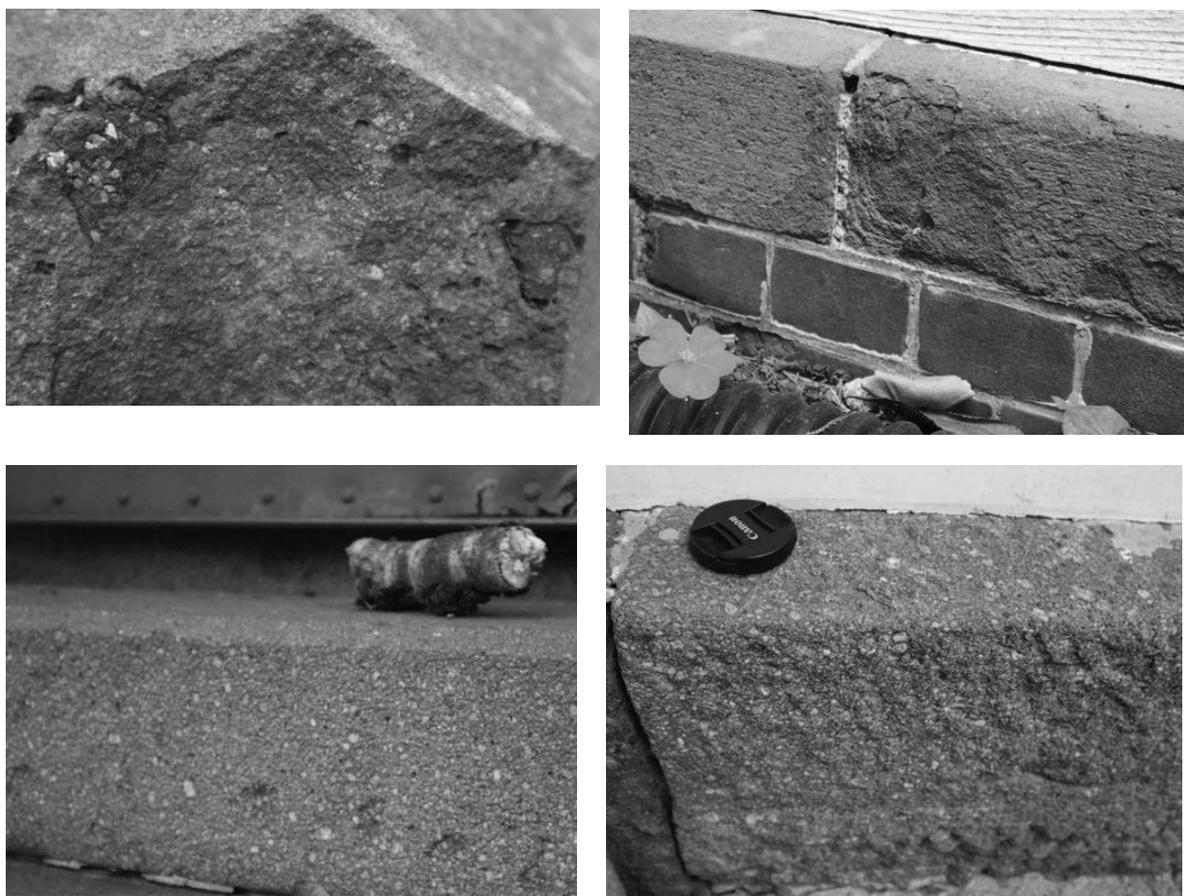


図1. 優黒質の火山岩の詳細写真

（左上）二高正門 柱頭、（右上）仙台医学専門学校 基壇、（左下）二高書庫外部階段、（右下）陸軍歩兵第四連隊兵舎 基壇

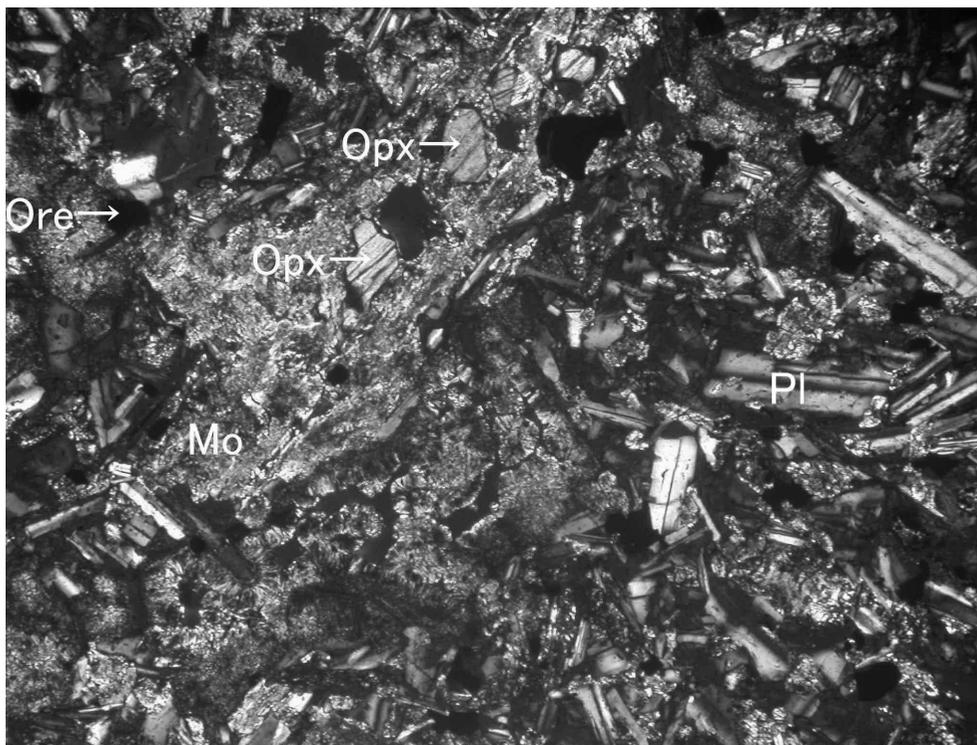
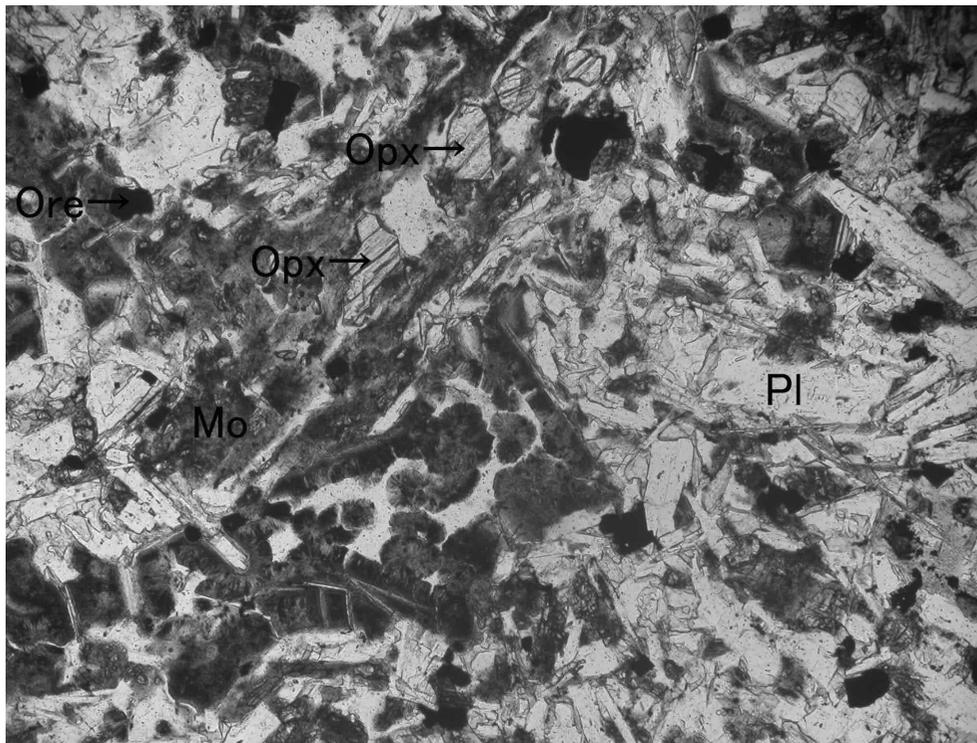


図 2. 仙台医学専門学校基壇周辺に散乱していた岩片から作成した偏光顕微鏡画像
(上) オープンポラー (下) クロスポラー
Ore: 鉄鉱物、Pl: 斜長石、Opx: 斜方輝石、Mo: モンモリロナイト様鉱物 写真の横幅 2.35mm

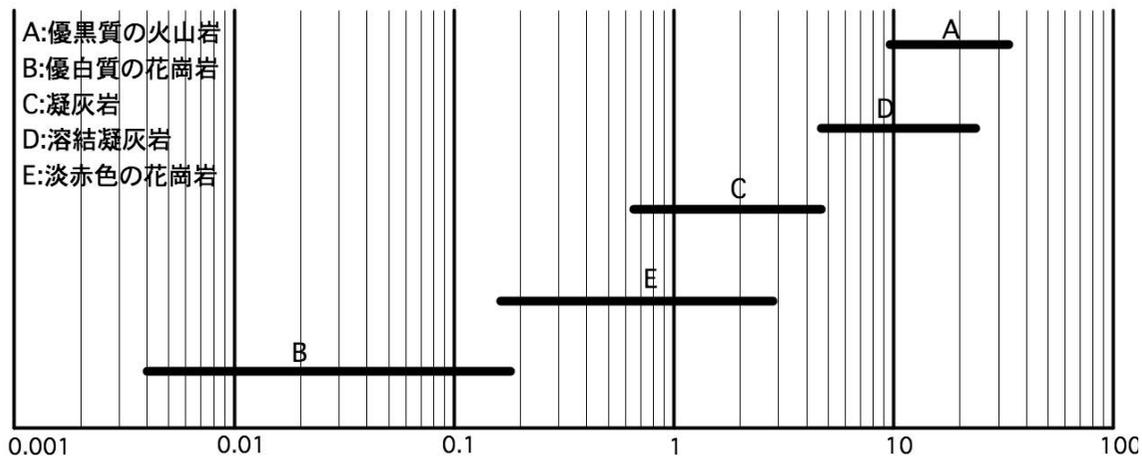


図3. 本稿で試みた石材のグループ化とその帯磁率測定値の分布
(単位: $\times 10^{-3}$ SI)

史的検討

陸軍歩兵第四師団兵舎は仙台市内に残る明治期以降の建築物のうち最古級のものである。その礎石には仙台城の石垣を再利用したとの記録がある(菊池,1974)。仙台城の石垣は、市街地西方の国見付近から採石されたもので、地質学的には「三滝玄武岩」と呼ばれている。この石は、藩政時代はもとより昭和30年代まで採石されていたことが知られている。

幕末頃の『仙台領鉱物調』には、三滝玄武岩の分布範囲に「石山」と記された採石地の地名が多数掲載されている。それらを挙げると、荒巻村離山、郷六村葛岡御林之内火面沢と申所、荒巻村龍寶寺知行所之内山屋敷、吉成防立山根通、荒巻村瀧倉澤根廻りがある(宮城県史編纂委員会編1970)。

昭和6年に発行された『日本産石材精義』には、「宮城県仙臺市の西方三瀧」から採られる石として、「黒色緻密玻璃質の堅硬なる石材にして、美観なけれども耐久性に富むを以て仙台市に多く使用せらる」(小山,1931)と記されている。

石材の推定

上記の検討から、明治期の建造物に使用されている優黒質の火山岩は、三滝玄武岩であると推定した。仙台市街地から最も近い場所で採石され、藩政期から仙台のまちづくりを支えた石である。外観は美しいというわけではないが、明治期の比較的素朴な表情を持つ建造物の中で、引き続き主役として活躍し続けたと考えられる。

5. 大正期～昭和初期の石材

5-1. 大正期～昭和初期の使用状況

大正期の建造物で対象にしたのは8件、昭和初期の建造物では7件がある。大正期から鉄筋コンクリート造が用いられるようになり、石材は、構造物材としてよりも、その表面に仕上げ材として貼り付けて用いられることが多くなる。石材の

種類も増え、花崗岩、凝灰岩、溶結凝灰岩が確認された。

大正期に用いられた花崗岩は優白質で、金属材料研究所や理学部生物学科の外壁の一部、東北帝大正門に使用され、さらに昭和期に至っても、仙台高等工業学校(以下SKKとする。)や小川記念園、理学部化学教室に利用されている。

大正期から昭和初期にかけての特徴的な石材としては、凝灰岩と溶結凝灰岩があり、前者は工学部金属工学科や附属図書館の腰壁などに、後者は附属図書館の玄関周りのほかSKK正門や北六番丁の二高正門などに使用されている。

昭和期に入ってからの特徴としては、淡赤色の花崗岩、および人造石が多く用いられるようになることが挙げられる。

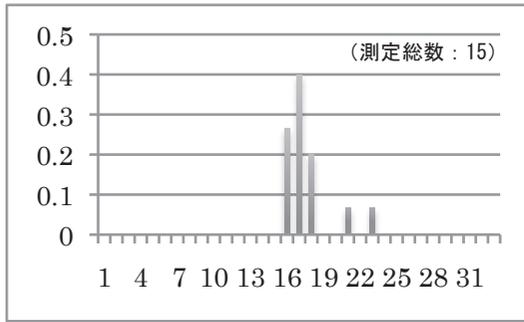
5-2. 優白質の花崗岩質の検討

大正期の建物に使用されている花崗岩は全て優白質で粗粒のものであった(図5)。帯磁率を測定したところ、全てが 0.1×10^{-3} SI周辺かそれ以下の値を示した。これらの帯磁率は、昭和44年に建立され茨城県産の「稲田石」との記録が残っている二高記念苑の記念碑(小倉,1970)と同様の値を示した(図3中のB、図6)。

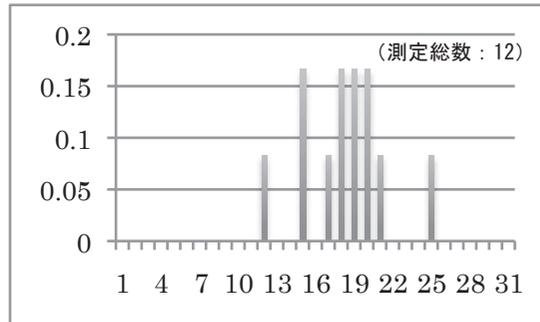
史的検討

これより前、明治期の建造物に使用された石材として産地の記録が残っているものは、芭蕉の辻の七十七銀行(明治36年完成)に使われた盛岡産の花崗岩がある(小倉,1976)。盛岡産を含む北上山地の花崗岩の帯磁率は、前述のとおり、稲田石よりもずっと高い値であることが知られている。そのため、大正期の優白質の花崗岩の産地は、盛岡とは考えにくい。

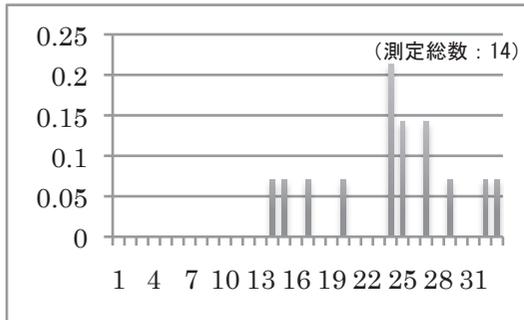
一方、仙台市内の建築物で、初めて鉄筋コンクリートが使用された例として、大正9年に大町五丁目に建てられた明治生命保険仙台支店がある(仙台市歴史民俗資料館編



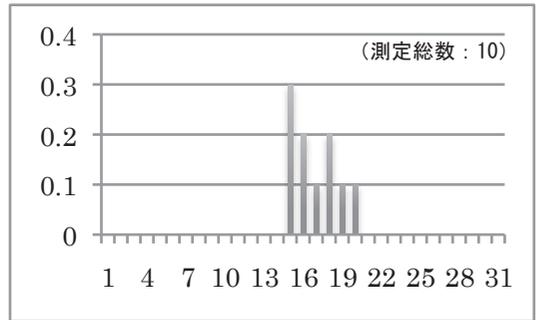
二高正門 柱頭



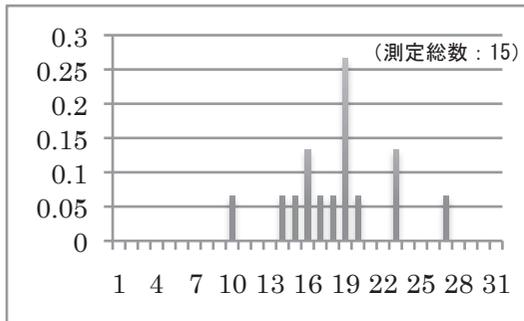
仙台医学専門学校 基壇 (西側)



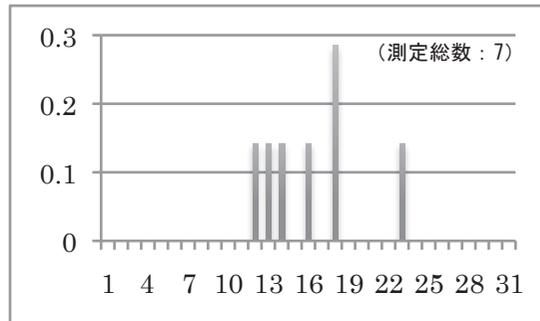
二高書庫 基段及び柱隅部



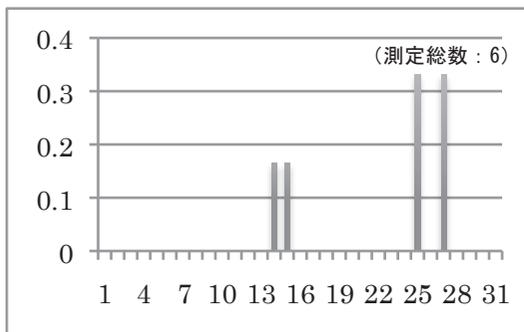
陸軍歩兵第四連隊兵舎 基壇部



片平丁の石積み (江戸時代)



仙台城大手門脇の石積み



亀岡八幡宮 石段

図4. 優黒質の火山岩の帯磁率ヒストグラム
縦軸：出現率 (出現度数 / 測定総数)、横軸：帯磁率 (単位： $\times 10^{-3} \text{SI}$)

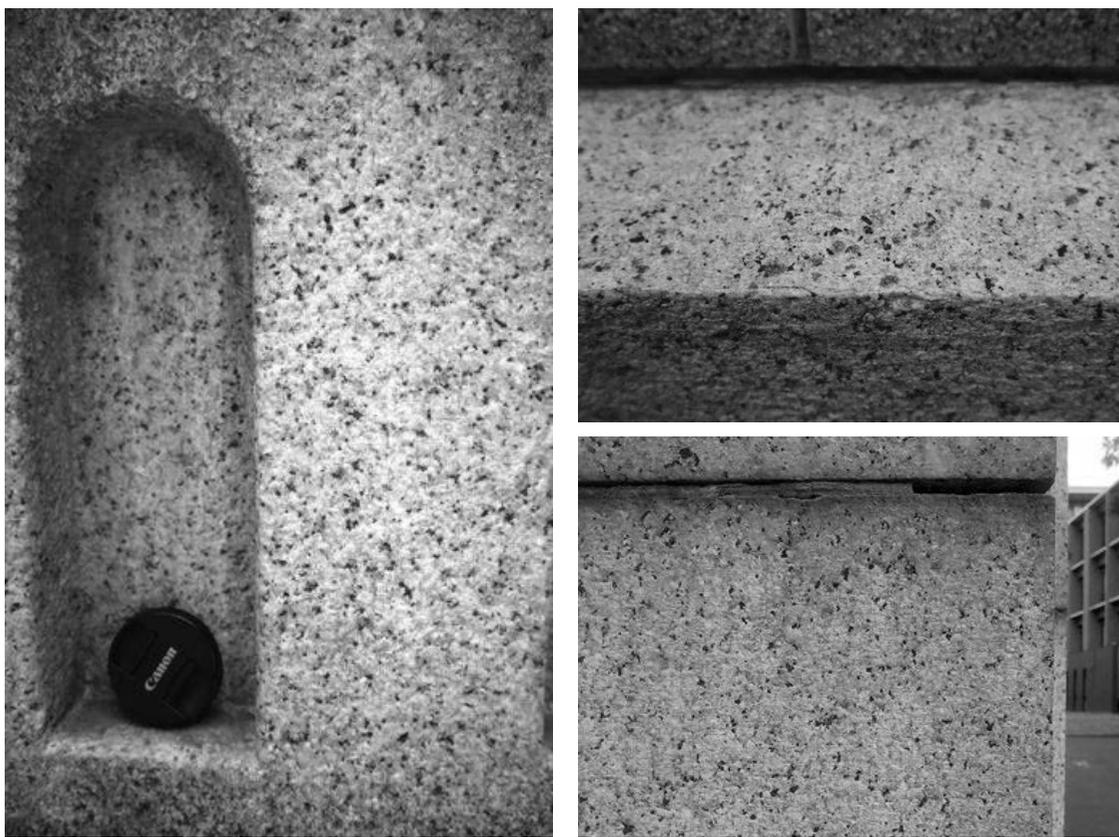


図 5. 優白質の花崗岩の詳細写真

(左) 金属材料研究所、(右上) 理学部生物学科、(右下) 東北帝大正門

2015)。この外壁には、稲田産の花崗岩が使用されたことが記録に残っている（日本石材振興会編,1956）。稲田石は、明治 30 年、水戸線に稲田駅が設置されると、鉄道で全国へ運ばれ、大量に用いられるようになった。大正 15 年の産出量は、5 万 5 千トンであった（鉄道省運輸局編,1926）。

石材の推定

上記の分析から、大正期に用いられた優白質の花崗岩は、チタン鉄鉱系であり、当時全国的に広く用いられ、仙台においてもすでに使用例のあった稲田石であると推定した。

5-3. 凝灰岩 岩質の検討

凝灰岩は、大正期から昭和初期までの建造物 5 件に見られるが、一般にデイサイト質～安山岩質角礫を多く含み、多孔質の岩相をもっている（図 7）。さらに含まれていた軽石が風化、脱落して空隙を形成している。また学外に現存するものとしては、東北学院大学の専門部校舎とラーハウザー記念礼拝堂がある。これら 2 件は秋保石であることが知られている。

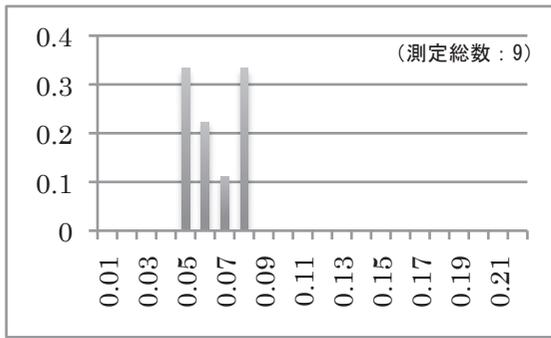
東北学院大学の 2 件も含め、上記の凝灰岩の帯磁率を測定

したところ、全てが $1.7 \sim 2.0 \times 10^{-3} \text{SI}$ に出現率のピークを示した。また秋保温泉磊々峡付近で見られる露頭を測定したところ同様の値に出現率のピークを示した（図 3 中の C、図 8）。

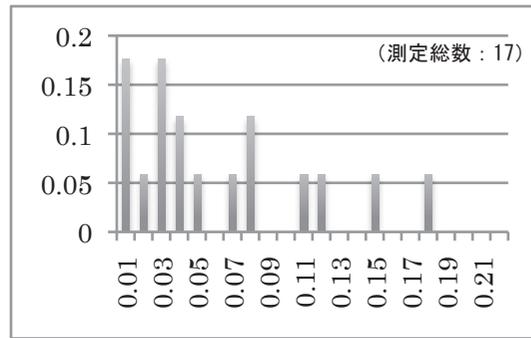
史的検討

仙台市近辺には、松島湾周辺等に凝灰岩の産地があり、明治期から採石されていたことが知られているが、大正 3 年に秋保地区から長町までを結ぶ秋保石材軌道が開業すると、秋保石が多く使われるようになった（秋保町史編纂委員会,1976、仙台市教育委員会,2018）。その例をあげると、国分町に現存する吉岡酒造店の石蔵（大正 3 年）、現存しないものでは、東三番丁教会（大正 3 年）、仙台市公会堂の門（大正 5 年）、名掛丁の東北実業銀行（大正 7 年）、宮城控訴院（大正 14 年）などがある。

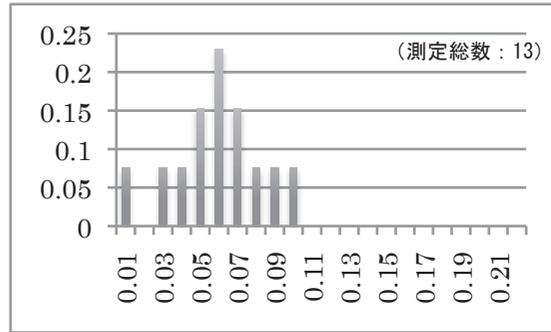
また、大正 11 年に東北大学宮繕課技師として赴任し、大正 13 年から宮繕課長となった小倉強については、以下のような回想がある。小倉が設計に関与する建物は「そのいづれも建物の根石、窓台その他必ず石貼で、余程石がお好きだったようで、何処の石はどうだ、何処のは腐っていないなどとよく河合さん（筆者註：河合宇三郎、東北帝大の仕事を多く請け負った石井組に勤務。昭和 17 に同社社長に就



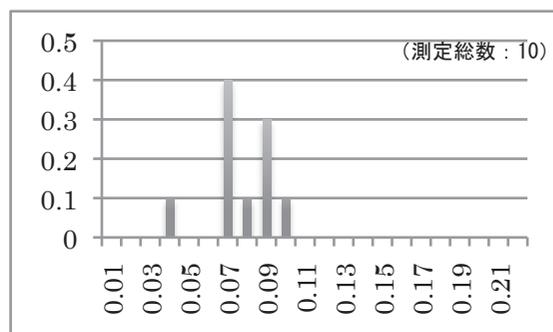
金属材料研究所



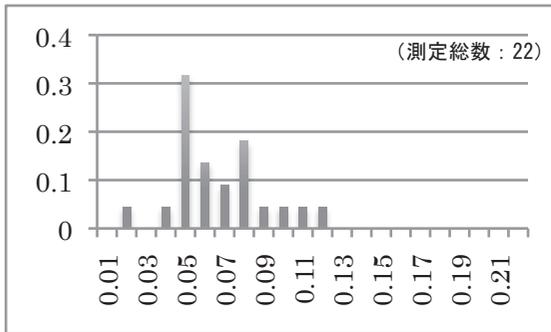
理学部生物学科植物学教室 基壇部



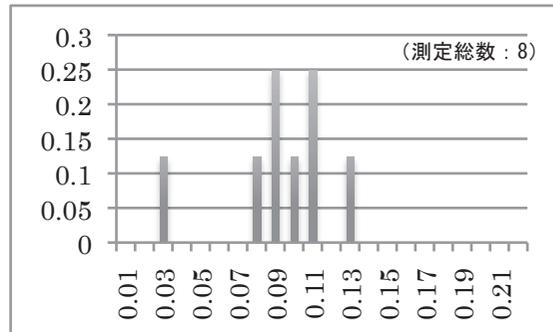
正門



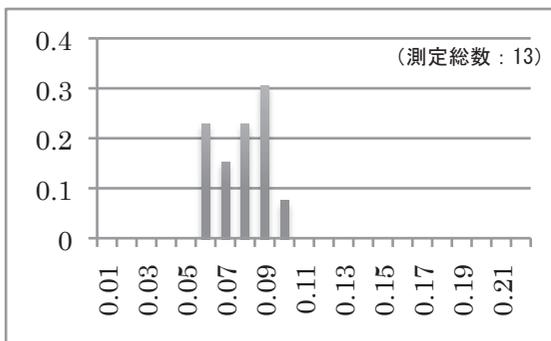
仙台高等工業学校建築学科 アーチ脚部及び玄関床



小川記念園



理学部化学教室 玄関前床



二高記念園石碑 (稲田石)

図6. 優白質の花崗岩の帯磁率ヒストグラム
縦軸：出現率（出現度数/測定総数）、横軸：帯磁率（単位： $\times 10^{-3}$ SI）



図7. 凝灰岩の詳細写真

(左上) 理学部団障、(中上) 工学部金属工学科、(右上) 東北帝大附属図書館
(左下) 法文2号館、(中下) 仙台高等工業学校建築学科

任。)に相談されたらしく秋保の奥の長峯の石を多く使われたと言う。」(芳賀,1976)

