

# THE UPPER PALAEOLITHIC OF THE JAPANESE ISLANDS: AN OVERVIEW

## A JAPÁN SZIGETEK FELSŐ PALEOLITIKUMA: RÖVID ÁTTEKINTÉS

AKIRA ONO & MASAYOSHI YAMADA

Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

E-mail: [onoak@meiji.ac.jp](mailto:onoak@meiji.ac.jp)

### **Abstract**

*This paper focuses on general outline of the Upper Palaeolithic in the Japanese Islands with an introduction of characteristic features of early use of obsidian in the early Upper Palaeolithic. A brief historical sketch of archaeological heritage management and chronological summaries of human history developed in the Islands from the Palaeolithic through to the foundation of ancient state periods also introduced for better understanding of background of Japanese archaeology. The time range of the Upper Palaeolithic in the Islands estimated as ca. 40ka to 16ka by calibrated radiocarbon dates. The emergence of pottery in Japanese Islands date back as early as in ca. 15ka, therefore, incipient Jomon period began within the Late Glacial. Obsidian procurement in the early Upper Palaeolithic emerged in ca. 38,000 cal BP. The beginning of obsidian procurement evaluated as one of the indication of concrete evidence of modern human dispersal to the Japanese Islands from the Asian mainland through Korean Peninsula, with Edge-ground stone adzes. These two elements of cultural phenomena indicate an independent creation caused by modern humans.*

### **Kivonat**

Ez a tanulmány a Japán-szigetek felső paleolitikumát foglalja össze, különös tekintettel az obszidián korai felhasználására a felső paleolitikum elején. Röviden áttekintjük a régészeti örökség kutatásával és megőrzésével kapcsolatos tevékenység jellemzőit a paleolitikumtól a történeti periódusokig, hogy jobban be tudjuk mutatni a japán régészeti kutatások hátterét. A felső paleolitikum időbeli határait a