石材の推定

上記の検討から、大正期から昭和初期までの建造物に使用されている凝灰岩は秋保石であると推定した。

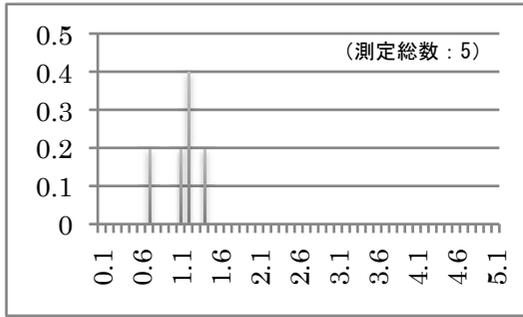
5-4. 溶結凝灰岩

岩質の検討

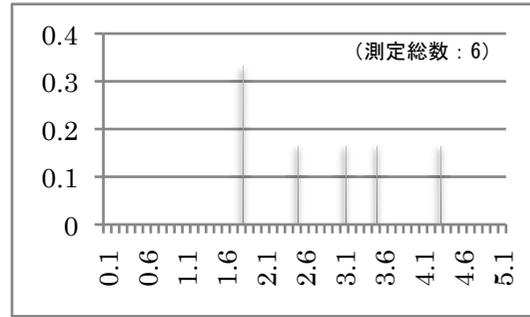
SKK 正門、北六番丁の二高正門、片平の旧北門の三つの門柱と、附属図書館および法文2号館の一部に用いられた石は、

凝灰岩よりも空隙が少なく緻密で、灰白色であり、秋保石とは明らかに異なる岩相を呈している(図9)。また、僅かではあるが黒色の角礫が取り込まれている部分が見られる。二高北六番丁正門と同時期に建設された同じ石材が使われたと考えられる守衛所の踏み石(現在、部材として保管中。)には、黒い筋状の模様が確認されており、これは溶結・圧縮により生じたレンズ状ガラスと考えられる(図10)。これらの特徴から、この石材はデイサイト質溶結凝灰岩と考えられる。

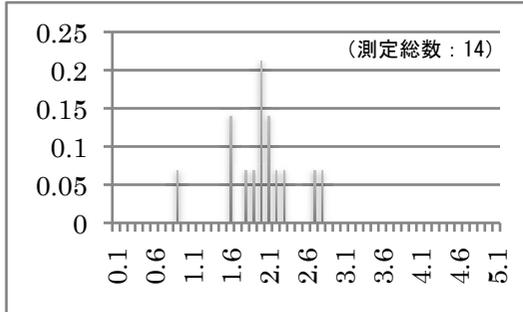
デイサイト質溶結凝灰岩の産地で、仙台への輸送の便が良かった地域として、福島県から栃木県にかけての東北本



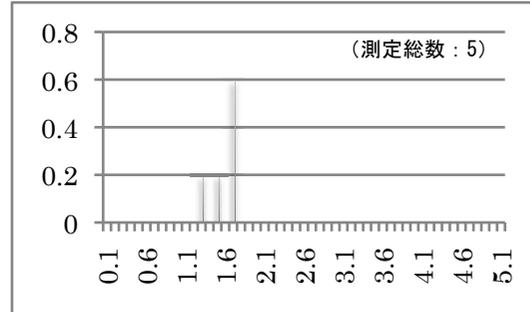
理学部の困障



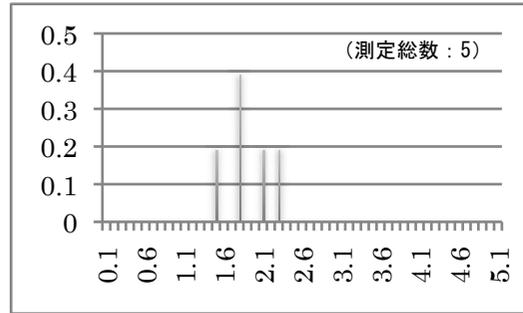
工学部金属工学科 腰壁



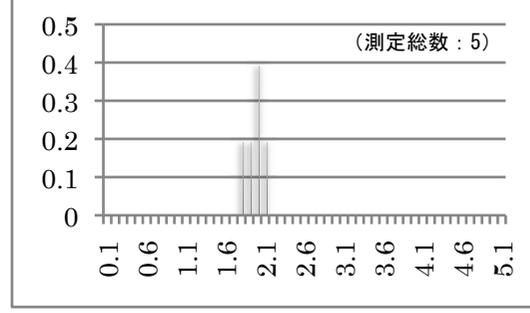
東北帝大附属図書館 腰壁



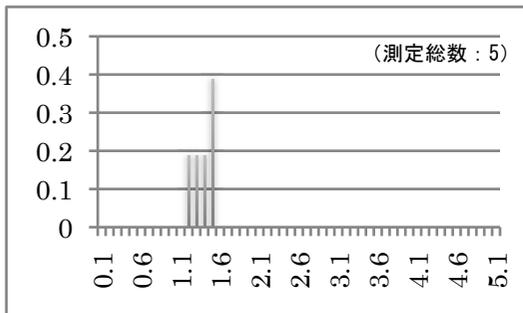
法文2号館 玄関



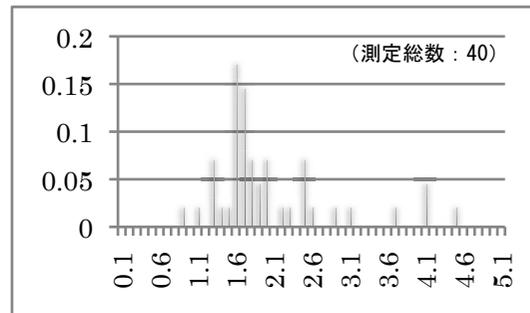
仙台高等工業学校建築学科 腰壁



東北学院専門部校舎 外壁(秋保石)



ラーハウザー記念東北学院礼拝堂 外壁(秋保石)



秋保温泉付近の石材

図8. 凝灰岩の帯磁率ヒストグラム

縦軸：出現率（出現度数 / 測定総数）、横軸：帯磁率（単位： $\times 10^{-3}SI$ ）



図9. 溶結凝灰岩の詳細写真

(左上) 附属図書館 玄関周り、(右上) 二高北六番丁正門、(左下) 法文2号館 外部階段、(右下) 東北帝大北門 柱頭

線沿線に広がる白河火砕流の分布地域が挙げられる。白河火砕流を構成するデイサイト質溶結凝灰岩は、採石地点によって異なる名称がつけられているが、このうち白河石、芦野石、江持石を比較対象として帯磁率を測定した。前2者はサンプルの岩片、後者は三菱一号館（2009年復元）に使用されているものを測定した。

帯磁率の測定結果は、SKK 正門、附属図書館、旧北門の石は、 $10 \sim 15 \times 10^3 \text{SI}$ 、北六番丁の二高正門はやや高く $16 \sim 22 \times 10^3 \text{SI}$ を示した。また、白河石、芦野石、江持石は、それぞれ $8 \times 10^3 \text{SI}$ 、 $12 \times 10^3 \text{SI}$ 、 $15 \sim 20 \times 10^3 \text{SI}$ となり、東北大学キャンパスの溶結凝灰岩と近い値を示した（図3中のD、図11）。

さらに、白河火砕流堆積物の分布地域である福島県石川町周辺の採石場及び狛犬の帯磁率については、蟹澤ほか

（2019）の測定データがある。これによれば、測定値のピークは、 $9 \sim 17 \times 10^3 \text{SI}$ にほぼまとまっており、前述の測定結果と整合する。

史的検討

白河火砕流を構成するデイサイト質溶結凝灰岩で、石材として採石されているものを挙げると、白河市から産出される白河石、須賀川市から産出される須賀川石・江持石・三城目石、栃木県芦野町から産出される芦野石などがある。これらの石材は、明治期に東北本線の前身となる日本鉄道の工事で多く使用され、その開通とともに販路が広がっていったことが知られており（福島県白河市編, 2003）、仙台においても多く用いられていたものと考えられる。その中でも白河石がもっとも多い産出量を占めている。明治42年の



図 10. 北六番丁二高守衛所の踏み石に見られるレンズ状ガラスと考えられる黒い縞模様

段階で白河駅の発送石材は 14,200 トンであったが、大正 10 年には大きく増えて 23,300 トンとなる。また、隣接する久田野駅からも同年 9,000 トンの発送があった（福島県白河市編, 2003）。さらに、須賀川駅からの大正 15 年の発送量は、須賀川石、江持石、三城目石を合わせて、12,000 トンであった（鉄道省運輸局編, 1926）。これらを合わせると、4 万トンを超える。一方、秋保石の最盛期である大正 11 年における産出量はおおよそ 8,000 トン（大正 11 年）であり（秋保町史編纂委員会編, 1976）、白河火砕流を起源とする石材は、秋保石の 5 倍以上の産出量となっている。

石材の推定

以上の検討から、大正期の建造物に用いられている溶結凝灰岩は、白河火砕流分布地域からもたらされたものであると推定した。

5-5. 淡赤色の花崗岩

岩質の検討

昭和期に入ってから建てられた建造物に見られる、淡赤色の花崗岩としては、工学部機械及び電気教室や、本多記念館がある。また、学外の現存例としては、大東京火災海上保険仙台支店（昭和 11 年）、仙台城本丸跡の政宗騎馬像台座（昭和 10 年）がある。このうち政宗騎馬像台座は万成石との記録がある（中井 2017）。また東京にある京成電鉄博物館動物園駅（昭和 8 年）と日本生命日比谷ビル（昭和 38 年）は万成石との記録があり、これも比較対象として取り上げた（図 11）。これらの岩相は淡紅色カリ長石、石英、斜長石、および黒雲母を含む点で共通する。また帯磁率は、

$0.5 \sim 2.8 \times 10^3 \text{SI}$ に分布し、前述の優白質の花崗岩とは、明らかに異なる値を示した（図 3 中の E、図 13）。

史的検討

大正後期から昭和初期の花崗岩の流行として、岡山市西部の万成地方を中心に産する万成石を代表とする淡赤色の石が多く用いられたことが指摘されている。『日本石材史』（日本石材振興会編 1956）によれば、「煉瓦造の赤褐色の流行した後に来たものが白色の建築色であった。白色は威厳はあるも暖か味がなく、宮殿や銀行には可なるも他には不向きである。次に一時緑色が第一次大戦後に流行した。（中略）次いで紅色、さらに黄色」が流行色となったという。また、万成石の使用は「この期になって普遍化したとも見られ」、建築物に広く多量に使用されたという。

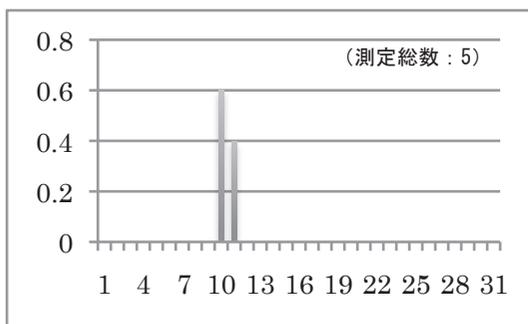
石材の推定

岩相と帯磁率から、工学部機械及び電気教室と大東京火災海上保険仙台支店の石は、万成石と推定される。先山（2005）によれば、岡山市周辺の大部分の山陽帯花崗岩類の帯磁率は低く、万成花崗岩は $1.8 \times 10^3 \text{SI}$ を示し、今回の万成石と推定した石材とほぼ同じ値を示す。ただし、山陽帯でも北部の岩体では高い帯磁率を示すものもあるという。

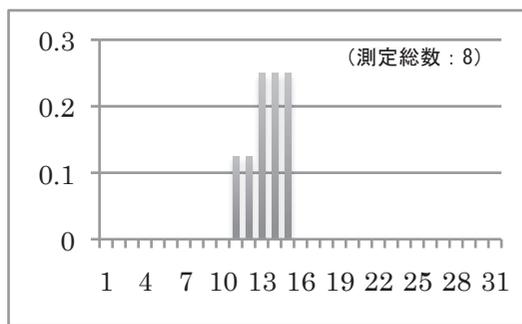
本多記念館の石については、表面の磨き仕上げによって見かけの色が濃くなる影響を差し引いたとしても、全体的に強い赤色を帯びている点で、岩相が万成石とはやや異なるように見受けられる。

5-6. 人造石

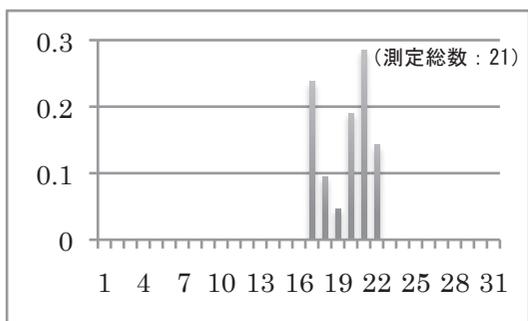
人造石については、工学部機械及び電気教室と SKK 建築



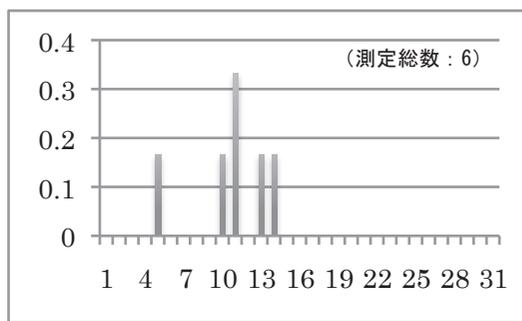
仙台高等工業学校 正門



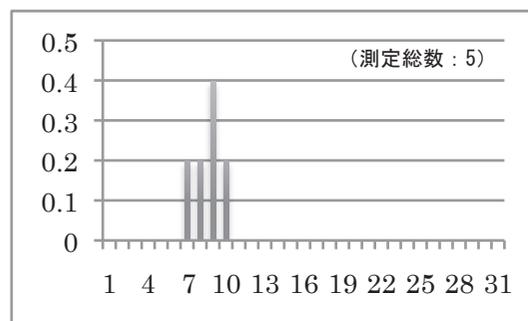
東北帝大附属図書館 玄関周り



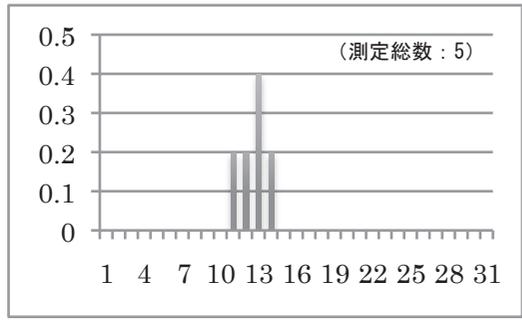
二高北六番丁 正門



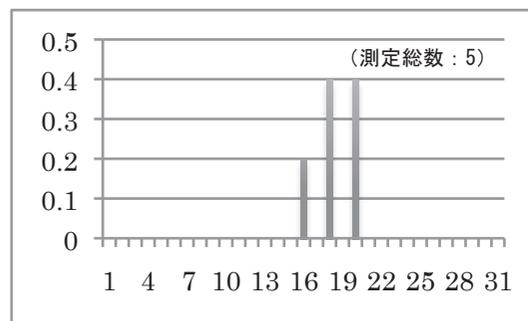
東北帝大 北門



白河石サンプル



芦野石サンプル



三菱一号館 (江持石)

図 11. 溶結凝灰岩の帯磁率ヒストグラム
 縦軸：出現率 (出現度数 / 測定総数)、横軸：帯磁率 (単位： $\times 10^{-3}$ SI)

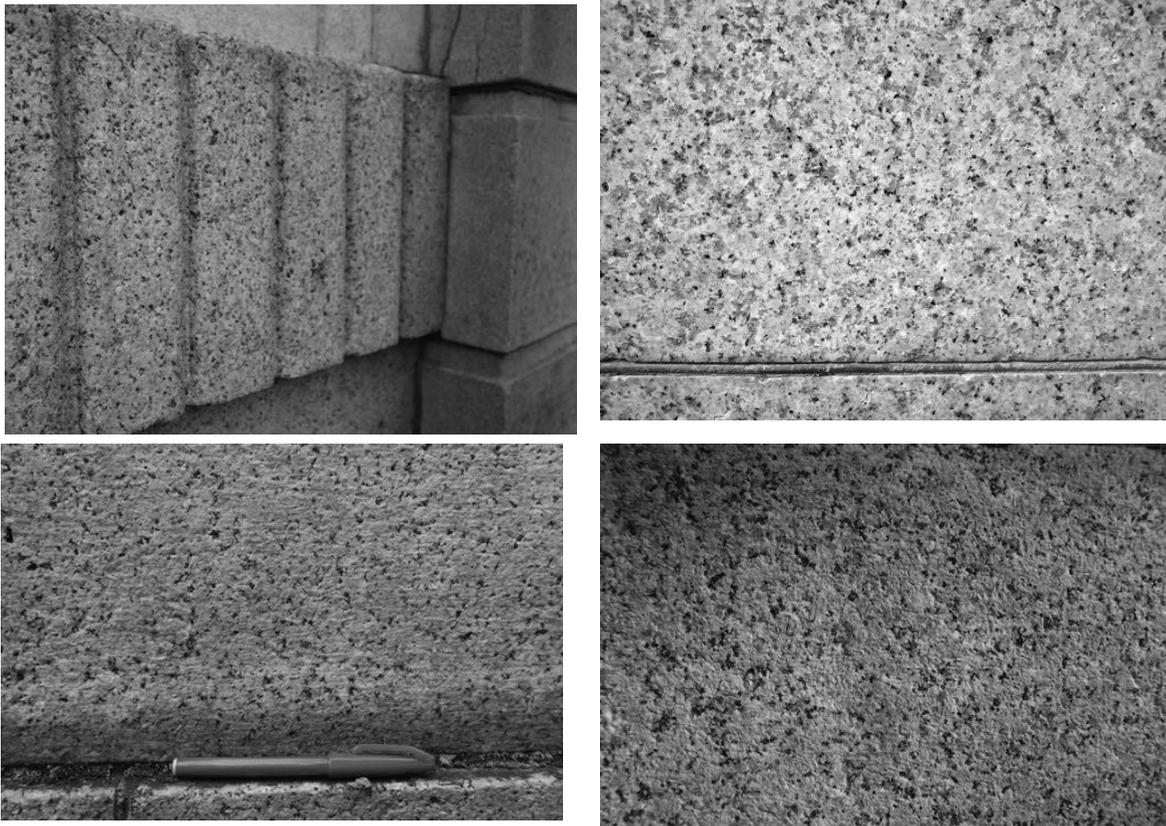


図 12. 淡赤色の花崗岩の詳細写真
 (左上) 工学部機械及び電気教室、(右上) 本多記念館、(左下) 大東京火災海上保険仙台支店、(右下) 伊達政宗騎馬像台座

学科の両方で玄関アーチとキーストーンに用いられ、理学部化学教室においては玄関に並ぶ列柱として、いずれも表現の主役となる使われ方をしている(図 14)。色彩的にも造形的にも自由が効くという人造石の特徴を生かしている。これ以降の時代では、人造石が活躍する一方で、凝灰岩や溶結凝灰岩といった、柔らかく多彩な表情を持った石は使われなくなっていく。

6. まとめ

東北大学キャンパスの明治期の建造物に用いられている優黒質の火山岩は、仙台市街地の直近から採石された三滝玄武岩であると推定される。明治期の東北大学キャンパスにおいては、ローカルな石材を素朴な形で利用していたと考えられる。

大正期になると、石材の種類は多様化する。明治期に見られた三滝玄武岩と推定される優黒質の火山岩の使用例は見られなくなる。代わって、優白質の花崗岩として全国的に有名な稲田石と推定される石材が多く使用されており、

地域の枠を超えた石材の流通が見られるようになる。同時に、凝灰岩である秋保石が地元の石材として多く使用されたと考えられる。また、東北本線沿線からもたらされた白河火砕流堆積物と推定される溶結凝灰岩も多く見られる。このような石材の多様化を支えたのは、鉄道網の発達であると考えられる。

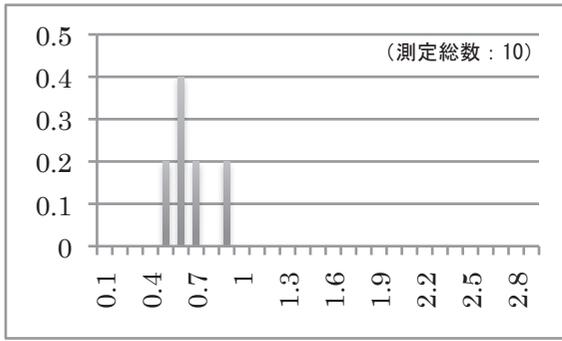
昭和戦前期には、大正期の流れがそのまま続くが、新たな石材として、淡赤色の花崗岩が多用される。また、人造石の利用が多くなり、多彩な表情が建築物にもたらされた。

7. 補遺 アーバンジオロジーへ向けて

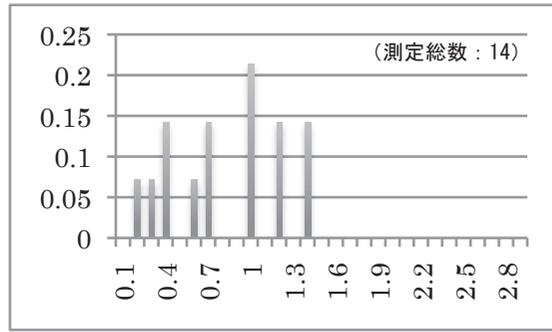
本稿で取り上げた岩石の地質学的な名称や分布地域、形成時代は以下のとおりである。

「三滝玄武岩」: 中新世後期(およそ 800 万年前)に噴出した溶岩や火山碎屑物からなり、仙台市街地西方の蕃山、権現森を中心に分布する、秋保層群・三滝層より産出される(北村ほか,1986)。

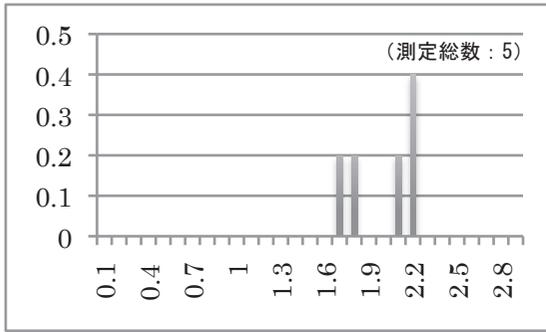
「稲田石」: 稲田花崗岩。茨城県笠間市稲田付近に分布する、



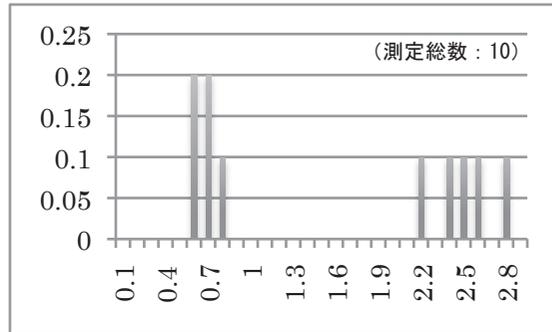
工学部機械及び電気教室 基壇部



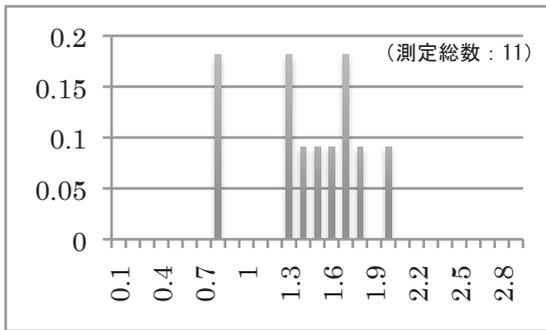
本多記念館 玄関ポーチ



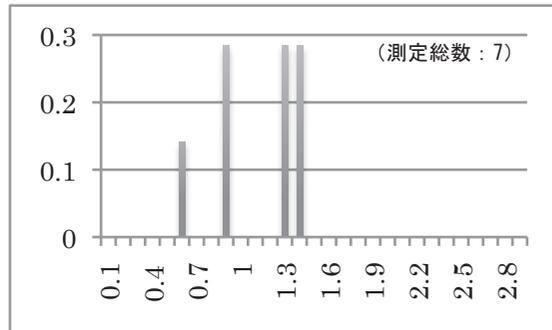
大東京火災海上保険仙台支店 腰壁



伊達政宗騎馬像 台座 (万成石)



京成電鉄博物館動物園駅 (万成石)



日本生命日比谷ビル (万成石)

図 13. 淡赤色の花崗岩の帯磁率ヒストグラム
縦軸：出現率 (出現度数 / 測定総数)、横軸：帯磁率 (単位：× 10³SI)

白亜紀末または古第三紀初頭 (およそ 6,000 万年前) に形成された角閃石含有黒雲母花崗岩 (坂本ほか, 1981)。

「秋保石」: 後期中新世後期 (およそ 1,000 万～ 500 万年前) に、白沢カルデラを形成した火砕流堆積物である秋保層群・湯元層より産出される (北村ほか, 1986、地学団体研究会仙台支部編, 2011)。

「白河石」・「須賀川石」・「芦野石」など: ほぼ第四紀前半 (お

よそ 160 万～ 80 万年前) に、福島県天栄村羽鳥湖西方の脊梁山地周辺より噴出した白河火砕流堆積物を利用する (吉田ほか, 1991)。

「万成石」: 万成花崗岩。岡山市西部に分布する白亜紀後期 (1 億～ 6,000 万年前) に形成された黒雲母花崗岩 (松浦ほか, 2002)。

これらの石には、仙台周辺および日本列島各地の大地形



図 14. 人造石の詳細写真

(左) 工学部機械及び電気教室、(中) 仙台高等工業学校建築学科、(右) 理学部化学科

成の記憶が刻まれている。建築物の石材は、人間社会の歴史を伝えるものであると同時に、大地の歴史を伝える材料でもある。このような視点は、片平キャンパスの建造物に新たな価値をもたらすものと思われる。

謝辞

帯磁率計の借用ならびに岩石薄片作成に関しては東北大学大学院理学研究科の伊藤嘉紀氏に便宜を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- 秋保町史編纂委員会 1976『秋保町史』
 大熊茂雄・金谷 弘 2000「北上花崗岩類の岩石磁気データベース」『地質情報データベース』<https://gbank.gsj.jp/pb-rock21/SEGJ2000S.pdf>
 小倉 強 1970『一人静』北匠会
 小倉 強 1976『明治の洋風建築』宝文堂
 金谷 弘・石原舜三 1973「日本の花崗岩質岩石にみられる帯磁率の広域的变化」『岩石鉱物鉱床学会誌』68 pp.211-214
 金谷 弘・片田正人 1975「南部北上山地登米相と薄衣相のカリウム・ナトリウム・ウラン及び帯磁率」『地調月報』26 pp.13-27.
 蟹澤聰史・NPO 法人ふくしま風景塾 2019「福島県石川町と周辺地域の狛犬を中心とした文化財の帯磁率測定とその意義」福島県石川町教育委員会
 姜 開君・渡辺公一郎・江崎哲郎 1997「石造文化財に使用されている溶結凝灰岩の初期風化の化学示標」『応用地質』38 pp.205-212
 菊池和平 1974『榴ヶ岡史考』
 北村信・石井武政・寒川旭・中川久夫 1986「仙台地域の地質」

- 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅)」地質調査所
 小山一郎 1931『日本産石材精義』龍吟社
 坂本亨・相原輝雄・野間泰二 1981「石岡地域の地質・地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅)」地質調査所
 先山 徹 2005「近畿地方西部～中国地方東部における白亜紀～古第三紀火成岩類の帯磁率―帯状配列の検討と歴史学への適用―」『人と自然』No15 pp9-28
 仙台市教育委員会 2018『仙台市文化財調査報告書第 464 集 貞山堀・蒲生御蔵跡ほか』
 仙台市歴史民俗資料館編 2015『絵葉書で見る仙台 2』仙台市教育委員会
 地学団体研究会仙台支部編 2011『気分は宝さがし! せんだい地学ハイキング』創文印刷出版
 長 秋雄 2014「筑波花崗岩と旧筑波町に残る石造物の帯磁率」『地質調査研究報告』65 pp.37-43
 長 秋雄 2015「新治花崗岩」と新治台地に残る石造文化財」『GSJ 地質ニュース』4 No.9 pp.267-277
 長 秋雄 2016「帯磁率ヒストグラムによる石垣石材の採石地同定」『号外地球―文化地質学―』No.66 pp.76-82
 鉄道省運輸局編 1926『重要貨物状況. 第 7 編』
 中井けやき 2017「伊達政宗騎馬像、彫刻家・小室 達(宮城県)」『けやきのブログ II』<http://keyakinokaze.cocolog-nifty.com/rekishibooks/2017/07/post-f986.html>
 日本石材振興会編 1956『日本石材史』
 芳賀 仁 1976「河合宇三郎氏に聞く」北匠会編『北匠の誇りも高く』pp.32-33 北匠会
 福島県白河市編 2003『白河市史 第三巻』
 松浦浩久ほか 2002「20 万分の 1 地質図幅「岡山及丸亀」産業技術総合研究所 地質調査総合センター
 宮城県史編纂委員会編 1970『宮城県史 32 資料編 9』
 森尻理恵 2007「携帯型帯磁率計」『地質ニュース』629 p.68
 吉田英人・高橋正樹 1991「白河火砕流東部地域の地質」『地質学雑誌』第 97 巻 第 3 号 pp.231-249
 Ishihara, S. 1977「The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks」『Mining Geol.』27 pp.293-305

東北大学片平キャンパスの歴史的建造物に用いられた凝灰岩 についての研究

内山隆弘¹⁾・高嶋礼詩²⁾

¹⁾ 東北大学キャンパスデザイン室

²⁾ 東北大学総合学術博物館

A study on the tuffs used in historical buildings on Katahira campus, Tohoku University

Takahiro Uchiyama¹⁾, Reishi Takashima²⁾

¹⁾ Campus Design Office, Tohoku University

²⁾ The Tohoku University Museum

Abstract: Among the existing buildings on Katahira campus from the Meiji to early Showa era, tuffs as building material are found in many cases. However, their quarries are unknown so far. The purpose of this paper is to clarify the origin of these tuffs by researching literature and scientific analysis utilizing trace elements in apatite. As a result, the tuffs used in 2 out of all 5 cases are proved as Akiu-stone mined from the western suburb of Sendai. The remaining 3 cases are also presumed as Akiu-stone.

1. はじめに

東北大学片平キャンパスの地には、明治24年の第二高等中学校の開校以来、仙台医学専門学校、仙台高等工業学校などの高等教育機関が集積していたが、明治44年に東北帝国大学理科大学が開設され、その後、工学部や法文学部などの新たな学部や付属研究所が増設されていくと同時に、前述の教育機関の地所が包摂されて、現在のキャンパスが形作られた。そこには、明治期から昭和戦前期にかけての歴史的建造物がまとまって残されている。その中には多様な石材が利用されているが、そのうち、大正期から昭和初期の片平キャンパスに見られる特徴的な石材として凝灰岩がある。これらの凝灰岩石材については、建築記録が残っていないためにその産地が明らかになっていない。

火成岩石材の産地の特定には通常、岩石の種類、鉱物組み合わせおよび全岩化学組成を基に推定されることが多い（静岡県埋蔵文化財センター 2011 など）。しかしながら、石材に用いられる固結した凝灰岩については、基質となる火山ガラスが変質しており、全岩化学組成による凝灰岩の産地の特定は困難である。一方、近年、流紋岩質～安山岩質

凝灰岩に頻繁に含まれるアパタイトの微量元素組成が凝灰岩ごとに異なる特徴を有することが明らかとなり、火山ガラスが変質した溶結凝灰岩や、第四紀よりも古い時代の凝灰岩の対比が可能となった（Sell and Samson 2011a, b, Takashima et al. 2017, Kuwabara et al. 2019）。このような背景から、近年、高嶋（2018）は、アパタイト微量元素組成を基に貞山堀の石垣に使用された凝灰岩の産地を特定している。

本稿では、これらの凝灰岩の由来を、文献等の調査及び石材のアパタイト微量元素組成分析によって特定することを目的とする。

2. 対象とする建造物

本稿で対象とする凝灰岩石材は、片平キャンパスに現存する建造物の外観に用いられているものとする。それらは以下の5件である（表1）。なお、（ ）内の年号は、建造物の完成年を示す。

①工学部金属工学科（大正13年）

②理学部の囲障（大正13年か）

表 1. 東北大学片平キャンパスに残る凝灰岩を用いた建造物

名称（現名称）・完成年	凝灰岩の使用箇所	写真
①工学部金属工学科 （WPI-AIMR 本館） 大正 13 年	腰壁	
②理学部の困障 （金属材料研究所付近の困障） 大正 13 年か	困障の支柱	
③東北帝大附属図書館 （東北大学史料館） 大正 14 年	腰壁	
④法文学部 2 号館 （会計大学院研究棟） 昭和 2 年	玄関回り	
⑤仙台高等工業学校建築学科 （21 世紀情報通信研究開発センター） 昭和 6 年	腰壁	

- ③東北帝大付属図書館（大正 14 年）
- ④法文学部 2 号館（昭和 2 年）
- ⑤仙台高等工業学校建築学科（昭和 6 年）

村ほか, 1986)。

3. 仙台周辺の凝灰岩の産地

仙台近辺の主な凝灰岩産地としては、松島湾周辺の地域や仙台市西郊の秋保地区が挙げられる。

松島湾周辺の石材としては、塩釜市内から採掘される「塩釜石」や、宮戸島の「潜ヶ浦石」、野蒜周辺の「野蒜石」、川下の「川下石」などがある。それらの石材は江戸時代から利用されており、明治期には、舟運へのアクセス性の良さや、塩釜駅を発する鉄道を利用して、全国に運ばれていた（鳴瀬町誌編纂委員会編 1985）。

一方、秋保石は明治 30 年代から販売が開始されたが、大正 3 年に、採石地と仙台市長町を結ぶ秋保石材軌道が開業したことで、大量かつ廉価に流通するようになった。これ以降、仙台市周辺で用いられる凝灰岩は秋保地区からもたらされる「秋保石」が多くなるとされている（秋保町史編纂委員会編 1976、仙台市教育委員会編 2018）。

松島湾周辺の凝灰岩が、仙台市内の主要な建造物に利用された例は、管見では確認できていない。一方で、秋保石を用いたとされる建造物は、現存しないものも含め多く確認された。

なお、各石材の地質学的な名称および層序学的帰属としては、次のとおりである。「塩釜石」：松島湾層群・網尻層、「潜ヶ浦石」：松島湾層群・松島層・凝灰角礫岩部層（Mt3 部層）、「野蒜石」：松島湾層群・松島層・上部軽石凝灰岩部層（Mt5 部層）、「川下石」：志田層群・根古層、「秋保石」：秋保層群・湯元層（山口ほか, 1981；石井ほか, 1983；北

4. 仙台市内の建造物における秋保石の使用状況

秋保石の用いられた仙台市内の建造物の例を文献の中に探してみると、大正 3 年以降の主要な建造物が多く見つかった。それらを表 2 に示す。特に隣接する東北学院大学における昭和初期の建造物にも秋保石が多く用いられている。

5. 建築デザインと石材の関係

片平キャンパスに残る 5 件の建造物の設計時期は、東北帝大宮繕課長が中島泉次郎から小倉強へと交代する大正 13 年の前後に当たる（東北大学施設部編 2013）。

中島泉次郎は、これに先立ち米沢高等工業学校（明治 43 年）の設計を担当し（宮本 1989）、その本館は現存している。その外壁は木造のルネサンス様式であるが、基壇部分にはルスティカと呼ばれる目地の凹凸を際立たせ力強い表情をもたせた石積みのデザインが採用され、そこには凝灰岩が用いられている（図 1）。これは米沢に近い高島町から産出された凝灰岩であると考えられる。一方で、その前後の明治期の仙台における中島の設計では、残された写真で確認する限り、ルスティカは見られない。（基壇部は煉瓦を主体として構築されている。）写真で確認できる仙台での最初期のルスティカが、医科大学本館（大正 7 年、図 2）と工学部化学工学科（大正 9 年、図 3）である。いずれの建物も現存せず、写真からはそこに用いられている石材の種類を判断することはできないが、米沢と同様のルネサンス風デザインのルスティカに凝灰岩が用いられた可能性もある。

その後、大正 13 年に建設され、外壁の一部が現存する①

表 2. 秋保石を用いて建設されたことが文献に記録されている仙台市内の建造物

完成年	名称	出典	現存の有無
大正3年	志ら梅酒造(吉岡酒造店)の蔵	仙台市教育委員会2018	現存
大正3年	東三番丁教会	宮城県1980	現存しない
大正5年	仙台市公会堂の門	秋保町史編纂委員会1976	現存しない
大正7年	東北実業銀行(名掛丁)	秋保町史編纂委員会1976	現存しない
大正14年	宮城控訴院	宮城県1980	現存しない
昭和1年	東北学院専門部校舎	宮城県1980	現存
昭和7年	ラーハウザー記念東北学院礼拝堂	宮城県1980	現存
昭和8年	斎藤報恩会博物館	宮城県1980	現存しない



図1. 米沢高等工業学校本館
(上) 本館全景 (下) ルスティカ部分



図 2. 医科大学 本館 (図版提供：東北大学史料館)



図 3. 工学部化学工学科 (図版提供：東北大学史料館)

工学部金属工学科は、上記の工学部化学工学科と通りを挟んで向かい合うように配置された。これら向かい合う2棟の外壁デザインは6年という時代の隔たりを反映し大きく異なるが、基壇部の構成については調和が図られたものと考えられる。金属工学科の基壇部には、化学工学科同様ルスティカが用いられ、その石材としては凝灰岩が採用された(図4)。

③東北帝大附属図書館と④法文学部2号館は、中島の後を継ぎ宮繕課長となった小倉強が設計している(日本建築学会東北支部編1981)。小倉については、以下のような回想が工事関係者から残されている。

「建物の根石、窓台その他必ず石貼で、余程石がお好きだったようで、何処の石はどうだ、何処のは腐っていないなどよく河合さん(筆者駐:河合宇三郎。東北帝大の建物を多く請け負った石井組に勤務。昭和17に同社社長に就任。)に相談されたらしく、秋保長峯の石を多く使われたと云う。」(芳賀1976)

その例を挙げれば、昭和8年に完成した斎藤報恩会博物館では、秋保石が外壁全面に用いられたことが知られている(宮城県編1980)。

さらに、大正14年に完成した仙台商業会議所は、小倉が設計に関与したことが指摘されている(芳賀1976)。その写真を見ると、門柱や囲障に凝灰岩が使用されている(図5)が、その形状は、②理学部の囲障と同じで、柱頭部がカマ

ボコ型になり、その曲面部が正面を向くように並んでいることなど共通点が多く、理学部の囲障のデザインにも小倉の関与が推測される。

⑤仙台高等工業学校建築学科は、文部省仙台出張所の設計による。腰壁には凝灰岩、その上部の外壁主要部分は、スクラッチタイルが貼られている。この組み合わせは、大正12年に完成した米国人建築家フランク・ロイド・ライトの設計による帝国ホテルで採用され、全国的に流行したものである。前述の①工学部金属材料工学科も昭和初期に、凝灰岩の腰壁部分を残し、その上部にスクラッチタイルが貼られることで外観が大きく変わっている。

6. アパタイト中の微量元素組み合わせの分析による岩石の同定

アパタイトは、珪長質～安山岩質の火成岩、凝灰岩に普遍的に含まれる重鉱物である。アパタイトの微量元素組成は、結晶の晶出時におけるマグマの温度や化学組成、酸素・ハロゲン分圧などを反映して大きく変化することから、火山ガラスの化学組成と同様に、凝灰岩の識別や対比に用いられてきた(Sell and Samson 2011a, b)。さらにアパタイトは火山灰と異なり、埋没続成や溶結などにも耐性があることから(Morton and Hallsworth 2007, Takashima et al. 2017)、アパタイト微量元素組成を基にした凝灰岩の対比は、



図4. 工学部金属工学科(図版提供:東北大学史料館)



図 5. 仙台商業会議所（図版提供：仙台市戦災復興記念館）

変質した凝灰岩や溶結凝灰岩において最も有効な手法である。

凝灰岩石材を用いた片平キャンパスの建物は、現在 5 件残っているが、それらのうち、②理学部の囲障及び⑤仙台高等工業学校では、風化により一部が剥離し、岩片が周囲に散乱した状況になっていた。そこで、本研究ではこれらの石材破片を粉碎し、椀掛けと重液（STP 溶液）を用いて重鉍物を分離した。重鉍物の中から実体顕微鏡でアパタイトを拾い出し、樹脂に封入、研磨した後、Takashima et al. (2017) の手法・分析条件に従って、東北大学産学連携先端材料研究開発センター設置の波長分散型電子線マイクロアナライザー（GEOL 社製 JXA-8530F）を使用して、アパタイトの微量元素組成を測定した。また、今回分析した石材と宮城県の代表的な石材とを比較のため、秋保石のアパタイトの微量元素組成も同時に測定し、塩釜石、野蒜石、潜ヶ浦石のアパタイトについては、高嶋（2018）に示されている値を用いた。分析結果は、表 3 および Appendix1 に示している。なお、川下石のみアパタイトを含まないために、分析から除外している。

アパタイト微量元素組成のうち、一般的に Cl、Mg、Mn、Fe、Ce、Y の 6 つが各凝灰岩を識別するには有効な元素として用いられる（Samson et al. 2009、Sell and Samson 2011a, b、Sell et al. 2015、Takashima et al. 2017、Kuwabara

et al. 2019）。図 6 に示されているように、塩釜石、野蒜石、潜ヶ浦石、秋保石の場合、Ce、Y に関してはほとんど違いがみられず各石材の識別は困難であるが（図 6C）、Cl、Mg、Mn、Fe の値は、それぞれの石材を識別する際に有効である（図 6A, B）。マグマの起源が単一である場合は、Cl - Mg プロットにおいて塩釜石のように狭い範囲に収まるのが通常であるが（Takashima et al. 2017）、アパタイトを含んだ異質岩片などが混入している凝灰岩の場合、Cl - Mg 図上において集中が悪くなる傾向がある。野蒜石、潜ヶ浦石、秋保石は実際に、異質岩片がたくさん含まれるのが肉眼でもわかるため、これらの石材にみられるような、点が集中している領域（枠線で囲まれた領域）から外れてプロットされるアパタイトは、おそらく異質岩片に由来するものと思われる。

図 7 は、理学部の囲障および仙台高等工業学校の石材に含まれるアパタイトの Cl - Mg（図 7A）と Mn - Fe（図 7B）のプロットである。これらを見ると、明らかに秋保石の領域と一致することがわかる。また、各石材間の微量元素組成の統計的な距離（ D^2 ）を Perkins et al. (1995、1998) の式に基づき計算したところ、理学部の囲障と仙台高等工業学校は $D^2=0.362$ 、理学部の囲障と秋保石は $D^2=0.538$ と、いずれの組み合わせでも 99.5% 以上の信頼度で同一であることが分かった。一方、理学部の囲障と潜ヶ浦石では

表 3. アパタイトの微量元素組成の分析結果

	Data sets for D^2 calculation							D^2	
	(wt. %)	Cl	Mg	Mn	Fe	Ce	Y		
理学部の困障	Average	0.76	0.07	0.08	0.25	0.12	0.32	0.36	
	Stand Dev.	0.19	0.02	0.01	0.02	0.06	0.21		
仙台高等工業学校	Average	0.76	0.07	0.09	0.27	0.09	0.31		
	Stand Dev.	0.19	0.03	0.01	0.03	0.04	0.13		
理学部の困障	Average	0.76	0.07	0.09	0.27	0.09	0.31		0.54
	Stand Dev.	0.19	0.03	0.01	0.03	0.04	0.13		
秋保石	Average	0.80	0.07	0.08	0.25	0.12	0.25		2.24
	Stand Dev.	0.18	0.02	0.01	0.04	0.06	0.13		
理学部の困障	Average	0.76	0.07	0.09	0.27	0.09	0.31		
	Stand Dev.	0.19	0.03	0.01	0.03	0.04	0.13		
潜ヶ浦石	Average	0.48	0.06	0.09	0.26	0.13	0.27		
	Stand Dev.	0.09	0.04	0.03	0.05	0.06	0.14		
理学部の困障	Average	0.76	0.07	0.09	0.27	0.09	0.31	2.19	
	Stand Dev.	0.19	0.03	0.01	0.03	0.04	0.13		
野蒜石	Average	0.67	0.08	0.12	0.28	0.09	0.23		
	Stand Dev.	0.15	0.02	0.02	0.04	0.04	0.09		
理学部の困障	Average	0.76	0.07	0.09	0.27	0.09	0.31	13.73	
	Stand Dev.	0.19	0.03	0.01	0.03	0.04	0.13		
塩釜石	Average	0.12	0.03	0.09	0.26	0.13	0.26		
	Stand Dev.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05		

$D^2=2.24$ 、理学部の困障と野蒜石では $D^2=2.19$ 、理学部の困障と塩釜石では $D^2=13.73$ といずれの組み合わせも、理学部の困障と秋保石よりも統計的距離が大きく、類似性は低いといえる。さらに、石材の岩相と鉱物組み合わせを確認したところ、理学部の困障と仙台高等工業学校の石材および秋保石は共通して、異質岩片に富む軽石凝灰岩で、鉱物は、黄鉄鉱、斜方輝石、角閃石、普通輝石、磁鉄鉱を含み、ジルコンやアパタイト、イルメナイトを少量伴う。このようなことから、理学部の困障および仙台高等工業学校の石材はいずれも秋保石であると結論できる。

7. まとめ

アパタイトの分析から秋保石であることが分かった2例(②理学部の困障、⑤仙台高等工業学校建築学科)は片平キャンパスに残る凝灰岩石材を使った最初期と最後期の例である。前者と建設時期が同じであることから、①工学部金属工学科の凝灰岩も、秋保石である可能性が大きい。また、②と⑤の間の時期に建設された他の残存例においても、秋保石の調達経路は確立されていたと考えられる。

このことは、大正12年から昭和7年頃まで建築業会の横断的組織として活動した「仙台建築会」(その事務局は東北

帝大営繕課に置かれていた。)の会員として秋保石材軌道株式会社を名を連ねていること(齋藤2019)からも示唆される。

また、この間の凝灰岩が使用された建造物のうち、③図書館と④法文2号館については、その設計に関与した小倉強が秋保石を好んで用いたという回想が残され、実際に昭和8年の齋藤報恩会博物館でも秋保石を用いていること、さらに③及び④の直前に整備され、小倉がデザインに関与したと推測される②理学部の困障についてはアパタイトの分析により秋保石であると判明したことから、やはり③及び④の凝灰岩も秋保石である可能性が高いと考えられる。

さらに、現存しないが、医科大学と工学部化学工学科については、それ以前の中島の仙台における設計には見られなかったルスティカが用いられており、その石材の種類は不明であるものの、もしその石材が凝灰岩であったならば大正3年以降に秋保石が仙台市内で安価に得られるようになったことがきっかけで、凝灰岩のルスティカが採用されたものと推測される。そうであるとすれば、後者のデザインの一部を継承し調和を測ったと思われる①工学部金属工学科の凝灰岩もやはり秋保石であったと考えられる。

秋保石は、仙台市中心部から最も近いカルデラである白沢カルデラを形成した火砕流堆積物である。仙台近辺の大

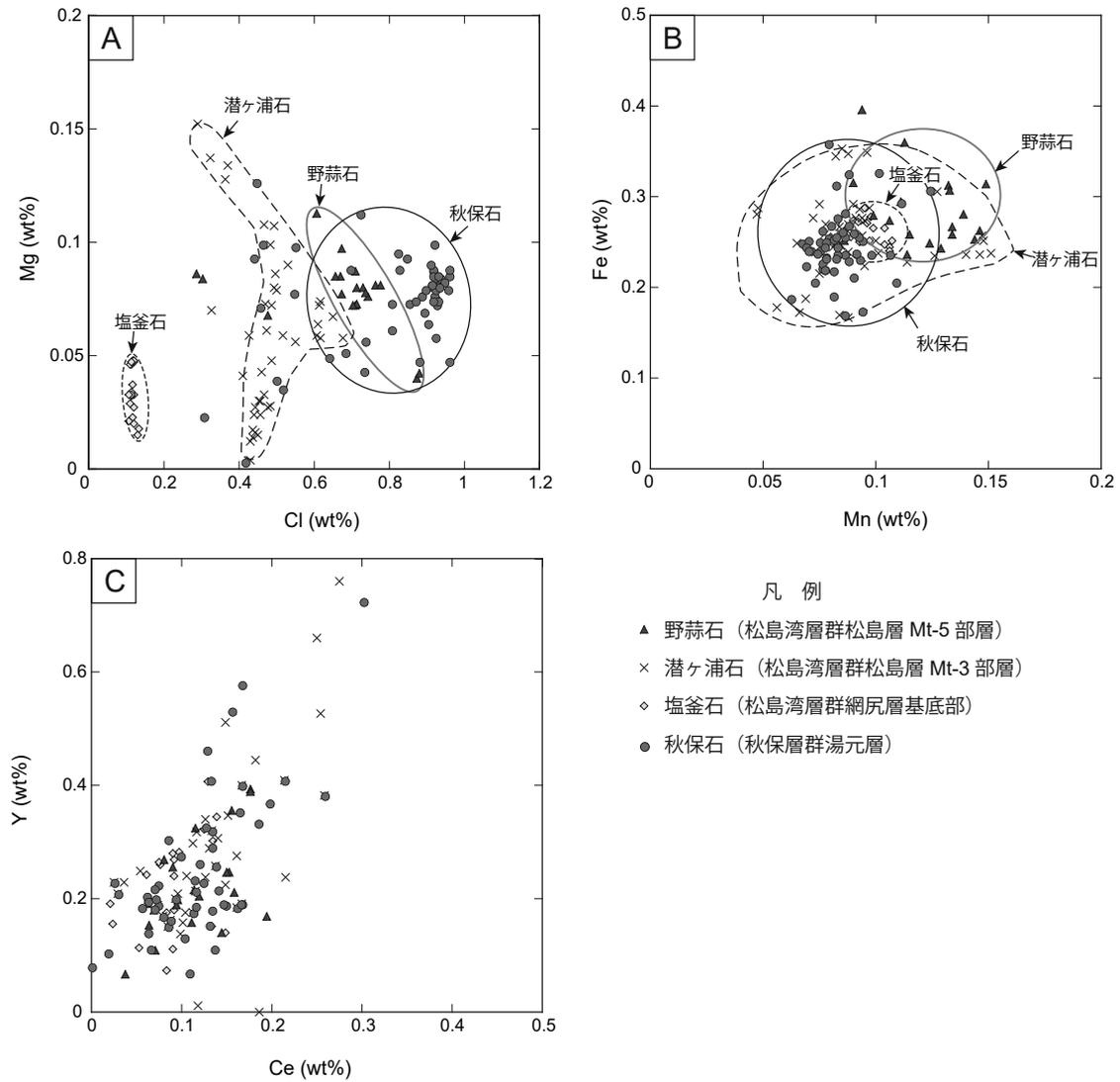


図 6. 各種凝灰岩石材のアパタイト微量元素組成による識別

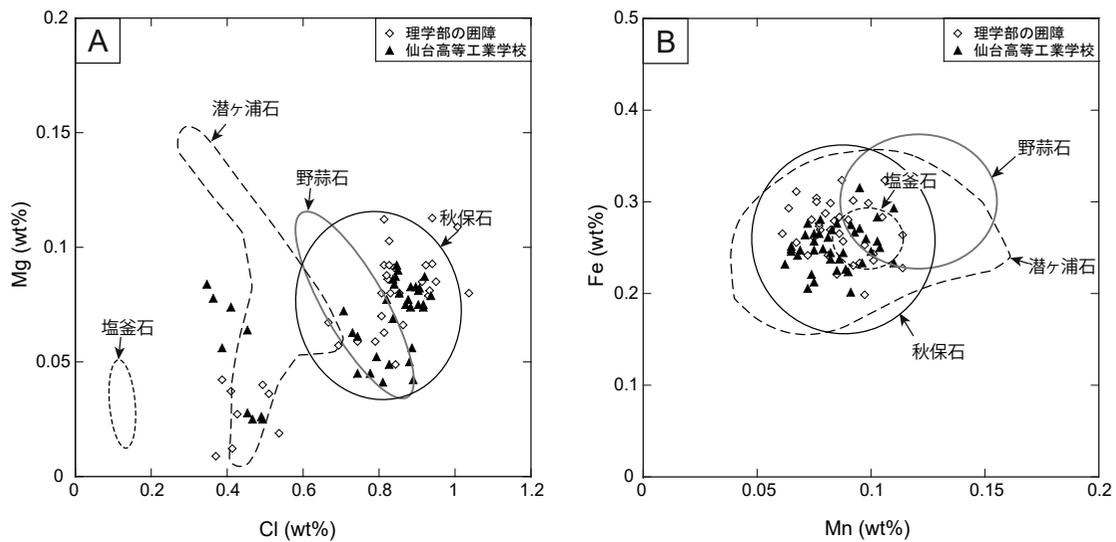


図 7. 片平キャンパスの凝灰岩石材のアパタイト微量元素組成による識別

地の形成に深く関係するこの石材が、秋保から仙台市内まで軌道によって運ばれ、大正から昭和初期のキャンパスの風景に彩りを添えたと考えられる。そうであれば、東北大学に残る凝灰岩を用いた建造物群は、足元の大地の恵みが景観に活かされた例と言えるであろう。

引用文献

- 秋保町史編纂委員会編 1976『秋保町史』
- 石井武政・柳沢幸雄・山口昇一・寒川旭・松野久也 1982「松島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1図幅)」地質調査所
- 石井武政・柳沢幸雄・山口昇一 1983「塩竈地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1図幅)」地質調査所
- 北村信・石井武政・寒川旭・中川久夫 1986「仙台地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)」地質調査所.
- 斎藤広通 2019「『仙台建築会』の研究 その1—会員について」日本建築学会大会学術講演梗概集
- 静岡県埋蔵文化財センター 2011『駿府城跡—三ノ丸大手西石垣発掘調査報告書—平成22年度県庁舎石垣復旧事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書 静岡県埋蔵文化財センター調査報告第4集』
- 仙台市教育委員会編 2018『仙台市文化財調査報告書第464集 貞山堀・蒲生御蔵跡ほか』
- 高嶋礼詩 2018「平成28年度貞山堀本発掘調査1区石積み石材鑑定」『仙台市文化財調査報告書第464集 貞山堀・蒲生御蔵跡ほか』 pp. 92-97
- 東北大学施設部編 2013『東北大学施設部百年のあゆみ』
- 鳴瀬町誌編纂委員会編 1985『鳴瀬町誌 (増補改訂版)』
- 日本建築学会東北支部編 1981『日本建築学会名誉会員 小倉強先生 - 論文・作品目録』
- 芳賀仁 1976「河合宇三郎氏に聞く」北匠会編『北匠の誇りも高く』pp32-33 北匠会
- 宮城県編 1980『宮城県史 13(美術建築)』
- 宮本雅明 1989『日本の大学キャンパス成立史』九州大学出版会
- Kuwabara, S., Takashima, R., Orihashi, Y., Nishi, H., Satoh, T., Hayashi, K., 2019. Preliminary tephrochronological study of the Yezo Group (uppermost Albian-basal Campanian) in north Japan. *Cretaceous Research* 109, <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2019.06.004>.
- Morton, A., Hallsworth, C., 2007. Stability of detrital heavy minerals during burial diagenesis. In: Mange, M. A., Wright, D. T. (Eds.), *Heavy Minerals in Use: Developments in Sedimentology* 58, 215–245.
- Perkins, M. E., Nash, W. P., Brown, F. H., Fleck, R. J., 1995. Fallout tuffs of Trapper Creek, Idaho—A record of Miocene explosive volcanism in the Snake River plain volcanic province. *Geological Society of America Bulletin* 107, 1484–1506.
- Perkins, M. E., Brown, F. H., Nash, W. P., McIntosh, W., Williams, S. K., 1998. Sequence, age, and source of silicic fallout tuffs in middle to late Miocene basins of the northern Basin and Range province. *Geological Society of America Bulletin* 110, 344–360.
- Samson, S. D., Matthews, S., Mitchell, C. E., Goldman, D., 1995. Tephrochronology of highly altered ash beds: The use of trace element and strontium isotope geochemistry of apatite phenocrysts to correlate K-bentonites. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59, 2527–2536.
- Sell, B. K., Samson, S. D., 2011a. A tephrochronologic method based on apatite trace-element chemistry. *Quaternary Research* 76: 157-166. DOI: 10.1016/j.ypres.2011.03.007.
- Sell, B. K., Samson, S. D., 2011b. Apatite phenocrysts compositions demonstrate a miscorrelation between the Millbrig and Kinnekulle K-bentonites of North America and Scandinavia. *Geology* 39, 303–306. DOI:10.1130/G31425.1
- Sell, B. K., Samson, S. D., Mitchell, C. E., McLaughlin, P. I., Koenig, A. E., Leslie, S. A., 2015. Stratigraphic correlations using trace elements in apatite from Late Ordovician (Sandbian-Katian) K-bentonites of eastern North America. *GSA Bulletin* 127, 1259–1274. DOI: 10.1130/B31194.1.
- Takashima, R., Kuwabara, S., Sato, T., Takemura, K., Nishi, H., 2017a. Utility of trace elements in apatite for discrimination and correlation of Quaternary ignimbrites and co-ignimbrite ashes, Japan. *Quaternary Geochronology* 41, 151–162. DOI: 10.1016/j.quageo.2017.04.001.

Appendix1. アパタイトの微量元素組成の測定値

	F	Cl	Mg	Mn	Fe	Ce	Y	P	Ca	Total
仙台高等工業学校	1.850	0.889	0.042	0.085	0.225	0.211	0.476	17.819	36.986	58.583
	1.760	0.880	0.050	0.075	0.212	0.280	0.627	17.666	36.740	58.290
	1.636	0.828	0.049	0.086	0.238	0.120	0.204	18.280	36.993	58.434
	1.652	0.794	0.052	0.069	0.247	0.125	0.234	18.321	37.056	58.550
	1.057	0.453	0.064	0.110	0.293	0.060	0.103	18.376	36.982	57.498
	1.787	0.918	0.074	0.068	0.242	0.154	0.257	17.902	37.012	58.414
	1.710	0.897	0.083	0.071	0.264	0.113	0.201	18.224	36.991	58.554
	1.779	0.492	0.025	0.110	0.233	0.068	0.140	18.310	37.301	58.458
	1.696	0.908	0.082	0.075	0.247	0.090	0.250	18.109	37.064	58.521
	1.811	0.916	0.075	0.090	0.223	0.047	0.246	18.288	37.102	58.798
	2.038	0.886	0.056	0.082	0.245	0.148	0.410	18.053	36.589	58.507
	1.834	0.885	0.074	0.093	0.267	0.081	0.228	18.283	36.892	58.637
	3.071	0.348	0.084	0.078	0.281	0.228	0.419	18.374	36.770	59.653
	3.788	0.362	0.078	0.095	0.271	0.213	0.455	18.395	36.947	60.604
	1.833	0.921	0.087	0.100	0.246	0.136	0.102	18.116	36.925	58.466
	1.727	0.905	0.075	0.085	0.277	0.079	0.127	18.251	36.987	58.513
	1.786	0.902	0.081	0.096	0.234	0.154	0.193	18.185	36.876	58.507
	1.792	0.869	0.075	0.082	0.237	0.081	0.231	18.083	37.124	58.574
	1.581	0.778	0.045	0.074	0.221	0.122	0.273	18.309	37.023	58.426
	1.777	0.938	0.079	0.088	0.245	0.089	0.326	18.397	37.001	58.940
	1.835	0.811	0.041	0.089	0.226	0.159	0.724	16.363	36.728	57.009
	1.854	0.837	0.069	0.081	0.261	0.126	0.380	16.637	36.985	57.243
	1.838	0.839	0.084	0.065	0.246	0.082	0.285	16.459	36.769	56.692
	2.339	0.708	0.072	0.103	0.284	0.329	1.308	16.333	36.508	57.990
	1.842	0.847	0.092	0.075	0.266	0.081	0.271	16.431	36.662	56.580
	1.836	0.877	0.077	0.098	0.260	0.074	0.246	16.533	36.834	56.851
	2.146	0.387	0.056	0.062	0.232	0.154	0.260	16.733	36.933	56.964
	2.167	0.742	0.061	0.079	0.249	0.131	0.476	16.557	36.897	57.386
	1.770	0.743	0.045	0.065	0.249	0.088	0.286	16.677	37.095	57.022
	1.773	0.731	0.063	0.065	0.251	0.087	0.172	16.397	36.643	56.182
1.151	0.411	0.074	0.095	0.316	0.016	0.069	16.267	36.816	55.215	
1.877	0.854	0.080	0.075	0.257	0.099	0.265	16.388	36.941	56.862	
1.816	0.885	0.083	0.091	0.275	0.082	0.265	16.743	37.000	57.266	
1.971	0.845	0.087	0.103	0.257	0.069	0.252	16.060	36.745	56.410	
1.857	0.819	0.077	0.083	0.270	0.118	0.376	16.284	36.704	56.588	
1.828	0.453	0.028	0.104	0.250	0.132	0.353	16.277	36.851	56.277	
1.849	0.851	0.090	0.072	0.277	0.094	0.309	16.178	36.612	56.352	
1.714	0.489	0.026	0.072	0.206	0.110	0.415	15.980	36.646	55.659	
1.714	0.468	0.025	0.091	0.201	0.040	0.241	16.162	36.694	55.638	
1.880	0.836	0.086	0.077	0.265	0.063	0.237	15.928	36.485	55.901	
1.873	0.815	0.063	0.095	0.234	0.153	0.309	18.498	37.193	59.233	
1.859	1.037	0.080	0.067	0.311	0.143	0.278	18.290	37.248	59.313	
1.869	0.930	0.079	0.078	0.269	0.178	0.282	18.438	37.131	59.254	
1.989	0.413	0.012	0.114	0.228	0.129	0.456	18.178	37.106	58.625	
1.864	0.537	0.019	0.085	0.221	0.064	0.149	18.367	37.308	58.614	
1.993	0.914	0.085	0.092	0.302	0.059	0.200	18.408	37.047	59.100	
2.355	0.933	0.081	0.082	0.269	0.105	0.231	18.315	37.100	59.471	
1.808	0.939	0.093	0.084	0.279	0.092	0.268	18.270	37.082	58.915	
1.294	1.008	0.109	0.076	0.304	0.100	0.045	18.376	36.926	58.238	
1.395	0.411	0.037	0.086	0.283	0.035	0.290	18.478	37.135	58.150	
2.037	0.855	0.080	0.101	0.236	0.040	0.241	18.242	37.003	58.835	
1.844	0.951	0.085	0.088	0.257	0.107	0.149	18.372	37.161	59.014	
1.838	0.510	0.036	0.092	0.231	0.079	0.330	18.481	37.332	58.929	
2.072	0.865	0.066	0.067	0.255	0.139	0.603	18.165	37.049	59.281	
1.986	0.840	0.091	0.064	0.293	0.036	0.196	18.344	37.195	59.045	
1.701	0.831	0.080	0.061	0.266	0.081	0.301	16.124	36.722	56.198	
1.514	0.743	0.059	0.072	0.242	0.096	0.376	16.105	37.079	56.293	
1.153	0.940	0.113	0.076	0.300	0.090	0.067	16.087	36.928	55.779	
1.218	0.386	0.042	0.105	0.284	0.010	0.282	16.102	37.177	55.614	
1.761	0.813	0.112	0.114	0.264	0.082	0.334	16.031	36.846	56.380	
1.652	0.813	0.092	0.075	0.261	0.118	0.345	15.841	36.805	56.033	
1.694	0.827	0.092	0.074	0.281	0.095	0.353	16.052	36.774	56.261	
1.699	0.827	0.103	0.080	0.287	0.127	0.221	16.057	36.817	56.244	
1.634	0.492	0.040	0.081	0.242	0.085	0.273	16.409	37.297	56.556	
1.700	0.371	0.009	0.097	0.253	0.091	0.699	16.153	37.038	56.432	
1.688	0.807	0.080	0.082	0.299	0.101	0.464	16.042	36.836	56.420	
1.619	0.925	0.092	0.087	0.324	0.098	0.454	16.157	37.274	57.038	
1.713	0.693	0.057	0.101	0.243	0.118	0.324	15.957	37.129	56.348	
1.683	0.844	0.049	0.106	0.323	0.073	0.334	15.736	36.839	56.008	
2.254	0.667	0.067	0.077	0.274	0.105	0.250	15.987	37.286	57.007	
1.658	0.808	0.070	0.090	0.280	0.101	0.239	15.735	36.796	55.799	
1.505	0.428	0.027	0.097	0.198	0.070	0.379	16.022	37.316	56.053	
1.866	0.790	0.059	0.086	0.266	0.145	0.524	15.789	37.087	56.643	
1.653	0.825	0.086	0.077	0.277	0.073	0.269	15.917	36.996	56.204	
1.666	0.820	0.088	0.099	0.299	0.095	0.368	15.823	36.889	56.178	
理学部の国障	1.873	0.815	0.063	0.095	0.234	0.153	0.309	18.498	37.193	59.233
	1.859	1.037	0.080	0.067	0.311	0.143	0.278	18.290	37.248	59.313
	1.869	0.930	0.079	0.078	0.269	0.178	0.282	18.438	37.131	59.254
	1.989	0.413	0.012	0.114	0.228	0.129	0.456	18.178	37.106	58.625
	1.864	0.537	0.019	0.085	0.221	0.064	0.149	18.367	37.308	58.614
	1.993	0.914	0.085	0.092	0.302	0.059	0.200	18.408	37.047	59.100
	2.355	0.933	0.081	0.082	0.269	0.105	0.231	18.315	37.100	59.471
	1.808	0.939	0.093	0.084	0.279	0.092	0.268	18.270	37.082	58.915
	1.294	1.008	0.109	0.076	0.304	0.100	0.045	18.376	36.926	58.238
	1.395	0.411	0.037	0.086	0.283	0.035	0.290	18.478	37.135	58.150
	2.037	0.855	0.080	0.101	0.236	0.040	0.241	18.242	37.003	58.835
	1.844	0.951	0.085	0.088	0.257	0.107	0.149	18.372	37.161	59.014
	1.838	0.510	0.036	0.092	0.231	0.079	0.330	18.481	37.332	58.929
	2.072	0.865	0.066	0.067	0.255	0.139	0.603	18.165	37.049	59.281
	1.986	0.840	0.091	0.064	0.293	0.036	0.196	18.344	37.195	59.045
	1.701	0.831	0.080	0.061	0.266	0.081	0.301	16.124	36.722	56.198
	1.514	0.743	0.059	0.072	0.242	0.096	0.376	16.105	37.079	56.293
	1.153	0.940	0.113	0.076	0.300	0.090	0.067	16.087	36.928	55.779
	1.218	0.386	0.042	0.105	0.284	0.010	0.282	16.102	37.177	55.614
	1.761	0.813	0.112	0.114	0.264	0.082	0.334	16.031	36.846	56.380
	1.652	0.813	0.092	0.075	0.261	0.118	0.345	15.841	36.805	56.033
	1.694	0.827	0.092	0.074	0.281	0.095	0.353	16.052	36.774	56.261
	1.699	0.827	0.103	0.080	0.287	0.127	0.221	16.057	36.817	56.244
	1.634	0.492	0.040	0.081	0.242	0.085	0.273	16.409	37.297	56.556
1.700	0.371	0.009	0.097	0.253	0.091	0.699	16.153	37.038	56.432	
1.688	0.807	0.080	0.082	0.299	0.101	0.464	16.042	36.836	56.420	
1.619	0.925	0.092	0.087	0.324	0.098	0.454	16.157	37.274	57.038	
1.713	0.693	0.057	0.101	0.243	0.118	0.324	15.957	37.129	56.348	
1.683	0.844	0.049	0.106	0.323	0.073	0.334	15.736	36.839	56.008	
2.254	0.667	0.067	0.077	0.274	0.105	0.250	15.987	37.286	57.007	
1.658	0.808	0.070	0.090	0.280	0.101	0.239	15.735	36.796	55.799	
1.505	0.428	0.027	0.097	0.198	0.070	0.379	16.022	37.316	56.053	
1.866	0.790	0.059	0.086	0.266	0.145	0.524	15.789	37.087	56.643	
1.653	0.825	0.086	0.077	0.277	0.073	0.269	15.917	36.996	56.204	
1.666	0.820	0.088	0.099	0.299	0.095	0.368	15.823	36.889	56.178	

秋保石	1.875	0.918	0.080	0.086	0.236	0.085	0.152	17.987	36.588	58.007
	1.671	0.924	0.081	0.075	0.250	0.116	0.214	18.280	36.527	58.138
	1.611	0.807	0.073	0.109	0.206	0.167	0.399	18.012	36.542	57.926
	1.229	0.548	0.077	0.111	0.293	0.029	0.210	18.219	36.532	57.248
	1.618	0.916	0.087	0.083	0.236	0.161	0.185	18.278	36.657	58.221
	1.358	0.825	0.095	0.079	0.254	0.087	0.163	18.008	36.606	57.475
	1.661	0.923	0.075	0.067	0.249	0.137	0.257	17.968	36.600	57.937
	1.836	0.915	0.081	0.094	0.252	0.063	0.198	18.148	36.635	58.222
	1.662	0.879	0.047	0.078	0.234	0.258	0.382	17.908	36.402	57.850
	1.390	0.723	0.112	0.124	0.307	0.112	0.175	18.187	36.375	57.505
	1.659	0.937	0.082	0.086	0.255	0.093	0.199	18.146	36.707	58.164
	1.542	0.886	0.076	0.077	0.219	0.133	0.319	18.264	36.446	57.962
	1.979	0.306	0.023	0.073	0.205	0.167	0.191	18.393	36.933	58.270
	1.504	0.917	0.088	0.071	0.241	0.073	0.189	18.361	36.694	58.138
	1.654	0.921	0.099	0.076	0.262	0.025	0.228	18.254	36.696	58.215
	1.517	0.828	0.088	0.075	0.240	0.079	0.169	17.967	36.509	57.472
	1.724	0.924	0.058	0.086	0.170	0.214	0.409	18.165	36.236	57.986
	2.316	0.685	0.051	0.086	0.282	0.185	0.334	18.517	37.126	59.582
	1.592	0.930	0.074	0.078	0.250	0.141	0.216	18.642	37.021	58.944
	1.473	0.930	0.085	0.070	0.240	0.114	0.233	18.707	37.111	58.963
	2.247	0.737	0.056	0.069	0.223	0.128	0.463	18.674	37.093	59.690
	1.560	0.696	0.088	0.078	0.232	0.062	0.196	18.590	37.154	58.656
	1.564	0.909	0.090	0.082	0.232	0.103	0.131	18.475	37.088	58.674
	1.268	0.935	0.080	0.083	0.244	0.134	0.179	18.367	36.875	58.165
	1.486	0.896	0.079	0.088	0.268	0.116	0.187	18.282	37.069	58.471
	1.816	0.905	0.064	0.090	0.211	0.302	0.724	18.381	36.908	59.401
	1.588	0.869	0.074	0.080	0.268	0.074	0.225	18.493	36.922	58.593
	0.917	0.464	0.099	0.101	0.326	0.065	0.112	18.429	36.847	57.360
	1.468	0.915	0.081	0.083	0.276	0.130	0.154	18.500	36.947	58.554
	0.850	0.447	0.126	0.079	0.358	0.018	0.104	18.550	36.880	57.412
	1.561	0.808	0.061	0.091	0.238	0.132	0.410	18.499	36.996	58.796
	1.781	0.893	0.069	0.077	0.245	0.197	0.370	18.539	37.228	59.399
	1.400	0.917	0.074	0.082	0.255	0.148	0.190	18.557	36.920	58.543
	1.480	0.959	0.088	0.090	0.260	0.146	0.191	18.580	37.036	58.830
	1.560	0.418	0.003	0.094	0.174	0.156	0.531	18.531	36.836	58.303
	0.864	0.456	0.071	0.082	0.313	0.070	0.217	18.683	36.996	57.752
	2.365	0.735	0.043	0.076	0.221	0.127	0.326	18.465	37.271	59.629
	1.062	0.439	0.093	0.088	0.325	0.000	0.079	18.501	37.048	57.635
	1.701	0.920	0.076	0.081	0.218	0.085	0.304	18.445	37.236	59.066
	1.705	0.960	0.085	0.098	0.236	0.071	0.200	18.203	37.118	58.676
1.692	0.846	0.093	0.088	0.229	0.070	0.183	18.363	37.182	58.746	
1.449	0.516	0.035	0.081	0.190	0.061	0.204	18.367	37.054	57.957	
1.605	0.924	0.079	0.076	0.226	0.133	0.291	18.522	37.060	58.916	
2.047	0.918	0.085	0.092	0.255	0.098	0.276	18.382	37.179	59.332	
2.609	0.639	0.049	0.077	0.219	0.164	0.353	18.502	37.255	59.867	
1.601	0.936	0.084	0.085	0.261	0.062	0.139	18.493	36.983	58.644	
1.607	0.501	0.039	0.093	0.231	0.167	0.578	18.183	37.136	58.535	
1.677	0.855	0.073	0.074	0.237	0.136	0.112	18.466	37.086	58.716	
1.682	0.550	0.098	0.062	0.188	0.109	0.069	18.197	36.944	57.899	
1.939	0.926	0.072	0.070	0.251	0.165	0.191	18.351	37.108	59.073	
1.984	0.946	0.082	0.081	0.253	0.056	0.185	18.197	37.095	58.879	
1.737	0.957	0.079	0.069	0.244	0.124	0.228	18.565	37.089	59.092	
1.353	0.959	0.047	0.106	0.236	0.119	0.262	17.934	36.715	57.731	

Use-wear analysis at the Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites in the Russian Far East

Anatoly M. Kuznetsov¹⁾, Yoshitaka Kanomata^{2)*} and Yosuke Aoki²⁾

¹⁾ *Far Eastern Federal University*

²⁾ *Tohoku University*

* *corresponding author*

Abstract: This paper aims at understanding not only the technologies and functions of lithic tools but also site function at the Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites. One of the goals of our research is the comparative evaluation of technology and function in the microblade industries between the Russian Far East and the Japanese archipelago.

Regarding site functions, the use of end scrapers distinguishes these two sites. There were more than twice the number of end scrapers at Gorbatka 3 than at the Ilistaya 1 site. In addition, 60% of the end scrapers were utilized for hide scraping at Gorbatka 3, although 5.4% of end scrapers had use-wear at the Ilistaya 1 site. Therefore, the hide scraping needed for longer stable settlements was chiefly carried out at the Gorbatka 3 site. Ten times more boat-shaped tools were discovered at Gorbatka 3 than at Ilistaya 1. They may be used as blanks for end scrapers in some cases. In lithic assemblage, bipolar cores and microblade spalls were mainly excavated from the Ilistaya 1 site, not from Gorbatka 3. These differences characterize the site functions of the sites. Burins were commonly used for bone/antler planing/whittling at both sites. Microblade removal and bone/antler tool manufacture coexisted because of composite tool production. This activity was organized as a basic component in their subsistence technology and hunting strategy.

1. Introduction

The Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites in the Maritime region were discovered by one of the authors, Anatoly Kuznetsov, in 1977 (Kuznetsov 1992, 1996). These sites were excavated in 1970s and 1980s. The Final Palaeolithic artefacts were discovered at the Gorbatka 3 site in 1979, '82, '85, and '86, and at the Ilistaya 1 site in 1978, '87, '88, and '89. The Gorbatka 3 site was re-excavated in 2003 but the materials in 2003 were out of our research scope in this paper.

From 19 April to 29 May 2019, use-wear research of lithic artefacts at the Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites was carried out by the second author (Kanomata), who studied many microblade industries in Japan from the viewpoint of lithic function. Technological analysis was also practiced by the third author (Aoki), who is studying microblade technologies in the northeastern region of the Japanese archipelago. Therefore, one of the goals of our research is the comparative evaluation of technology and function in the microblade industries between the Russian Far East and the Japanese archipelago. In addition, the present

paper aims at understanding not only the technologies and functions of lithic tools but also site function at these sites. A traceological approach is very useful for getting information about what has happened at the site.

2. Experimental archaeology on local raw materials in the Russian Far East

Concerning the use-wear analysis, there is a problem to face in this region because of absence of basic experimental data. Since the main raw material here was local siliceous tuff, which has several characteristics that are different from siliceous shale in the Japanese Islands, it is probable that use-wear traces on siliceous tuff also has characteristics different from those on siliceous shale. Therefore, one of the authors (Kanomata) carried out experiments about use wear on local raw materials in the Russian Far East. Green and white siliceous tuff cobbles were collected from the riverbed near Ustinovka sites on 18 May 2019. After that, replicated lithic tools were manufactured at Far Eastern Federal University, and use experiments were conducted from 20–28 May 2019. Shell, antler, cowhide, reed grass, wood,

Table 1 List of experiments

Experiment No.	Operation	Worked Material	Condition	Minute	Stroke/Minute	Figure No.	Additional Information
1	saw	shell	dry	20	180	3-1, 2, 3	
2	saw	shell	wet	15	150	3-4, 5, 6	
3	saw	antler	dry	8	180		
4	saw	antler	wet	5	400	1-13, 14, 15	
5	scrape	hide (cow)	raw	30	140		
6	scrape	hide (cow)	raw	30	130	2-10, 11, 12	
7	saw	plant (reed grass)	dry	15	-	1-4, 5, 6	
8	saw	plant (reed grass)	wet	15	150	1-1, 2, 3	add water
9	scrape	hide (cow)	dry	10	180		
10	saw	wood	raw, dry	15	180	1-7, 8, 9	
11	plane	wood	raw, dry	10	180	1-10, 11	
12	saw	wood	raw, wet	15	180	12	
13	scrape	wood	raw, wet	10	180		
14	scrape	antler	wet	10	180		
15	cut	meat (cow)	raw	10	100	3-7, 8	
16	cut	meat (cow)	raw	18	100	3-9	removal from bone
17	plane	bone (cow)	raw	15	100	2-4, 5, 6	
18	plane	bone (cow)	raw	10	100		
19	saw	bone (cow)	raw	5	180		
20	saw	bone (cow)	raw	15	180	2-1, 2, 3	
21	scrape	hide (cow)	dry	30	180	2-9	
22	cut	hide (cow)	dry	15	180	2-15	
23	scrape	soft hide (cow)	dry	20	180	2-7, 8	
24	scrape	hide (cow) with hair	dry	10	150		
25	cut	hide (cow) with hair	dry	10	180	2-13, 14	

cow meat, and cow bone were selected as object materials. Twenty-five lithic tools were selected for these experiments. The results of experiments were summed up in Table 1 and Figures 1-3.

So-called 'corn gloss' was observed on an experimental flake, which was utilized to saw reed grass in a wet condition (Figs. 1-1 to 1-3). This polish is very bright, smooth, and shiny. It is accompanied with numerous dark pits and filled-in striations that show the direction of operation. In a dry condition, the use polish is not developed, as shown in photos (Figs. 1-4 to 1-6).

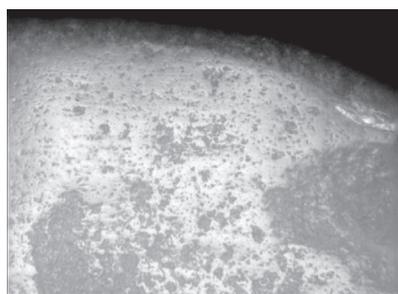
Wood polishes were caused by several wood operations. This polish is bright and smooth. Inner and outer contrasts are as high as corn gloss. The shape of the polish looks domed. In the case of sawing, parallel striations were limitedly recognized, and the polish development area connects the parallel zone to the use edge (Figs. 1-7 to 1-9). In contrast, the planing operation produced the same type of polish with vertical striations. It is situated near the edge (Figs. 1-10 to 1-12).

Bone and antler workings often produce similar types of polish. Antler sawing in wet conditions produced polish that is a little darker and rougher than corn gloss (Figs. 1-13 to 1-15). So inner and outer contrast are not so high as corn gloss. Raw bone sawing caused rugged polish with parallel striations (Figs. 2-1 to 2-3). Planing activity produced the same polish, accompanied by vertical striations (Figs. 2-4 to 2-6).

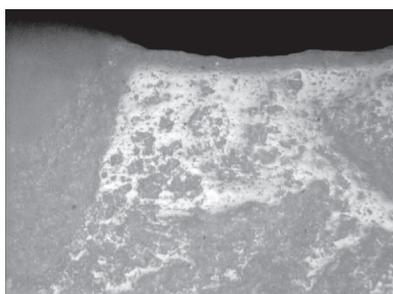
Dry hide scraping produced a rugged surface and round edges with vertical striations (Figs. 2-7 to 2-9). In contrast, the same activity in rawhide caused a less round edge and a darker polish (Figs. 2-10 to 2-12). It is characterized as dull, low contrast, greasy, and lustrous. Cutting dry hide made a similar polish with parallel striations (Figs. 2-13 to 2-15).

Dry shell sawing produced a flatter and higher contrast polish with a severely high density of striations (Figs. 3-1 to 3-3). In wet condition, the same activity made a similar polish (Figs. 3-4 to 3-6).

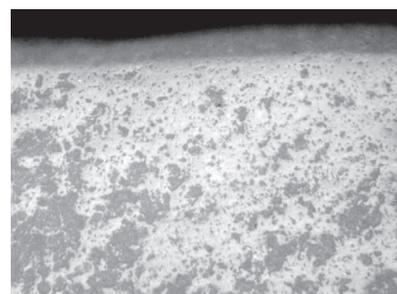
Cutting raw meat caused the dullest polish (Figs. 3-7 to 3-9). Inner and outer contrasts are small, and striations are



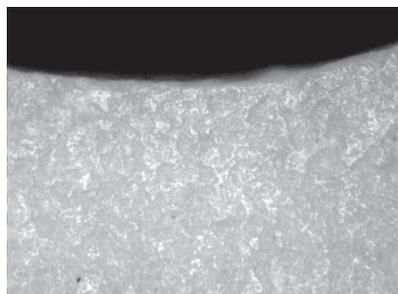
1 wet plant, saw, 15min., 200x



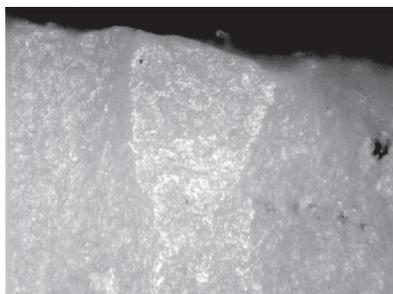
2 wet plant, saw, 15min., 200x



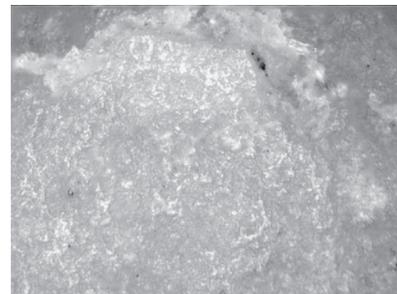
3 wet plant, saw, 15min., 200x



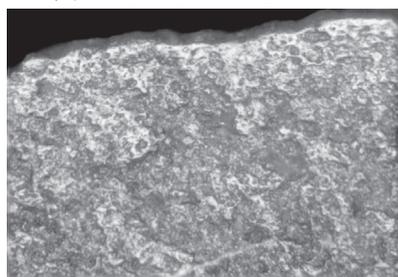
4 dry plant, saw, 15min., 200x



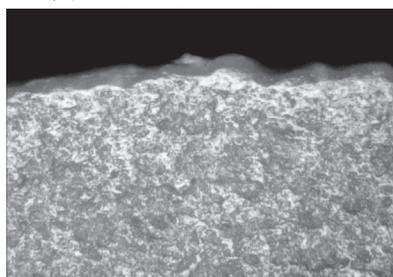
5 dry plant, saw, 15min., 200x



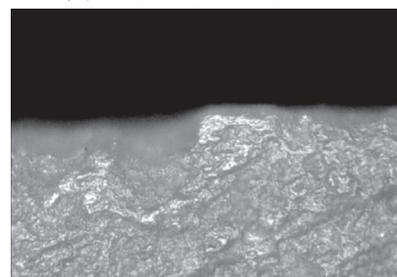
6 dry plant, saw, 15min., 200x



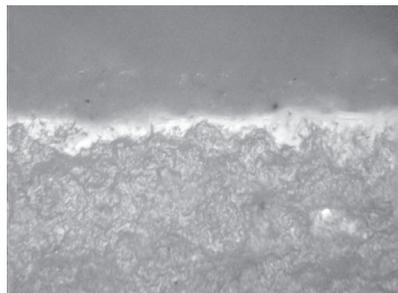
7 raw wood, saw, 15min., 200x



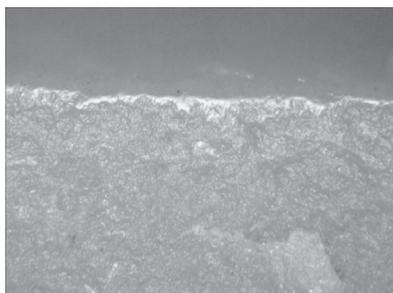
8 raw wood, saw, 15min., 200x



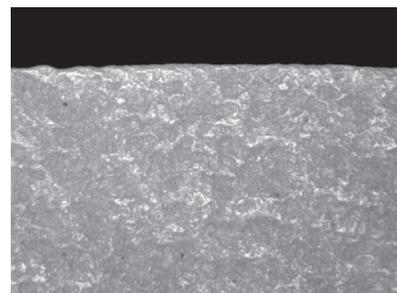
9 raw wood, saw, 15min., 200x



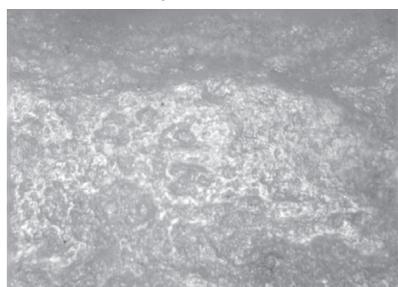
10 raw wood, plane, 10min., 400x



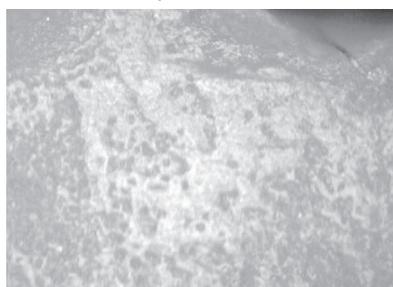
11 raw wood, plane, 10min., 200x



12 raw wood, saw, 15min., 200x



13 wet antler, saw, 5min., 200x

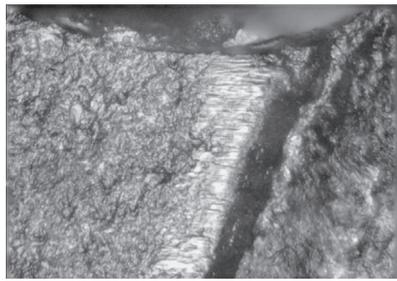


14 wet antler, saw, 5min., 200x

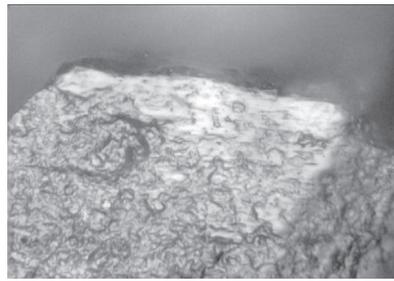


15 wet antler, saw, 5min., 200x

Fig.1 Use-wear polishes on experimental lithic tools.



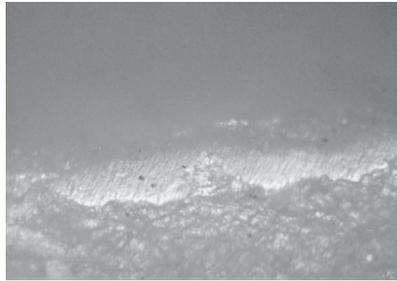
1 raw bone, saw, 15min., 200x



2 raw bone, saw, 15min., 400x



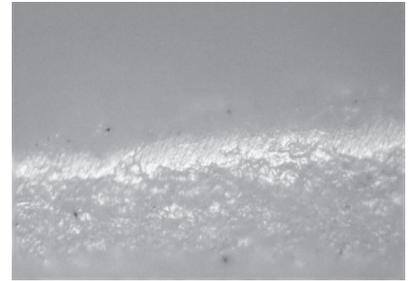
3 raw bone, saw, 15min., 200x



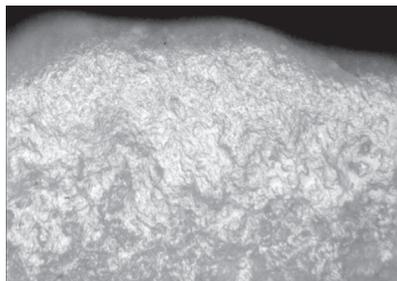
4 raw bone, plane, 15min., 200x



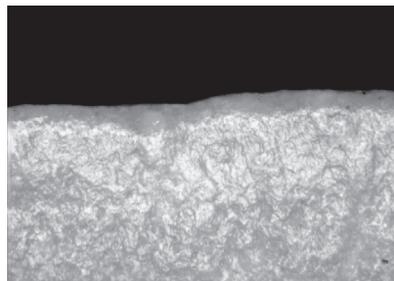
5 raw bone, plane, 15min., 200x



6 raw bone, plane, 15min., 200x



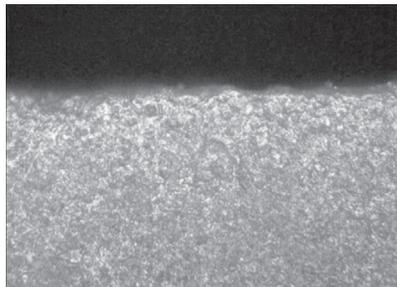
7 dry hide, scrape, 20min., 200x



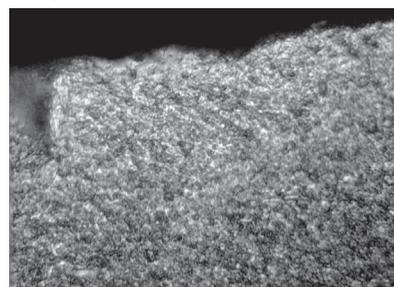
8 dry hide, scrape, 20min., 200x



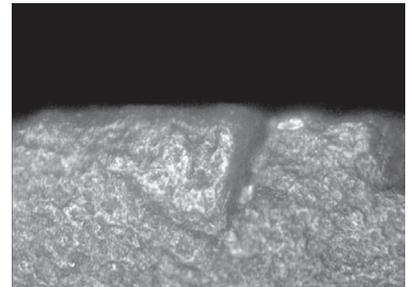
9 dry hide, scrape, 30min., 200x



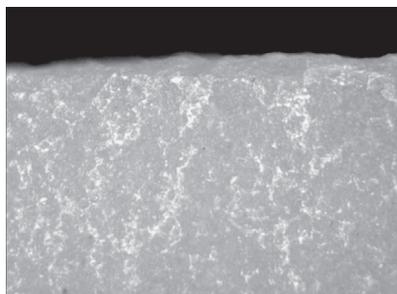
10 raw hide, scrape, 30min., 200x



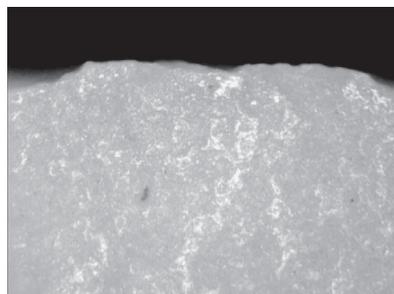
11 raw hide, scrape, 30min., 200x



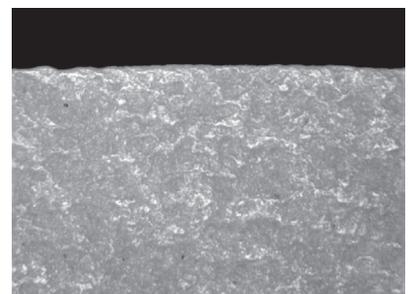
12 raw hide, scrape, 30min., 200x



13 dry hide, cut, 10min., 200x



14 dry hide, cut, 10min., 200x



15 dry hide, cut, 15min., 200x

Fig.2 Use-wear polishes on experimental lithic tools.

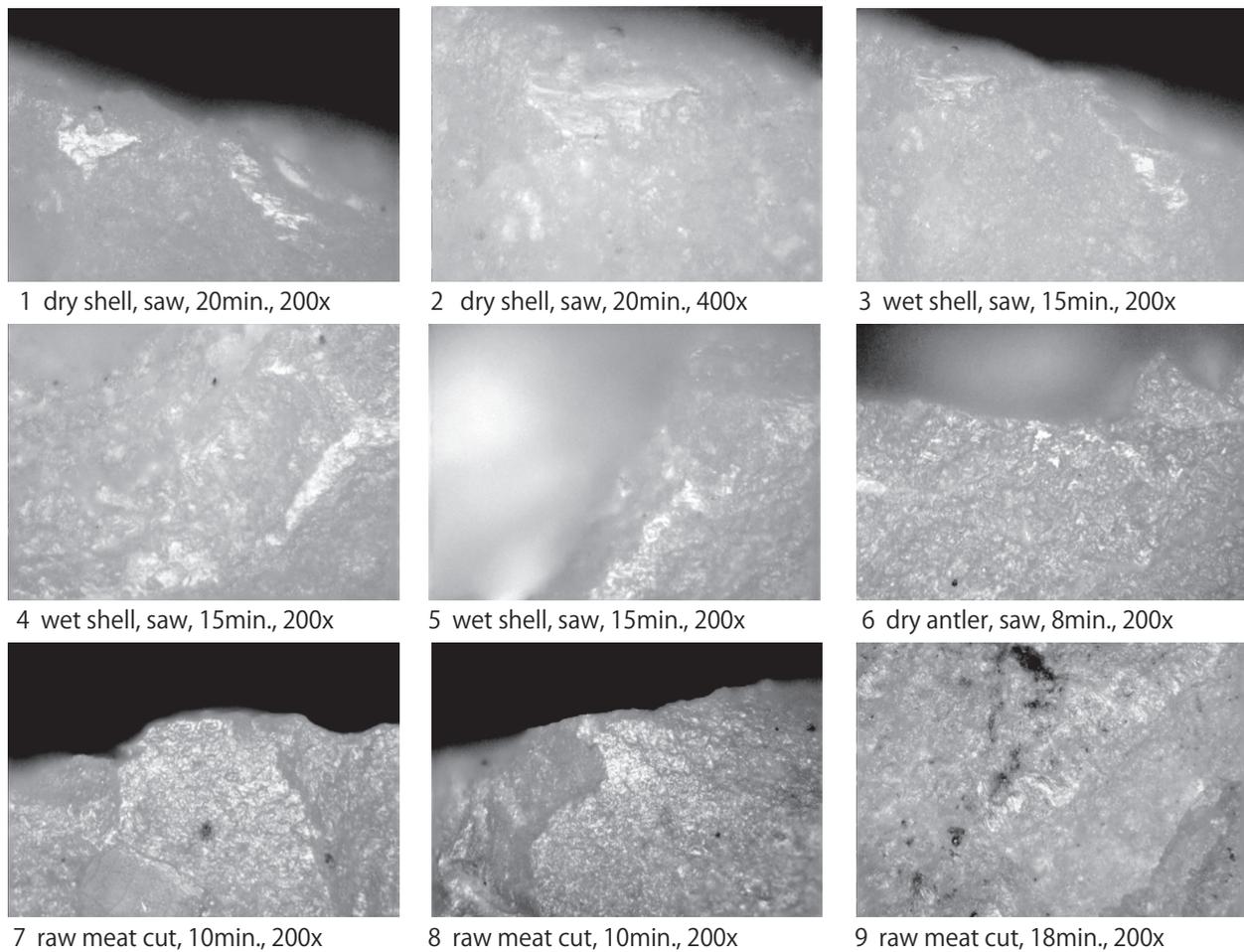


Fig.3 Use-wear polishes on experimental lithic tools.

not clear.

As a result, use polish on siliceous tuff formed in a few minutes with more than one hundred strokes per minute. Though characteristics of use-wear polishes on siliceous tuff are basically the same as those on siliceous shale in Japan (Akoshima & Hong 2017, 2018 etc.), they are somewhat flatter and smoother than polishes on shale. Since these differences are so small, the author could apply the method of use-wear analysis in Japan.

3. Outline of the Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites

These sites are located on the terrace-like surfaces of the left bank of the Gorbatka River in the Russian Far East (Fig. 4). Stratigraphy in the Ilistaya River area is basically composed of light loam (whitish-greyish-yellow in color, 8 to 30 cm thick) in the upper layer and heavy loam (brownish-blackish, 80 cm thick) in the lower layer. The most complete stratigraphic sequence was discovered in a central part of

the Gorbatka 3 site. Because water-worn artefacts were found at the Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites in the same stratigraphy position, a kind of water effect was caused in these sites. For example, stratigraphy at the Gorbatka 3 site is composed of a first layer (humus, 8–15 cm thick, without cultural remains), a second layer (greyish-white light loam, 10–25 cm thick, with numerous Palaeolithic artefacts and a number of pot sherds of the Bronze and early Iron Ages), a third layer (brown, brown-black, red-brown, and black heavy loams, 80 cm thick, with Palaeolithic artefacts), a fourth layer (yellow loam, 40–60 cm thick, without cultural remains), and a fifth layer (detritus mantle–basalt bedrock). The excavated area at the Gorbatka 3 site was 400 m² in total. In addition, Palaeolithic artefacts were contained in the second layer and in ice-wedge deposits that crushed the upper part of the heavy loam unit of the excavated area of 400m² at the Gorbatka 3 site.

Several radiocarbon ages were proposed in these sites. The ¹⁴C date of the charcoal from light loam at Gorbatka

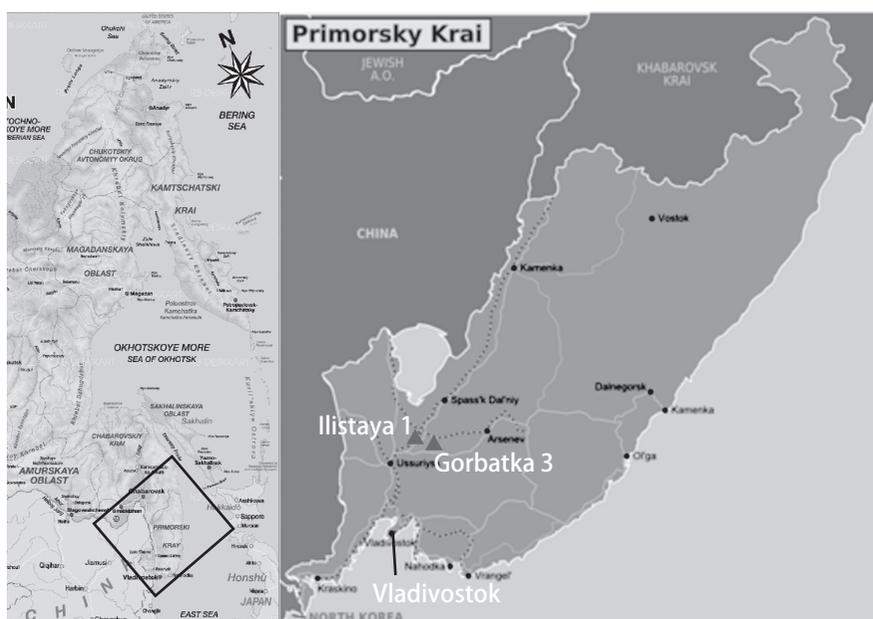


Fig.4 Map of the Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites

3 is $2,590 \pm 85$ BP (SOAN-1921), and the ^{14}C date from the bottom of the dark heavy loam unit is $13,500 \pm 200$ BP (SOAN-1922). In addition, the ^{14}C date from the light loam at the Ilistaya 1 site is $7,840 \pm 60$ BP (Ki-3163). Therefore, the chronological position of lithic materials from these sites would be between $7,840 \pm 60$ and $13,500 \pm 200$ BP, which ranges from the end of Pleistocene to the early Holocene.

Basic lithic assemblage was reported in an earlier article (Kuznetsov 1996). The number of total materials in the upper layer of the Gorbatka 3 site is 38,272, and 84% of the total are flakes. The total number of the lower layer of the Gorbatka 3 site is 6,238, and flakes occupied 77% of the total. Lithic artefacts from the Ilistaya 1 site is 24,781, and flakes occupied 87% of the total. In addition, there were numerous blade cores and bipolar cores in these sites. These lithic assemblages simply represent that these sites were formed as lithic manufacture workshops. There was no organic material in these sites except for some charcoal. Therefore, it is impossible to reconstruct the utilization of animal and botanical resources at the site.

4. Research objects

The first aim of our research is to understand the actual functions of lithic tools, especially burins and end scrapers, at the Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites by the practice of use-wear analysis. In these sites, the classification of items between microblade core, burin, and end scraper is occasionally confused because simplified microblade removal technologies were carried out to cope with the

unsuitable size and form of their blanks, which were sometimes produced from a bipolar manufacture sequence. In addition, the so-called “Togeshita-type” microblade core and burin, the “Horoka-type” microblade core, the boat-shaped tool, and the end scraper have similar technological sequences in some cases. Therefore, the precise classification of tool types needs to be constructed not only from a technological perspective but also from a functional aspect through microscopic observation. Concerned to raw materials, silicified tuff, rhyolite, obsidian, chert, and jasper were utilized in these sites. There was no local raw material in these areas. Obsidian sources were in the upper part of the Ilistaya River valley. The relationships between raw materials and lithic assemblages represent their foraging strategies and raw material exploitations. Since the size and quality must have influenced lithic manufacture technologies, each manufacturing sequence must be understood according to differences in raw materials. Finally, the authors propose a new insight to evaluate the chronological position of the microblade industry in the Primorye region from the perspective of Northeast Asia, including northern China and the Japanese archipelago.

5. Research procedure

The objects of this study are materials from the Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites excavated from 1978 to 1989. Chief artefacts except for flakes and irregular cores were selected by the previous studies. At the first step of our research, we counted the number of stone tools in each box according to

Table 2 Lithic assemblage at the Gorbatka 3 site

Tool type	Bipolar core	End scraper	Blade shaped tool	Boat shaped tool	Micro blade core	Side scraper	Core	Burin	Flake	Biface	Cobble	Retouched blade	Retouched flake	Micro blade	end/side scraper	Microblade core preform	Bifacial point	Bifacial knife	Bifacial tool	Ski spall	Total
Number	321	180	173	168	84	64	59	45	26	13	9	9	7	5	3	3	2	1	1	1	1174

Table 3 Use wear of lithic tools at the Gorbatka 3 site

Tool type	Artifact no.	Raw material	Location of facet	independent use zone	Polish	Striation	Microflaking	Use degree	Figure
burin	69	obsidian	left(u&l)	burin facet	-	vertical	-	heavy	6-5,6,7
	302	green siliceous tuff	left(u&l)	-	-	-	-	-	5-1
	307	chert	left and right	burin facet	-	-	+	-	-
	328	chert	left and right	left facet	bone/antler	vertical	-	light	5-2,3,4
	366	obsidian	left	burin facet	-	vertical	-	light	6-1,2
	1105	obsidian	left	burin facet	-	vertical	-	light	5-7,8,9,10
	1182	obsidian	left	burin facet	-	vertical	-	-	6-8
	1194	obsidian	left	burin facet	-	vertical	+	light	6-3,4
	1977	obsidian	left	burin facet	-	vertical	-	light	7-1
	3646	green siliceous tuff	left	burin facet	bone/antler	vertical	-	light	7-4,5
	B1-1-6	obsidian	left	-	-	-	-	-	-
	B1-1-18	obsidian	left	burin facet	-	vertical	-	heavy	6-9,10,11
	B1-1-29	chert	left(right-small)	-	-	-	-	-	-
	B1-1-34	obsidian	left	-	-	-	-	-	-
B1-1-55	siliceous tuff	left	burin facet	?	parallel & vertical	-	light	7-2,3	
end scraper	113	agate	-	scraper edge	?hide	vertical	-	light	8-4,5,6,7
	139	green siliceous tuff	-	scraper edge	?hide	vertical	-	light	10-9,10
	211	obsidian	-	scraper edge	?	vertical	-	light	10-3,4
	323	chert	-	scraper edge	dry hide	vertical	-	heavy	8-8,9,10,11,12
	426	chert	left and right	scraper edge	dry hide	vertical	-	heavy	7-6,7,8
	431	chalsedony	-	scraper edge	?	vertical	-	light	-
	1220	obsidian	-	scraper edge	dry hide	vertical	-	heavy	9-5,6,7
	1642	obsidian	-	scraper edge	wood	vertical	-	light	9-8,9
	3644	siliceous tuff	-	scraper edge	dry hide	vertical	-	heavy	10-7,8
	B5-2-1	chert	-	scraper edge	hide	vertical	-	light	7-9,10,11
	B5-2-2	chert	-	scraper edge	dry hide	vertical	-	heavy	8-1,2,3
	B5-2-9	chert	-	scraper edge	dry hide	vertical	+	heavy	9-1,2,3,4
	B5-2-42	obsidian	-	scraper edge	?	vertical	-	light	9-10,11
	B5-2-44	obsidian	-	scraper edge	?	vertical	-	light	10-1,2
B5-2-65	obsidian	-	scraper edge	?	vertical	-	light	10-5,6	
microblade core	3605	green siliceous tuff	right	-	-	-	-	-	-
	B1-1-1	obsidian	right	-	-	-	-	-	5-5,6
	B1-1-2	obsidian	left and right	left facet	-	vertical	-	light	-

raw material and tool type (Tables 2 and 4), and took photos of all the materials.

Then, lithic artefacts were selected for technological and use–wear analyses. Microblade technologies were grasped objectively by one of the authors (Aoki). A functional analysis of lithic tools was conducted by another author (Kanomata) with a metallurgical microscope (Olympus BHM). The result is summed up in Tables 3 and 5. We also made drawings of lithic artefacts needed for the analyses (Figs. 17 to 20).

6. Analyses at the Gorbatka 3 site

a. Technological analysis

In total, 1,174 lithic materials were selected from the Gorbatka 3 site for this study. The assemblage of selected materials at Gorbatka 3 is as follows (Table 2): bifacial tools (N=17), bipolar cores (321), microblade cores (84), microblade core preforms (3), blades (173), microblades (5), boat-shaped tools (168), burins (45), cores (59), end-scrapers (180), end/side scrapers (3), side scrapers (64), flakes (26), cobbles (9), retouched blades (9), retouched flakes (7), and a ski spall (1).

We looked at 84 microblade cores and three microblade preforms. From the viewpoint of Japanese archaeologists, microblade core types were composed of Togeshita (Figs. 16-4, 16-6, 20-7, 20-9, 20-11 and 20-13), Horoka (Figs. 16-9 to 16-11), wedge-shaped (Figs. 16-1 to 16-3, 20-1 to 20-4 and 20-6), and those made from blank flake without a secondary retouch (Figs. 16-8, 16-10, 20-12 and 20-14). The number of simple microblade removal technology is so outstanding that we had a problem classifying microblade cores from burins. This problem will be considered in a cooperative analysis between technological and functional studies. To be precise, the microblade core type should be strongly related with a special chronological and regional position. Therefore, we can point out similarities but should reconstruct each microblade technology individually.

Average size of end scraper is 36.2 mm in length, 21.9 mm in width, 8.86 mm in thickness (Figs. 17-16 to 17-25, 18-1 to 18-4, 21-14 to 21-23). The average edge angle is 69.3°. Average size of burin is 36.5 mm in length, 18.1 mm in width and 6.7 mm in thickness (Figs. 17-1 to 17-24, 21-1 to 21-13). The average edge angle between burin facet and ventral face is 97.9°.

The most frequently produced material are bipolar cores (N=321). Small obsidian pebbles (from 3 to 6 cm in diameter) were the main raw material for the bipolar technique. They must have been taken from the Ilistaya River gravel. The experimental workshop on the bipolar technique was carried out in Tohoku University in November 2019. We will reconsider the characteristics of bipolar technology at the Gorbatka 3 and Ilistaya 1 sites in the next

paper. Blade technology is characterized by the existence of platform preparation retouch and crested ridge formation (Fig. 22). Relatively larger blades were produced in this site.

b. Use–wear analyses

There are several kinds of raw materials at the Gorbatka 3 site. The quality and sustainability against post-depositional surface modification relate to how suitable the raw material is for use–wear analysis. The most suitable raw material is chert and/or chalcedony. Because their surface sustains the original, worked material and the direction of operation can be assumed. The second one is highly silicified green tuff that worked material, and the direction of operation can be also assumed. In the case of obsidian, the direction of operation can be assumed on a limited basis except for a few obsidian samples that kept their original surfaces. The usual siliceous white/grey tuff that occupied the larger portion of the raw materials is not suitable for use–wear analysis because their original surfaces were completely changed in the post-depositional modification. Rhyolite and andesite are commonly unsuitable for a use–wear analysis. Therefore, our object materials were restricted.

In total, 15 utilized end scrapers and 11 used burins were found at the Gorbatka 3 site by microscopic observation (Table 3). Then, 26 lithic tools with use wear became objects of precise observation under a microscope from a traceological viewpoint. The most utilized tool at the site was the end scraper. The edge was used for scraping (N=10) and worked material would be dry hide (N=6), hide (N=3), and wood (N=1). Burins were chiefly utilized to whittle/plane (N=9). Only one worked material was assumed to be of the bone/antler variety (N=2). The use rate of the end scraper is higher (60.3%), and that of burin is not as high (44%).

Figure 5-1 shows a photo of the edge of lithic artefact no. 302. This tool has three burin facets (Fig. 17-2) and no use-wear on all these facets. Burin (no. 328) made from chert has the D1-type of micro polish accompanied by vertical striations (Figs. 5-2 to 5-4). This burin must have been utilized for planing bone/antler.

Obsidian tools have unfamiliar striations in our research experience. Numerous striations composed of a line of pits were recognized on the edge between the burin facet and the ventral surface (Figs. 5-5 and 5-6). These traces must have been caused by post-depositional effects. Usual use–wear striations on obsidian tools were as shown in the photos (Figs. 5-7 and 5-8). On the base of this burin (no. 1105), wider striations were formed probably by hafting activity (Figs. 5-9 to 5-11).

Striations composed by a line of pits were commonly observed on burins nos. 366, 1194, 69, 1977, and b1-1-18 (Figs. 6-1 to 6-6, and 7-1). Such striations extend to the opposite side of the burin facet (Figs. 6-9 to 6-11). No use–

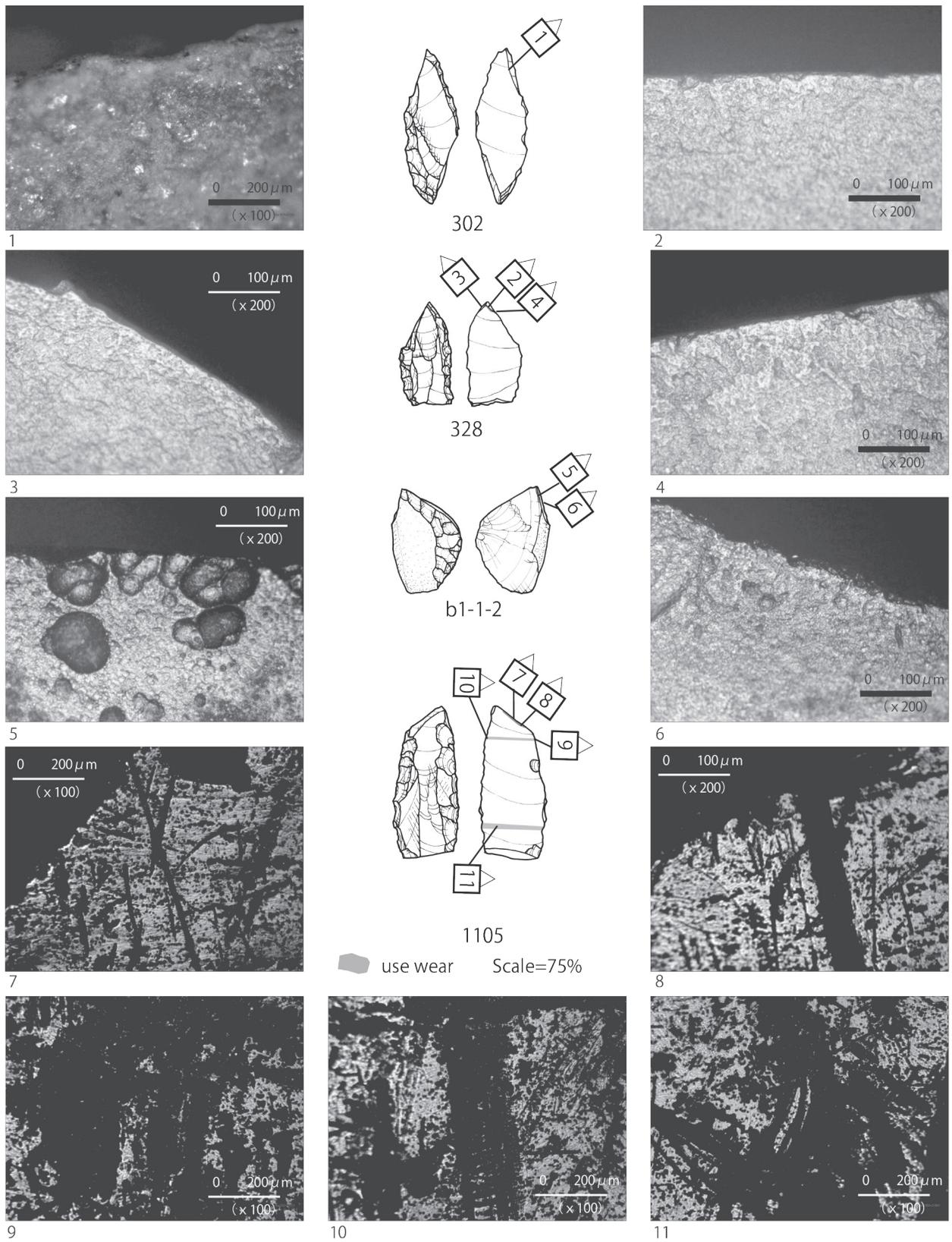


Fig.5 Use-wear on lithic tool at the Gorbatka 3 site.

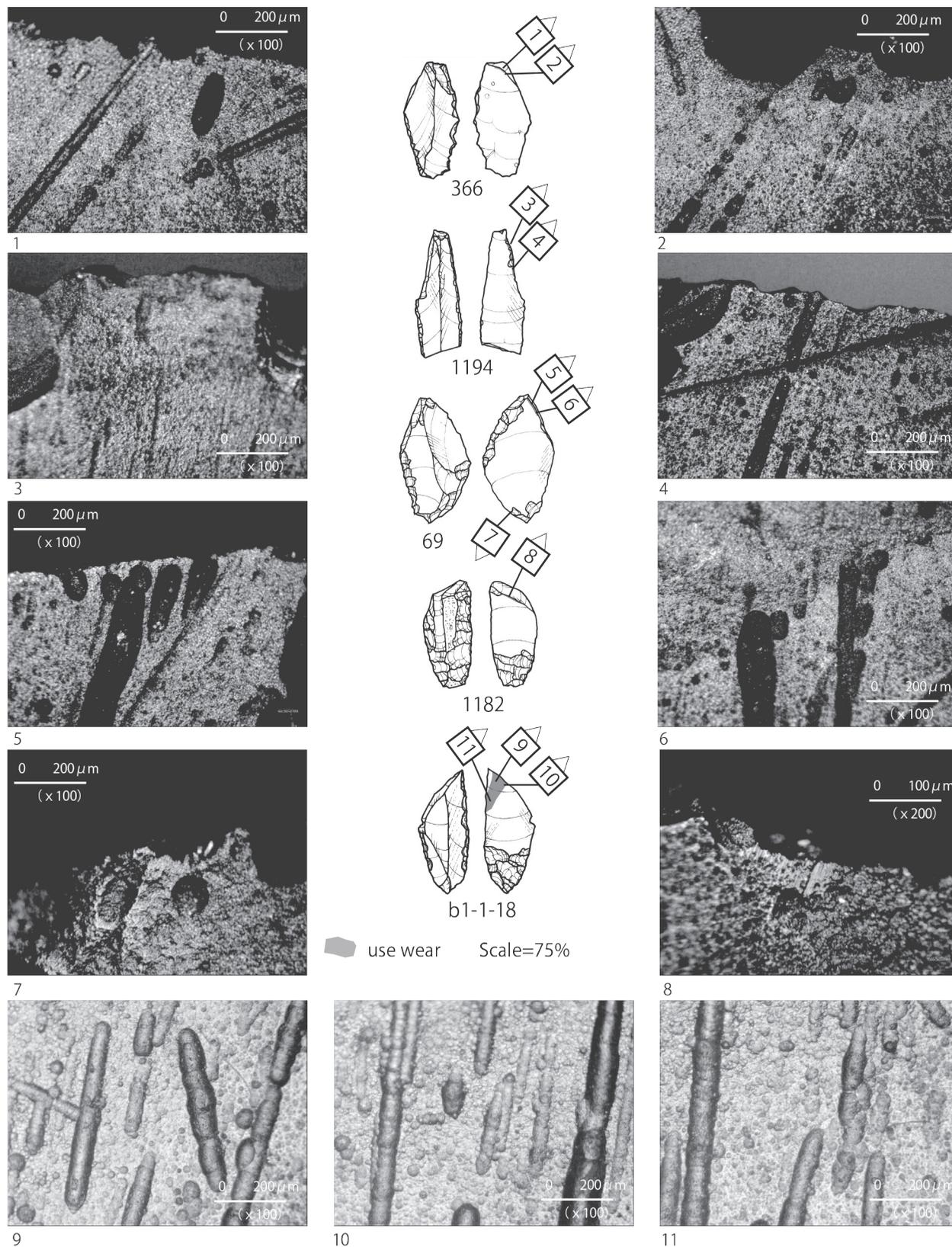


Fig.6 Use-wear on lithic tool at the Gorbatka 3 site.

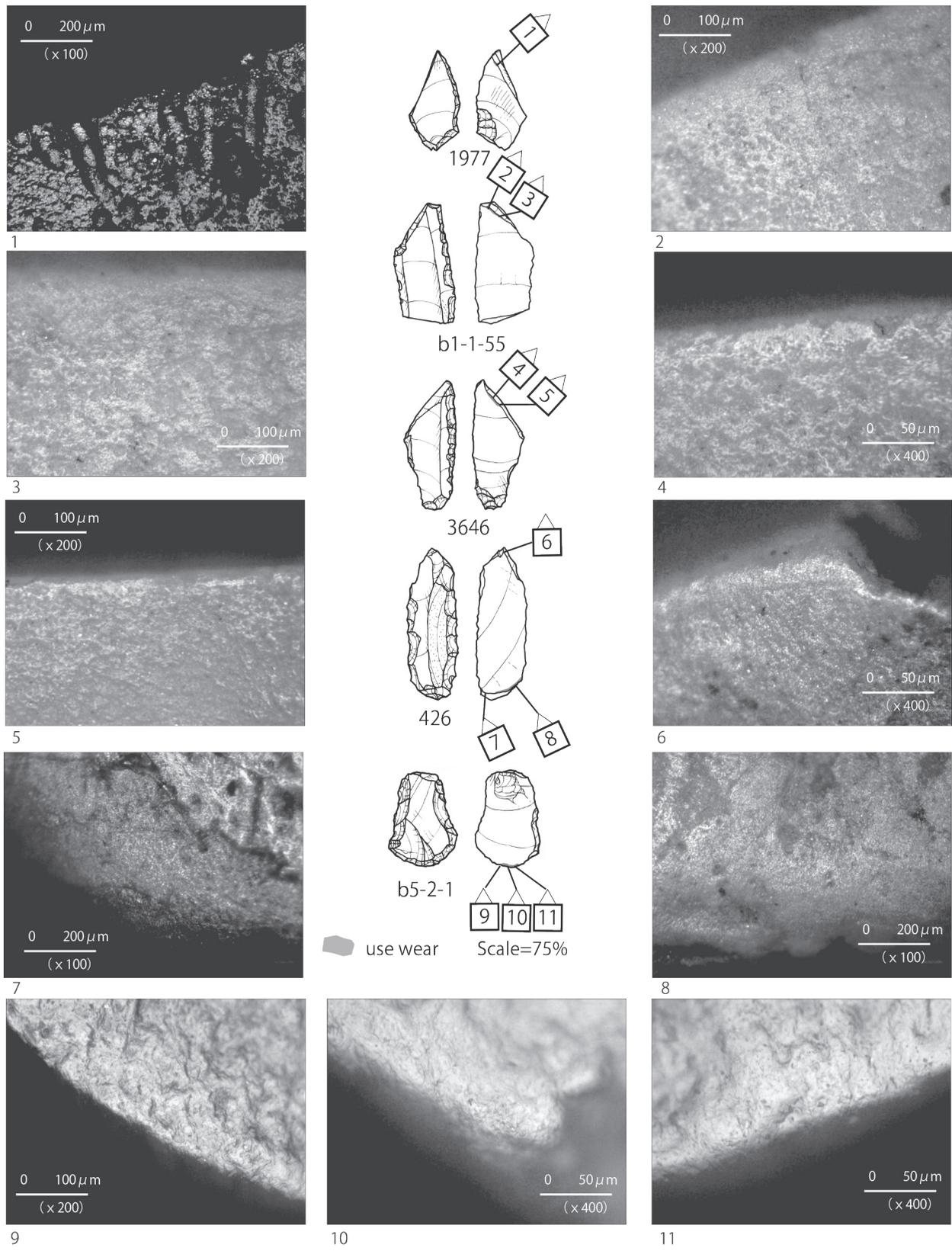


Fig.7 Use-wear on lithic tool at the Gorbatka 3 site.

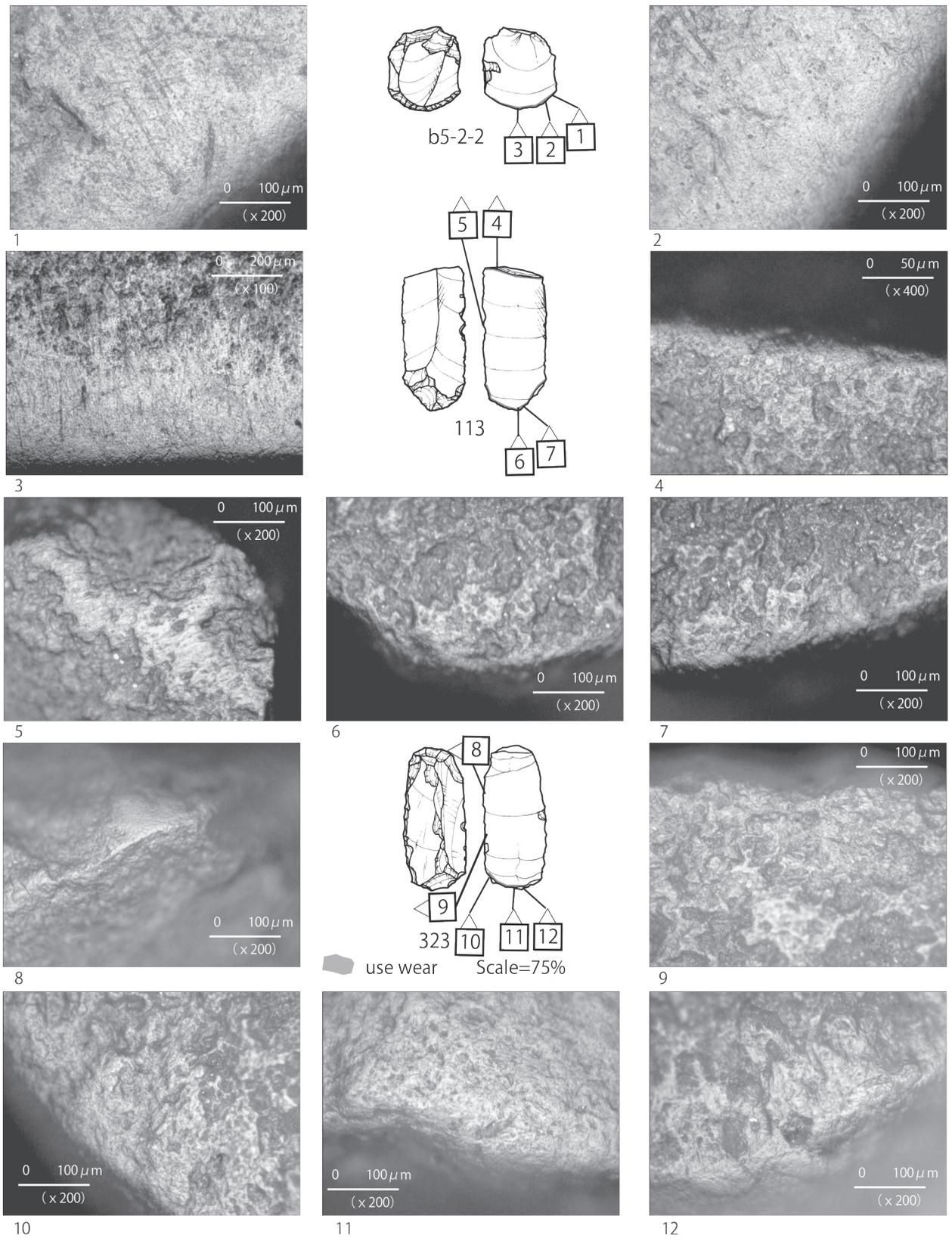


Fig.8 Use-wear on lithic tool at the Gorbatka 3 site.

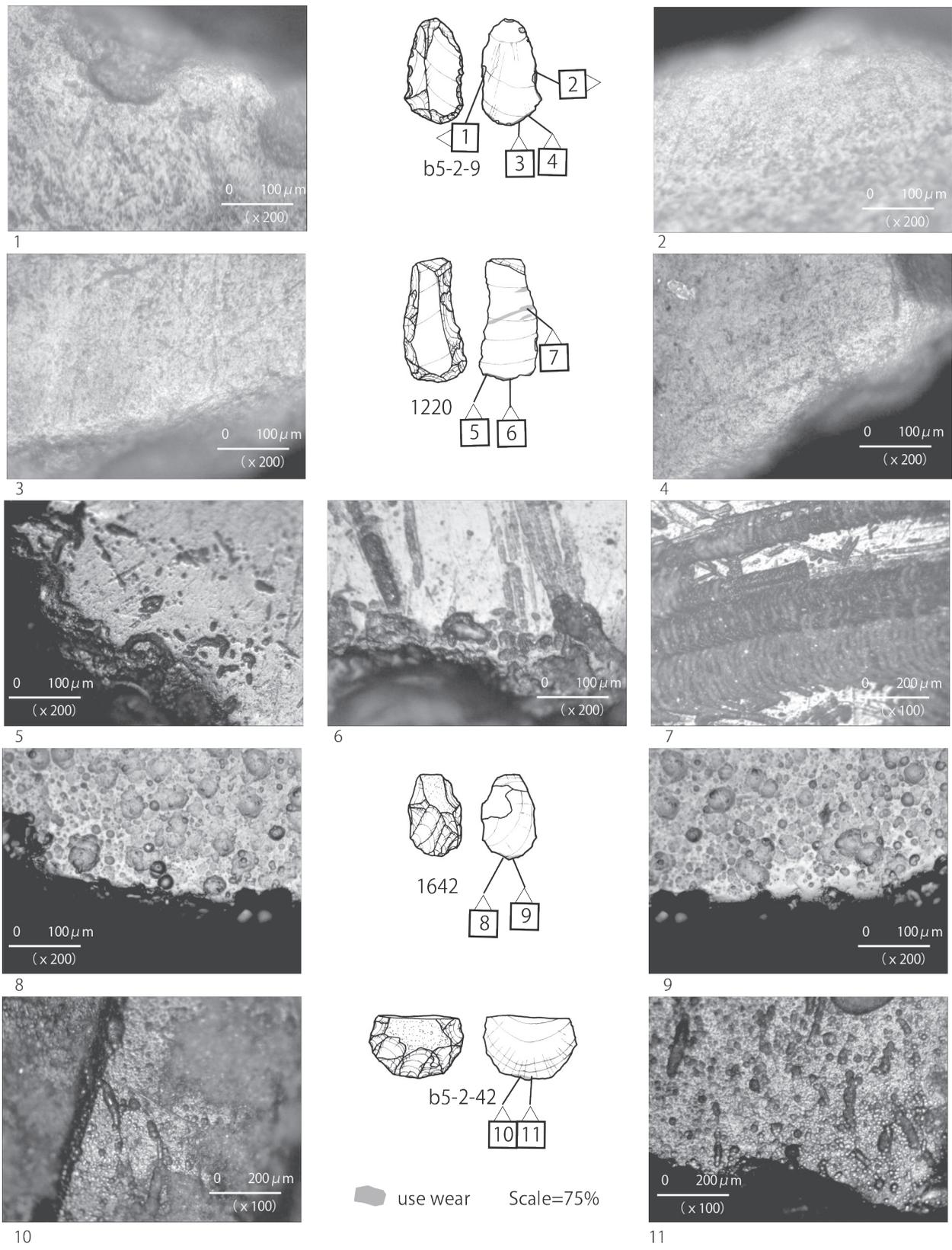


Fig.9 Use-wear on lithic tool at the Gorbatka 3 site.

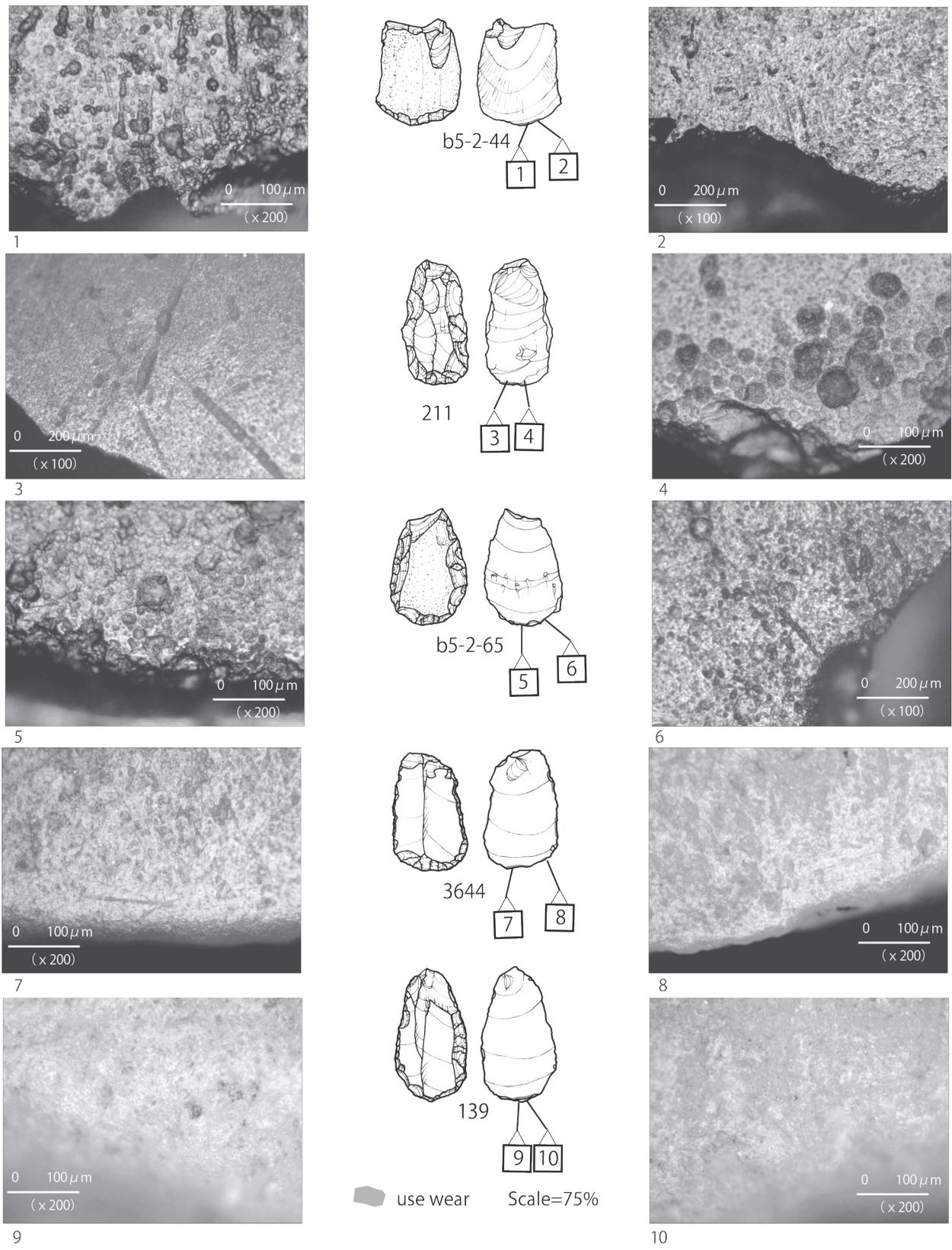


Fig.10 Use-wear on lithic tool at the Gorbatka 3 site.

wear polish is recognized accompanying these striations. It would be related to post-depositional effects and the use degree of each tool. A relatively apparent polish was found on the burin edge of no. 1182 (Fig. 6-8). Vertical and density striations were formed on the light and flat micro polish. This kind of polish is usually formed by the contact with a hard material such as bone/antler.

Use-wear on silicified tuff has similar characteristics. The distribution of polish was limited on the edge between the burin facet and the ventral face. Striations were basically vertical to the edge. The polish profile is principally flat with minute, dense striations (Figs. 7-2 to 7-5). These burins might have been used for planing bone/antler.

An end scraper with two burin facets was excavated from the Gorbatka 3 site. It is difficult to classify whether this was a burin or an end scraper. Despite the absence of use wear on the burin facets (Fig. 7-6), a well-developed polish with vertical striations was recognized on the distal end of the scraper edge (Figs. 7-7 and 7-8). Micro polish is characterized by the existence of numerous micro pits, a rough surface, and a round profile. This polish (the E2-type) has a strong relationship with dry hide working.

End scrapers were generally utilized for scraping hide. In case of end scrapers made from chert, silicified tuff, and chalcedony, the E2-type of micro polishes were situated on the distal end of scraper edges (Figs. 7-9 to 7-11, 8-1 to 8-12, 9-3, 9-4, 10-7 to 10-10). This polish type is generally caused by scraping dry hide. Abrasive wear and bright spots were occasionally formed on the base and the middle of lateral edges (Figs. 8-4 to 8-9, 9-1 and 9-2).

Vertical striations were often recognized on the use edge of obsidian end scrapers (Figs. 5-10, 5-11, 6-1 to 6-4). Striations were sometimes composed of continuous pits. Abrasive polish accompanying numerous pits were found on several end scrapers (Figs. 9-5, 9-6, 10-5 and 10-6). This is an E-type of polish that is basically caused by the contact with hide/leather. Round and bright polish is found on the edge of end scraper no. 1642 (Figs. 9-8 and 9-9). Since distribution of the polish is limited near the edge, and its border is clearly lined, this polish is regarded as a B-type, usually caused by woodworking. In addition, vertical and narrow striations in the polish on this scraper would be utilized for scraping wood. Wide and apparent striations were crossed on the base of some end scrapers (Fig. 9-7). Such traces would be caused by hafting activities.

47 microblade cores (56% of the total) also became objects of precise observation under a microscope. 15 of them were unsuitable for the analysis because of the post-depositional surface modification. 34 microblade cores have no use-wear on their expected use edges. That is to say, microblade cores weren't utilized basically and had a role limitedly for microblade manufacture.

7. Analyses at the Ilistaya 1 site

a. Technological analysis

In total, 1,406 lithic materials were selected from the Ilistaya 1 site for this study. The assemblage at the Ilistaya 1 site is as follows (Table 4): bifacial tools (N=36), bipolar cores (596), and microblade cores (72), microblade core preforms (15), cores (3), blades (11), microblades (41), boat-shaped tools (16), burins (52), burin spalls (22), end-scrapers (68), a pointed scraper (1), side scrapers (53), drills (4), flakes (179), pebbles (6), chunks (122), a perforated flake (1), a hammer stone (1), retouched flakes (16), first spalls (47), ski spalls (43) and an unifacial tool (1).

We observed 72 microblade cores and 15 microblade core preforms. Although microblade technologies in Ilistaya 1 were basically similar to those in Gorbatka 3 site, the Hirokato-type of microblade core was absent from this site.

Microblade cores were typologically composed of Horoka (N=20) (Figs. 23-9, 23-12, 24-1 and 24-2), Togeshita (N=3) (Figs. 23-1 and 23-4), wedge-shaped (N=12) (Figs. 23-2, 23-3, 23-5, 23-7, 23-8, 23-10 and 23-11), and simple flake blank (N=36). Although wedge-shaped microblade cores were regarded as cores made using the Yubetsu technique in some previous papers (Pantukhina 2007 etc.), we regarded it as one of the final shapes using Fukui technique known in Kyushu island around 15,000 calibration BP. We recognized retouching on the platform at the top of the microblade removal face and removal of core tablets to renew the platform on such cores.

Compared to the assemblage at the Gorbatka 3 site, there are larger number of bipolar cores, microblade core preforms, and microblade spalls (first and ski spalls). In contrast, the numbers of end scrapers and boat-shaped tools at Ilistaya 1 were smaller than those at the Gorbatka 3 site. It must be reflected by the difference in site function and/or distance from raw material sources.

Average size of end scraper is 35.9 mm in length, 24.5 mm in width and 8.68 mm in thickness (Figs. 19-14 to 19-16, 24-3 to 24-16). Average edge angle of end scraper is 70.3°. Average size of burin is 34.4 mm in length, 17.7 mm in width and 6.8 mm in thickness (Figs. 19-2, to 19-16, 24-17 to 24-19). Average edge angle between burin facet and ventral face is 98.3°.

b. Use-wear analysis

In total, 37 end scrapers, 22 burins, and a utilized retouched flake became objects of the analysis from a traceological viewpoint under a microscope at the Ilistaya 1 site. Then, 15 lithic tools (two end scrapers, 12 burins, and a retouched flake) with use-wear were recognized. Therefore, the most utilized tool was the burin at this site (use rate = 48%). Despite the discovery of numerous end scrapers, they

Table 4 Lithic assemblage at the Ilistaya 1 site

Tool type	Bipolar core	Flake	Chunk	Microblade core	End scraper	Side scraper	Burin	First spall	Ski spall	Micro blade	Biface	Burin spall	Boat shaped tool	Retouched flake	Microblade core perform	Blade	Bifacial point	Pebble	Bifacial point preform
Ilistaya1	596	176	122	72	68	53	52	47	43	41	23	22	16	16	15	11	6	6	6

Tool type	Drill	Core	Retouch flake from MC	Bifacial tool	Hammer stone	Perforated flake	Pointed scraper	Unifacial tool	Total
Ilistaya1	4	3	3	1	1	1	1	1	1406

Table 5 Use wear of lithic tools at the Ilistaya 1 site

Tool type	Artifact no.	Raw material	Location of facet	Independent use zone	Polish	Striation	Microflaking	Use degree	Figure
burin	B5-1-1	green siliceous tuff	left	burin facet	?bone/antler	vertical	-	light	11-5,6
	B5-1-5	chert	left	burin facet	bone/antler	vertical	-	light	11-1
	B5-1-6	green siliceous tuff	left	burin facet	?bone/antler	vertical	-	light	11-7,8
	B5-1-7	chert	left	tip of burin facet	bone/antler	parallel	-	heavy	11-2,3,4
	B5-1-8	obsidian	left	burin facet	-	vertical	-	light	12-1,2
	B5-1-9	obsidian	left	burin facet	-	vertical	-	heavy	12-3,4
	B5-1-10	obsidian	left	burin facet	-	vertical	-	light	12-5,6,7,8
	B5-1-11	obsidian	left	burin facet	-	vertical	-	light	12-9,10
	B5-1-13	obsidian	right	burin facet	-	vertical	-	light	13-1,2
	B5-1-14	obsidian	right	burin facet	-	vertical	-	light	13-3,4
	B5-1-15	obsidian	right	burin facet	-	vertical	-	light	13-5,6
	B1-2-22	jasper	left	burin facet	?bone/antler	vertical	-	light	11-9,10
end scraper	B4-3-31	obsidian	-	scraper edge	hide	vertical	+	light	13-9,10
	B4-3-33	chert	-	scraper edge	dry hide	vertical	-	light	13-7,8
retouched flake	B4-5-1	agate	-	broken face like burin facet	wood	vertical	-	light	14-1,2,3,4

were seldom used in the site (use rate = 5.4%). Compared with the Gorbatka 3 site, the absence of end scraper utilization is the most apparent feature at the Ilistaya 1 site.

Figure 11 shows use traces of burins made of chert, green siliceous tuff, and jasper. It is possible to distinguish the micro-polish type on the burins made from these raw materials. Use-wear polish is commonly flat and bright with vertical and narrow striations (Figs. 11-1, 11-5 to 11-10). They would be used for whittling/planing bone/antler. A burin with a sharp edge of burin facet was utilized for cutting/sawing bone/antler (Figs. 11-3 and 11-4).

Figure 12 shows use wear on obsidian burins at the

Ilistaya 1 site. In the case of obsidian, micro-polish is not apparent because of post-depositional effects and developed striations. Vertical striations were commonly observed on the edge between the burin facet and the ventral face (Figs. 12-2 to 12-10, 13-1 to 13-6). Micro-polish was recognized to a limited extent on the edge of a better condition (Fig. 12-1). Hafting traces as wide striations and abrasion were occasionally formed on the base of the burin (Fig.12-8).

The E2-type of polish was recognized on the use edge of an end scraper (Figs. 13-7 and 13-8). This would have been used for scraping dry hide. Vertical striations were formed on the edge of an obsidian end scraper (Figs. 13-9 and 13-

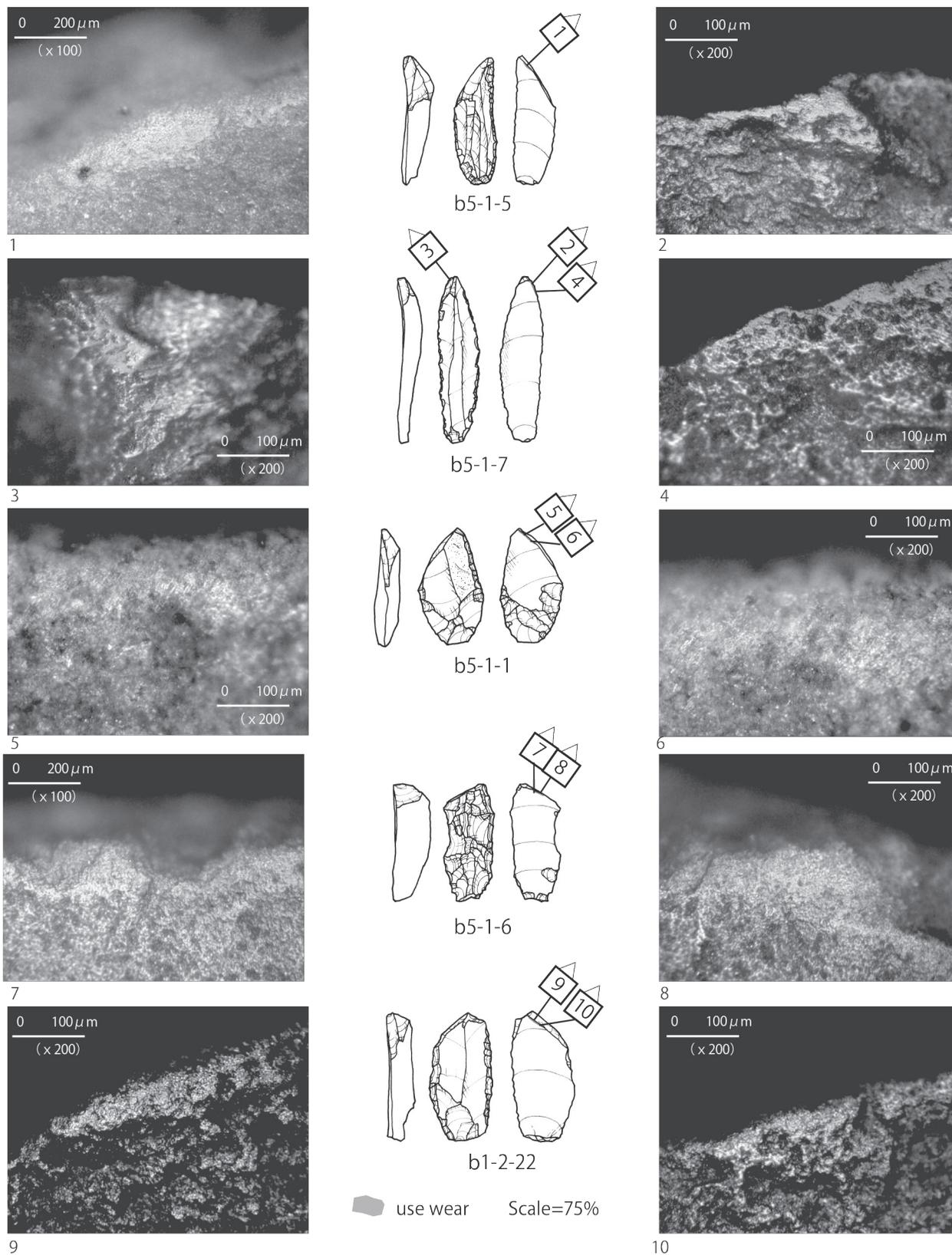


Fig.11 Use-wear on lithic tool at the Ilistaya 1 site.

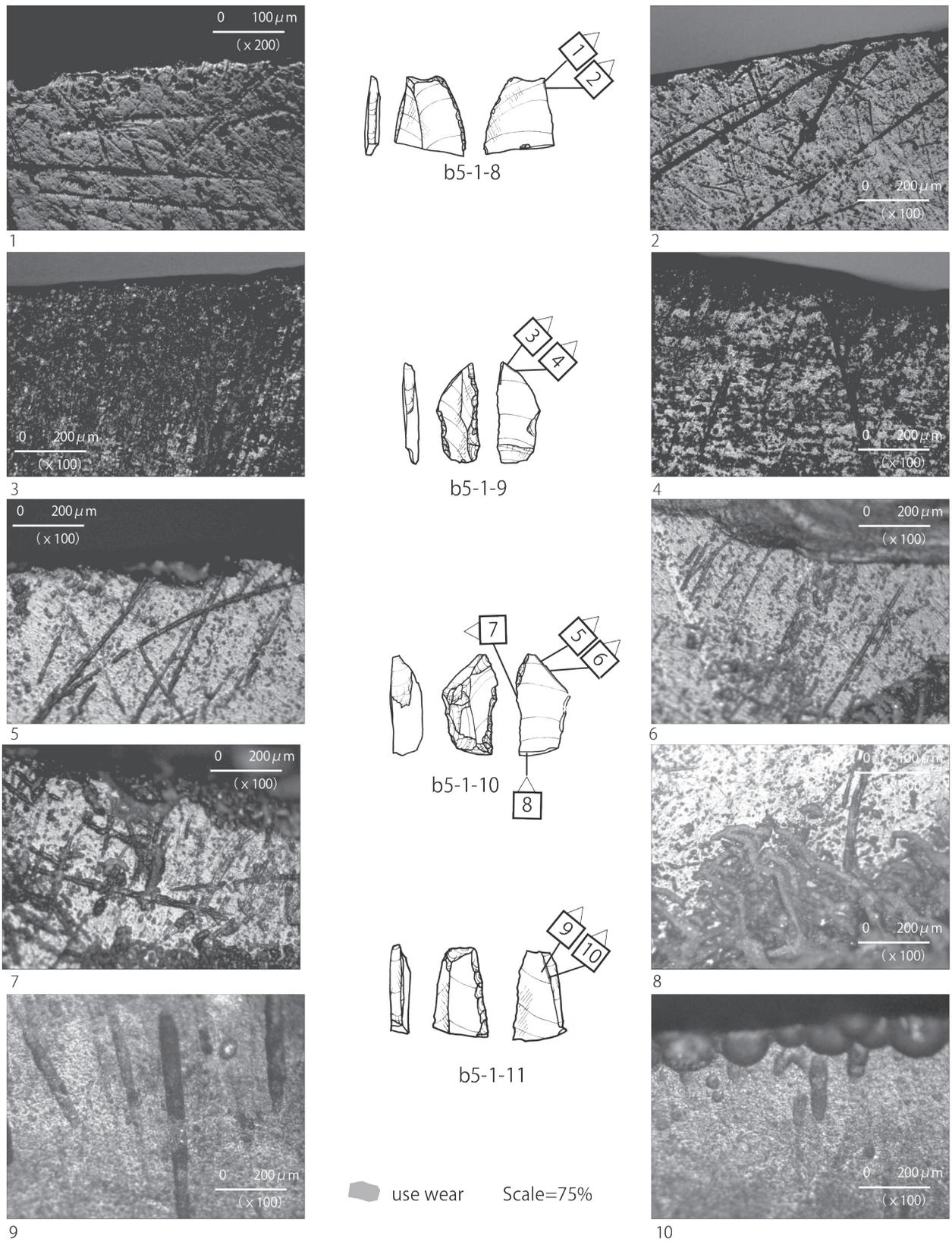


Fig.12 Use-wear on lithic tool at the Ilistaya 1 site.

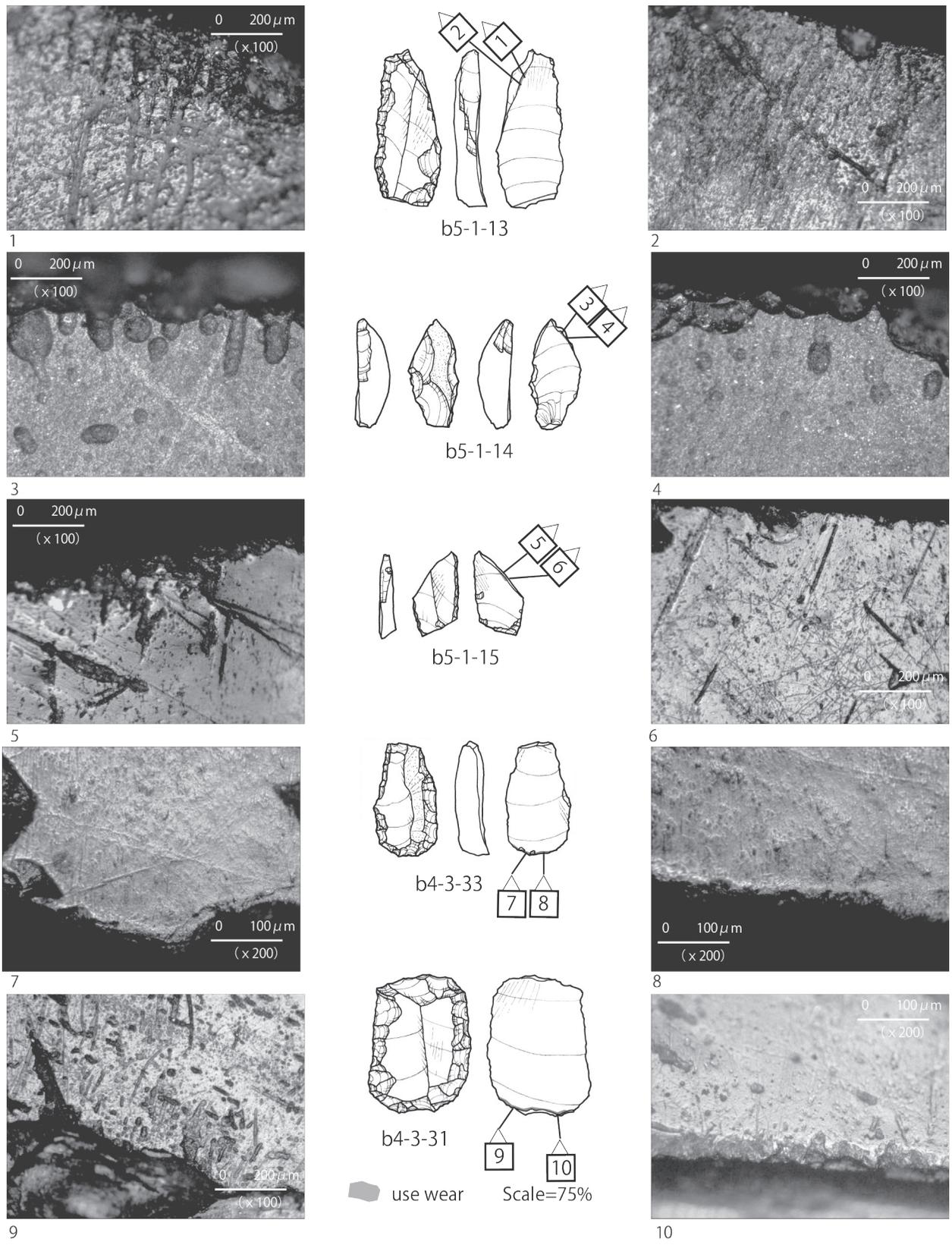


Fig.13 Use-wear on lithic tool at the Ilistaya 1 site.

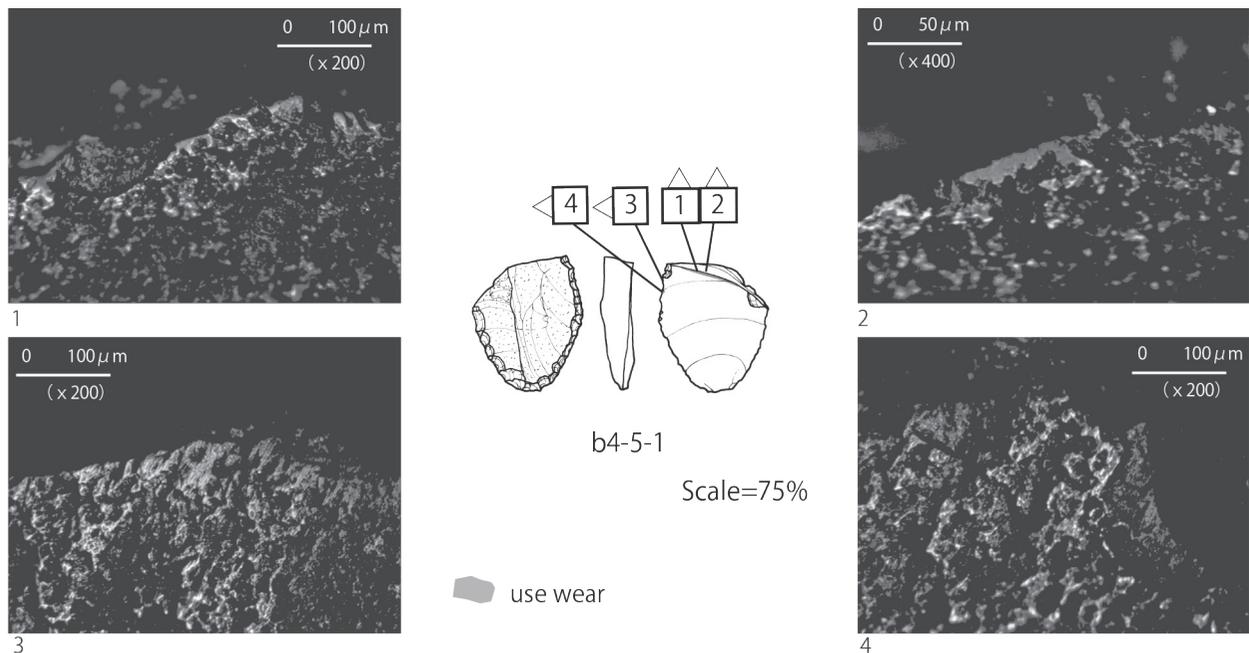


Fig. 14 Use-wear on lithic tool at the Ilistaya 1 site.

10). This was also used for scraping activity.

A retouched flake has a broken face like a burin facet. Since this edge has a B-type polish (Figs. 14-1 and 14-2), this would have been used for planing wood. The other edge with retouch has a D1-type polish with vertical striations. This edge would be used for whittling/planing bone/antler. This was a multi-function tool.

8. Considerations

Technological approaches at these sites presented us with some criteria to distinguish between microblade cores (of the Hirosato and Tougeshita-types) and burins. When a blank is a flake or blade, they sometimes have similar morphological characteristics (Fig. 15). The angle between the ventral face and the burin facet (microblade removal face, in the case of a microblade core) is one of the most important criteria. The average angle of the microblade core is 135.5° and that of the burin is 97.9° at the Gorbatka 3 site. The edge angle of burins at Ilistaya 1 site is 98.3° on average. The second criterion is the position of the burin facet and the microblade removal face. The facet of the burin is situated on the left shoulder of a blank flake/blade. In contrast, the microblade removal face is basically located on the right shoulder of the blank flake/blade. From a functional aspect, there is no use-wear on the microblade removal face. Traces of use are found a half of burin facets.

Short and thick flakes were used for the microblade core and end scraper blanks. Since both the scraper edge and

the microblade removal face are situated on the distal end of the blank, it is sometimes difficult to distinguish between the microblade core (Horoka-type) and the end scraper. From a technological aspect, microblades were removed by the pressure technique, and end scraper edges were retouched by direct percussion with organic hummers. The angle between the microblade removal face and the ventral face of a blank flake is about 50° on average. In contrast, the edge angle of end scrapers is around 70° on average. Functionally, there is no use-wear on the edge of microblade cores. More than a half of the use edges of end scrapers have use-wear. Through these approaches, microblade cores, burins, and end scrapers were correctly categorized.

Regarding site functions, the use of end scrapers distinguishes these two sites. There were more than twice the number of end scrapers at Gorbatka 3 (N=180) than at the Ilistaya 1 site (N=68). In addition, 60% of the end scrapers were utilized for hide scraping at Gorbatka 3, although 5.4% of end scrapers had use-wear at the Ilistaya 1 site. Therefore, the hide scraping needed for longer stable settlements was chiefly carried out at the Gorbatka 3 site. Ten times more boat-shaped tools were discovered at Gorbatka 3 than at Ilistaya 1 (Fig. 24-22). They may be used as blanks for end scrapers in some cases. In lithic assemblage, bipolar cores and microblade spalls were mainly excavated from the Ilistaya 1 site, not from Gorbatka 3 (Figs. 24-21, 24-23 and 24-24). These differences characterize the site functions of the sites. Burins were commonly used for bone/antler planing/whittling at both

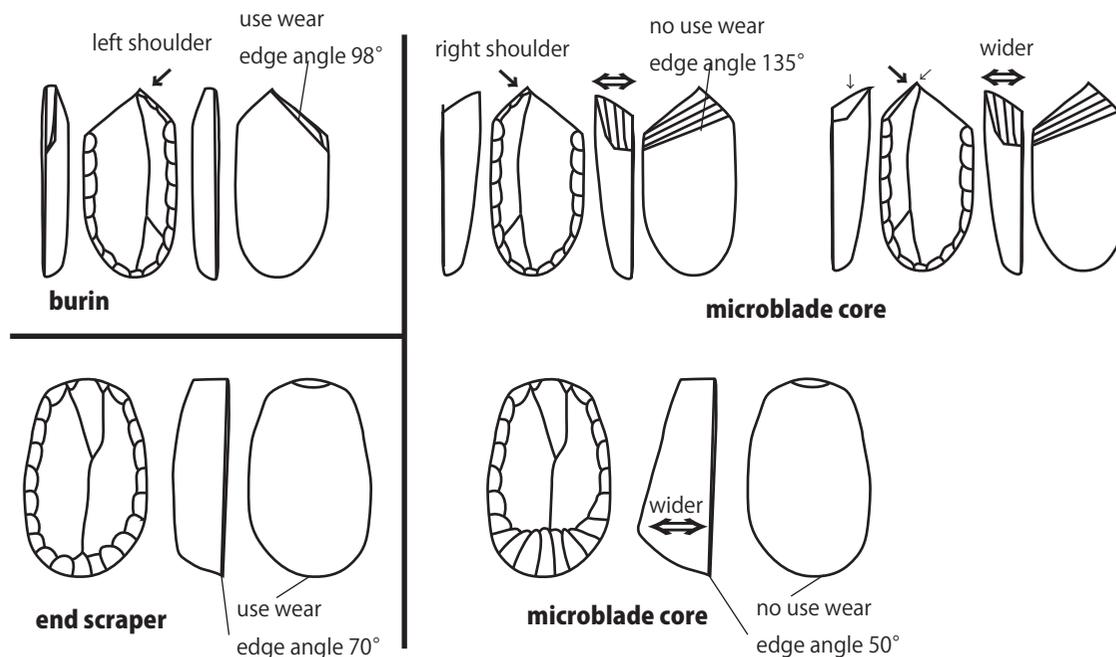


Fig.15 Characteristics of burins, end scrapers and microblade cores

sites. Microblade removal and bone/antler tool manufacture coexisted because of composite tool production. This activity was organized as a basic component in their subsistence technology and hunting strategy.

Acknowledgement

We would like to express our sincere appreciation to Dr. A. N. Popov (Far Eastern Federal University) for unique opportunity to observe the collections of artefacts at the Archaeology Laboratory in Far Eastern Federal University. Special thanks are due to our Russian colleagues, B. V. Lazin and M. K. Rudenko (Far Eastern Federal University). Researches were supported by Grant-in Aid for Scientific Research from the Japan Society for the Promotion of Science (No. 16KK0020) and Research Funds for DIARE (Division for Interdisciplinary Advanced Research and

Education) doctoral course students, Tohoku University.

References

- Akoshima K. and H. Hong 2017 Standard use-wear chart of TUMRT (3): Microwear Polish (1). *Bulletin of the Tohoku University Museum*, no. 16, pp. 69-86
- Akoshima K. and H. Hong 2018 Standard use-wear chart of TUMRT (4): Microwear Polish (2). *Bulletin of the Tohoku University Museum*, no. 17, pp. 115-138
- Kuznetsov A.M. 1992 *Late Palaeolithic of the East-Southern Primorye* (in Russian). Vladivostok Far Eastern University Press
- Kuznetsov A. M. 1996 Late Palaeolithic sites of the Russian Maritime Province Primorye. *American Beginnings: Prehistory and Palaeoecology of Beringia*. (edited by F. H. West) pp.267-282 The University of Chicago Press.
- Pantukhina I. 2007 The Role of Raw Material in Microblade Technology at Three Late Palaeolithic Sites, Russian Far East. *Indo-Pacific Prehistory Association Bulletin*, 27, pp. 144-153

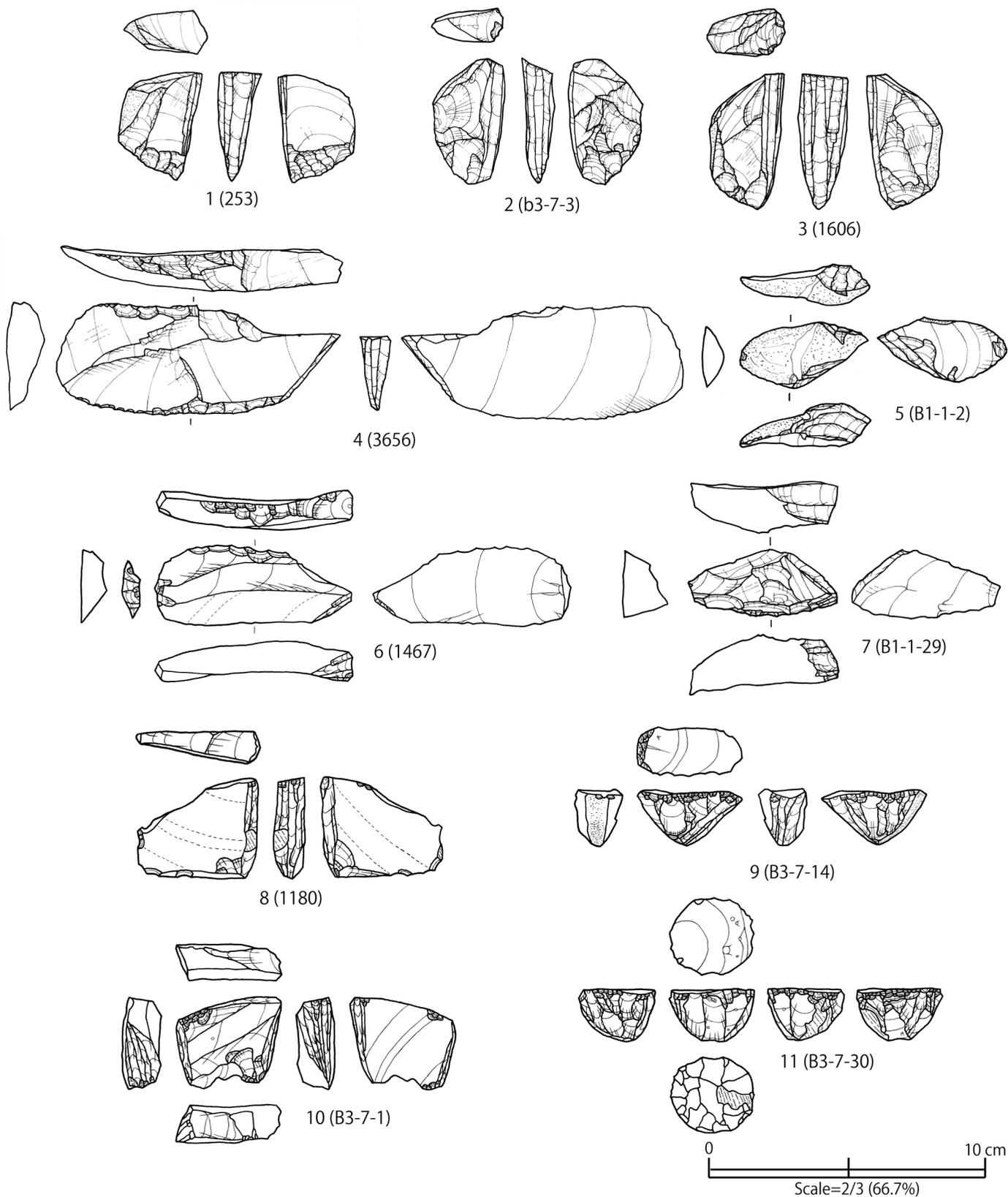


Fig. 16 Lithic tools excavated from the Gorbatka 3 site

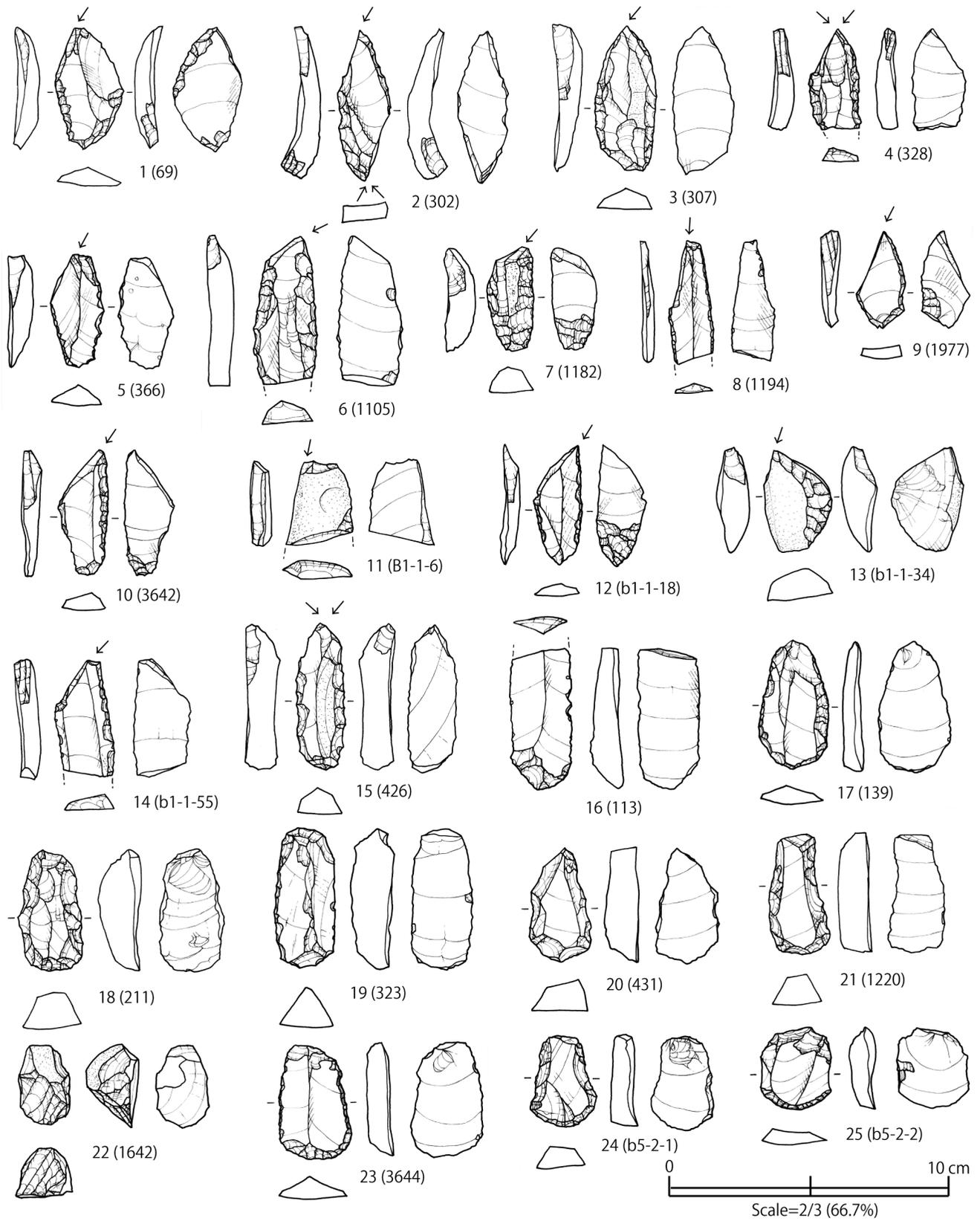


Fig. 17 Lithic tools excavated from the Gorbatka 3 site

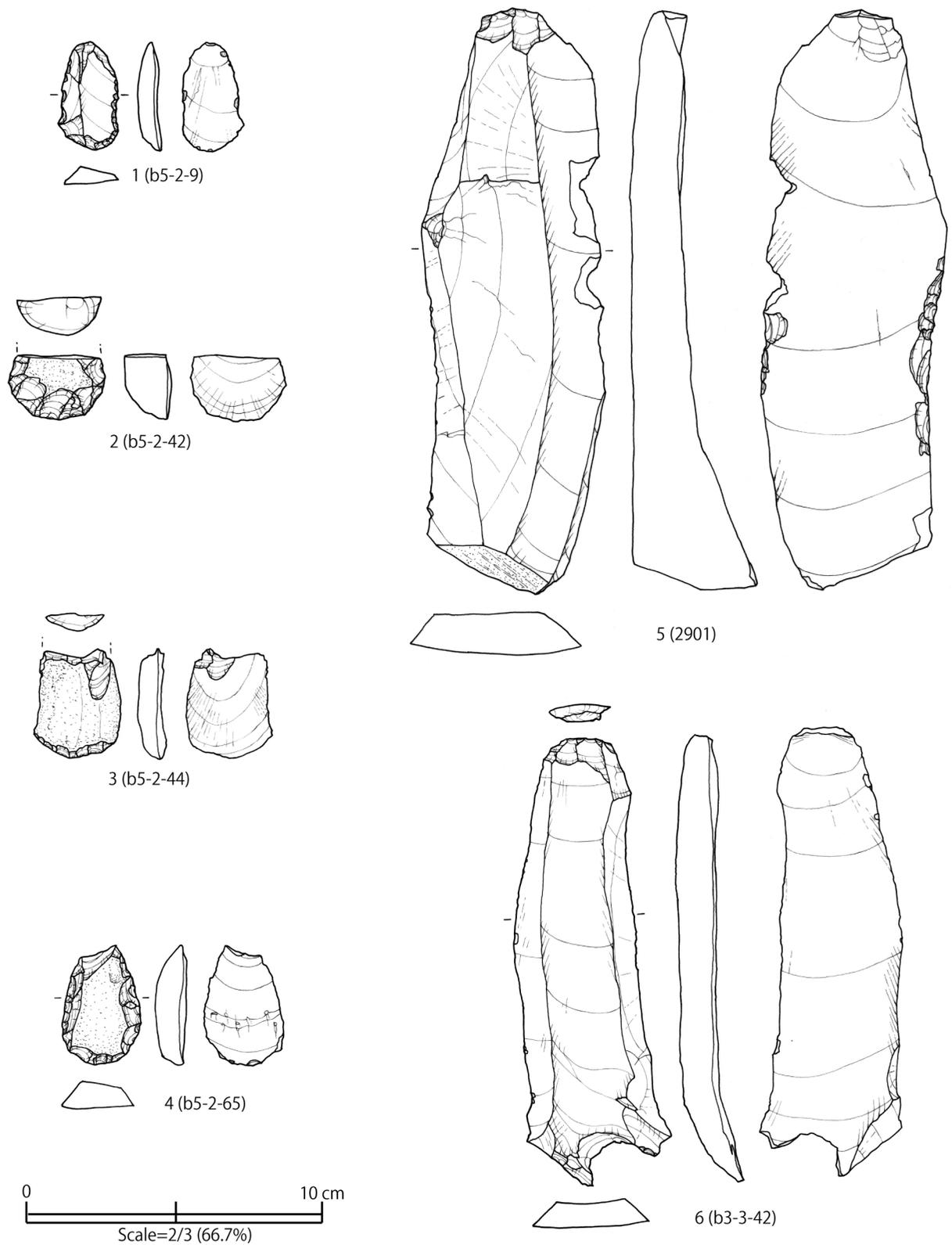


Fig. 18 Lithic tools excavated from the Gorbatka 3 site

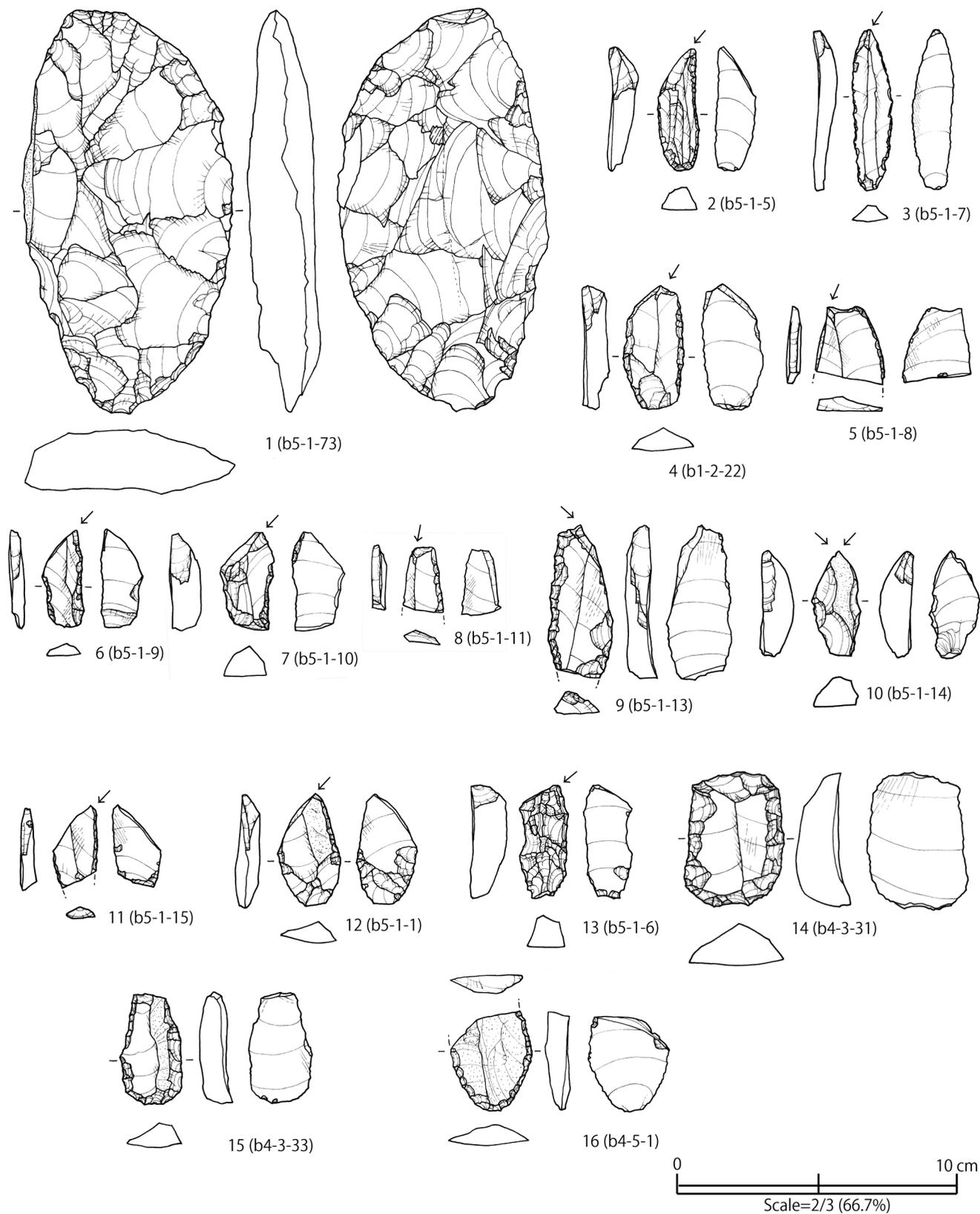


Fig. 19 Lithic tools excavated from the Ilistaya 1 site

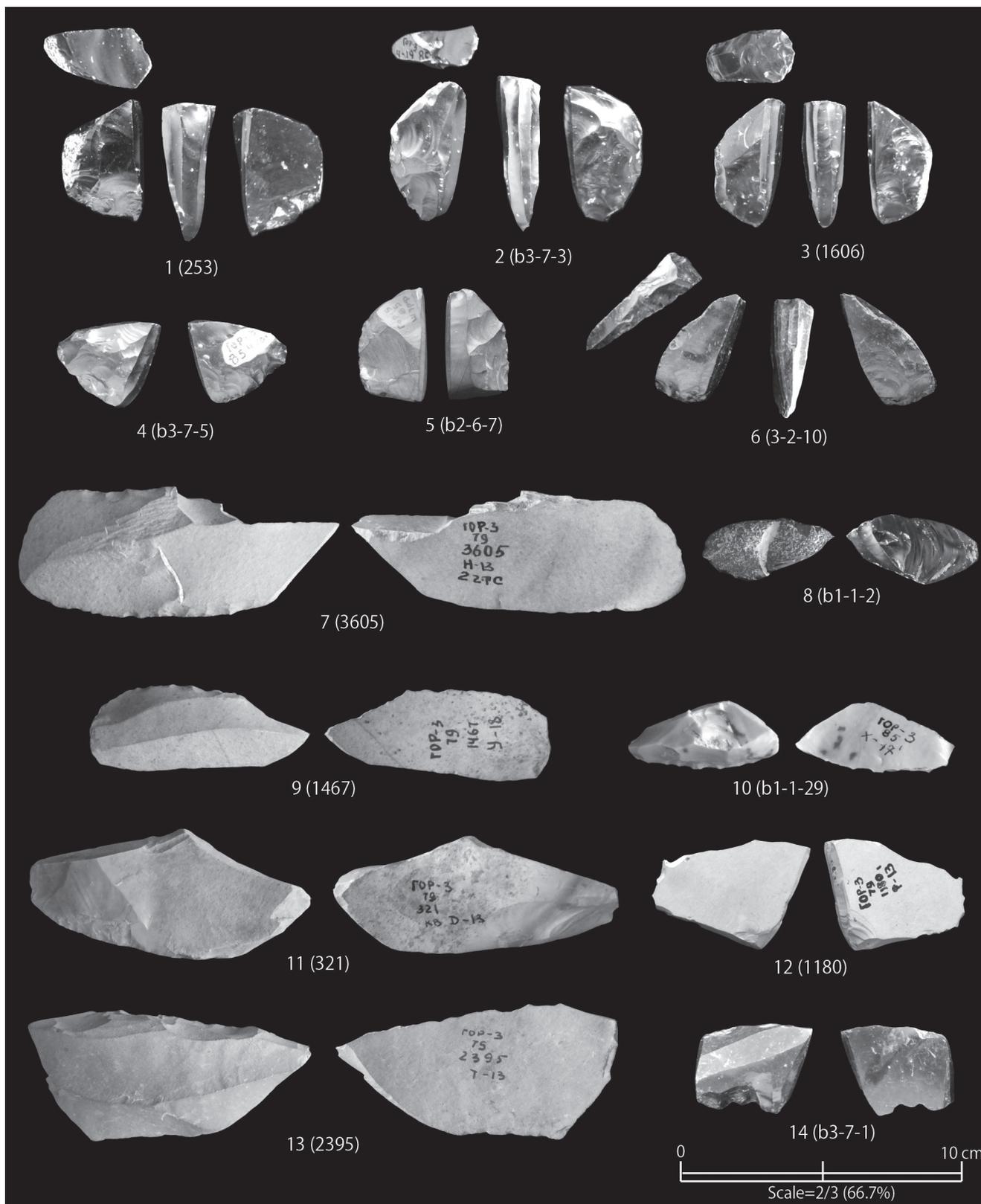


Fig. 20 Lithic tools excavated from the Gorbatka 3 site

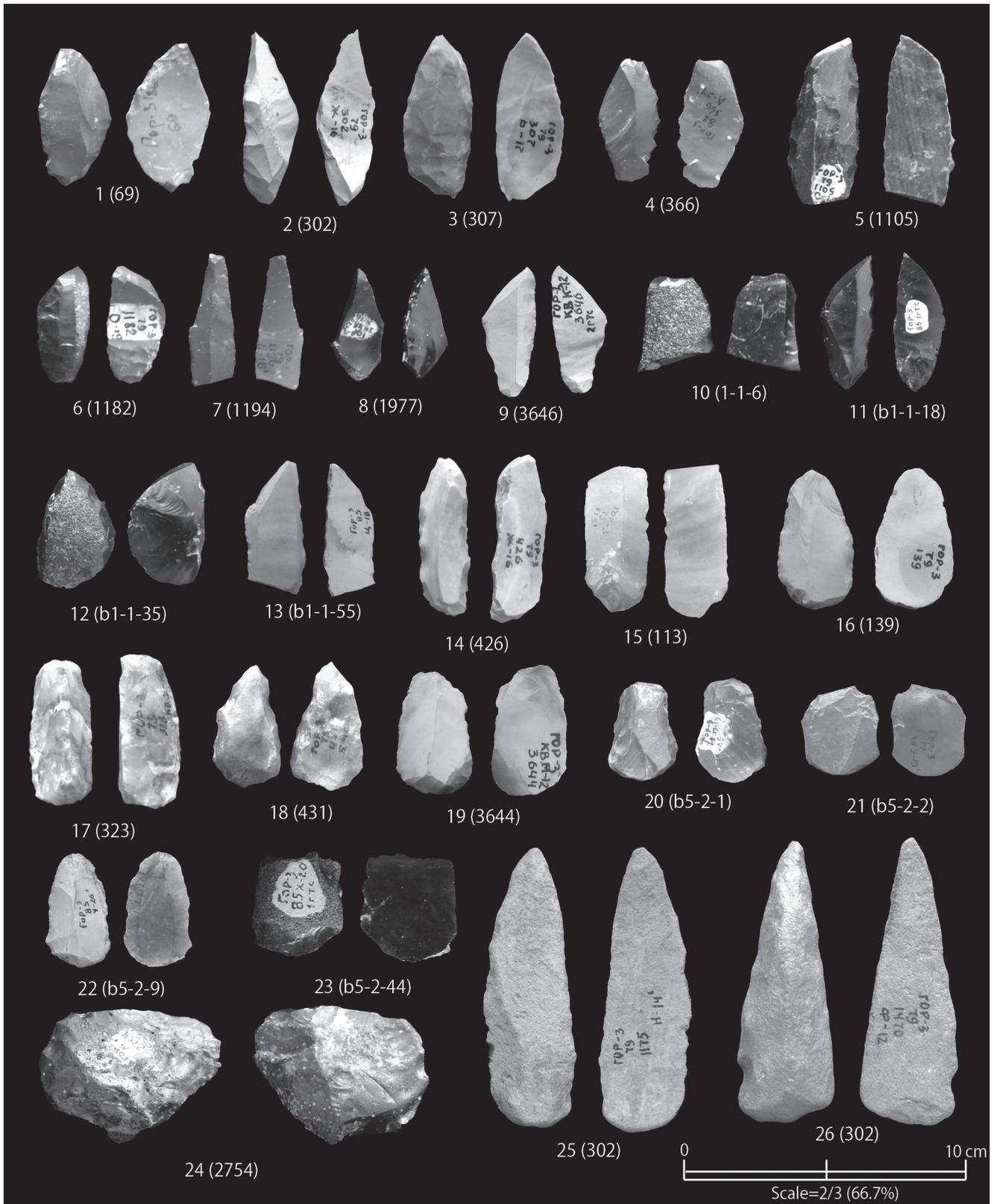


Fig. 21 Lithic tools excavated from the Gorbatka 3 site

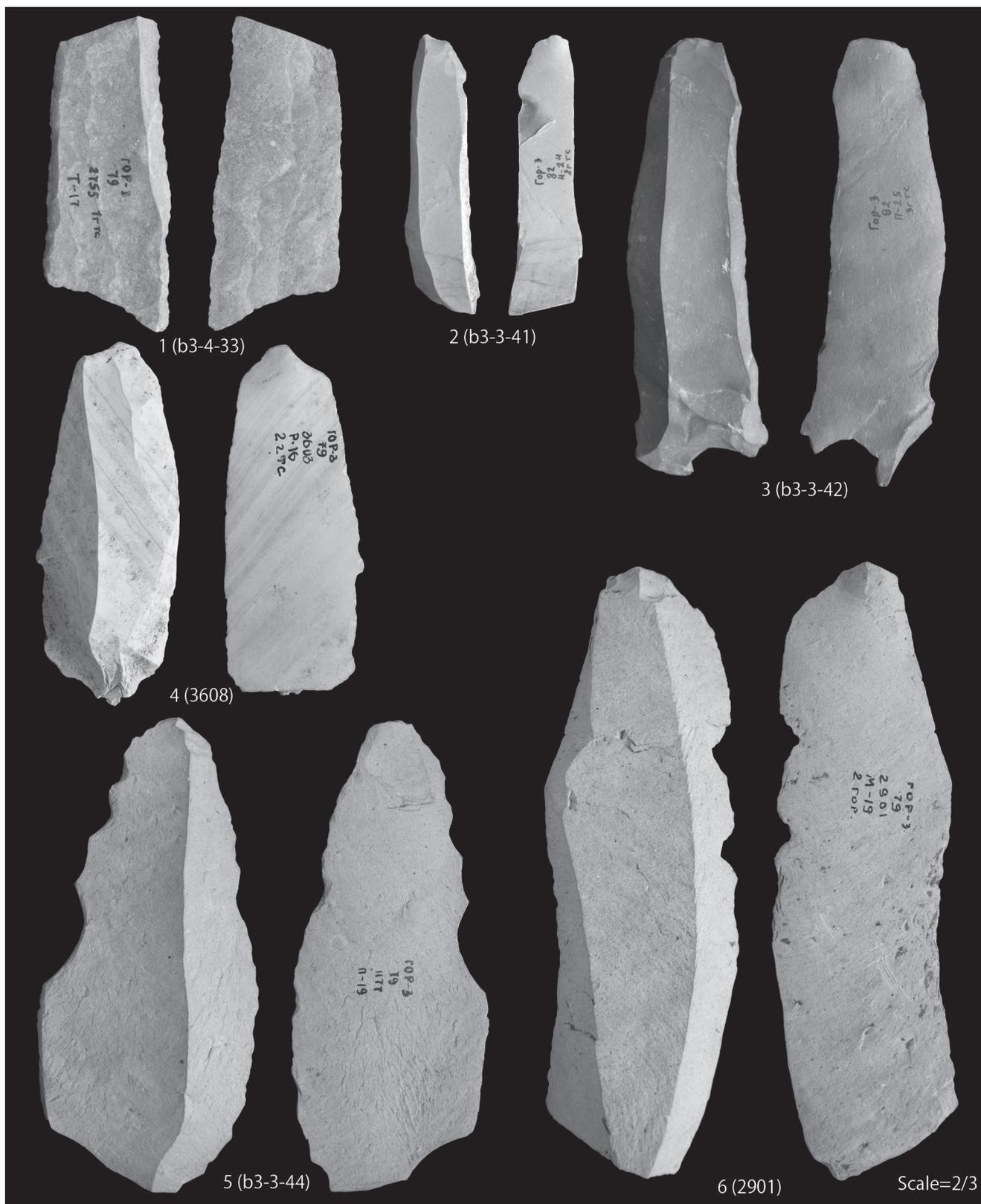


Fig. 22 Lithic tools excavated from the Gorbatka 3 site

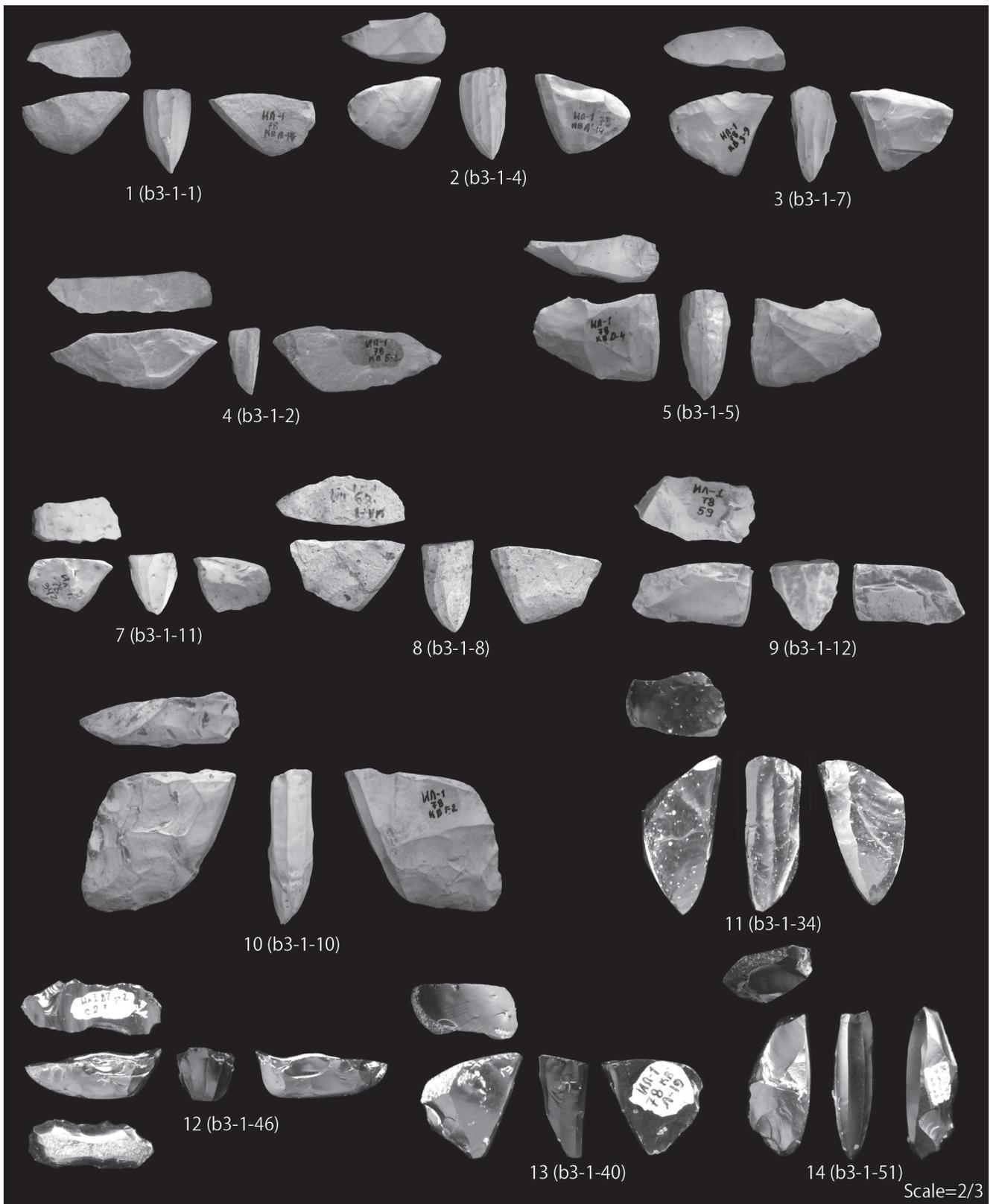


Fig. 23 Lithic tools excavated from the Ilistaya 1 site

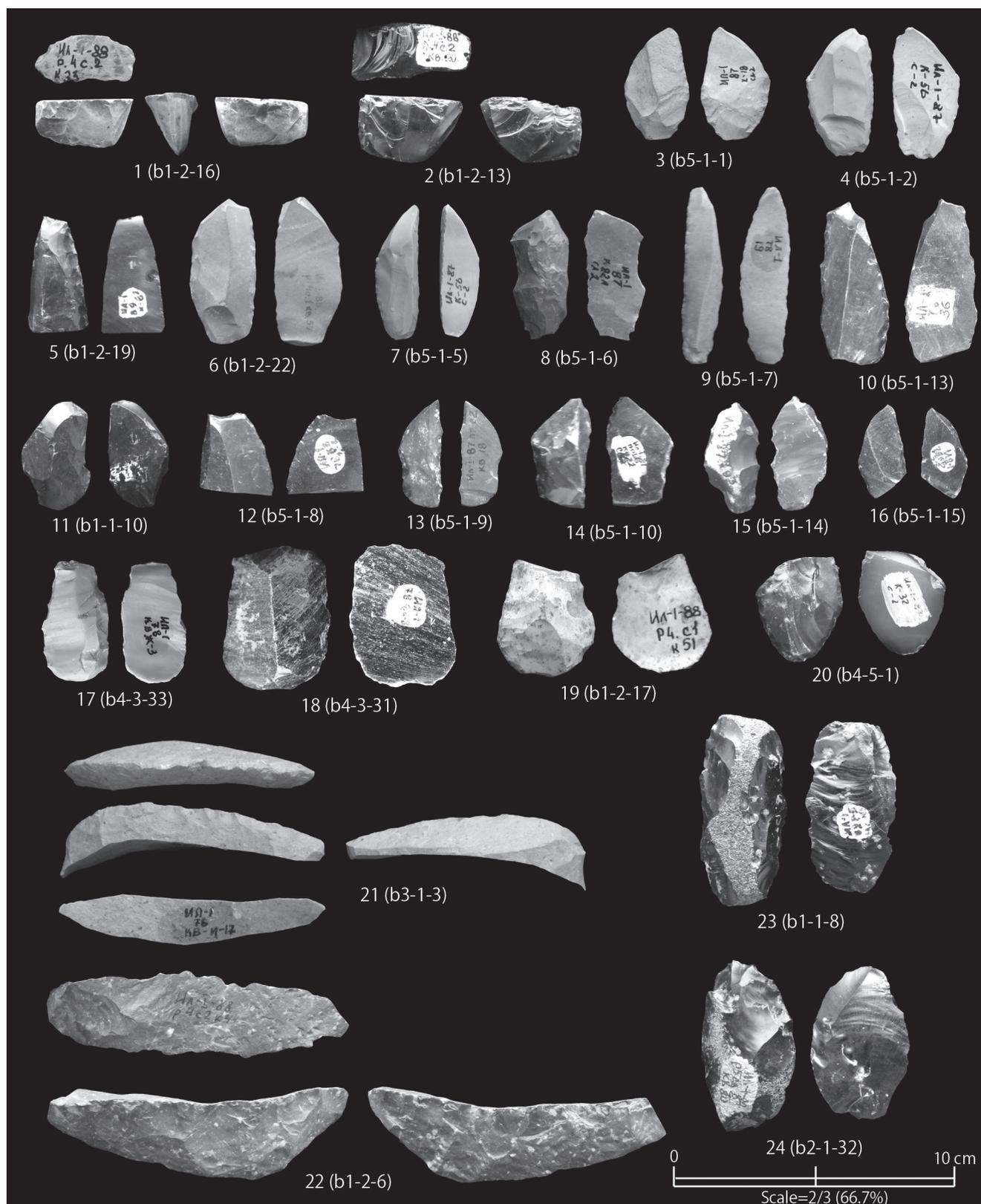


Fig. 24 Lithic tools excavated from the Ilistaya 1 site

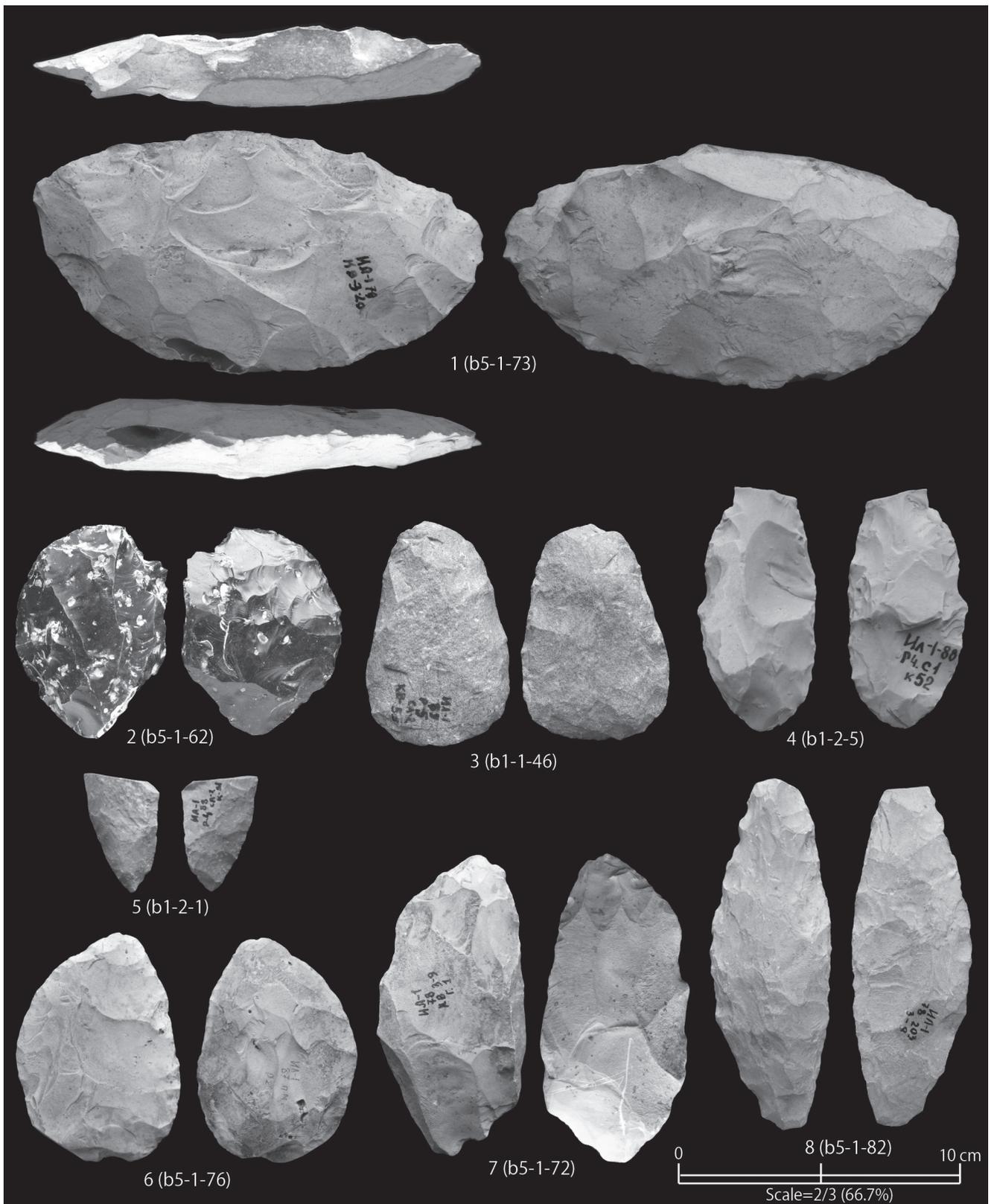


Fig. 25 Lithic tools excavated from the Ilistaya 1 site

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。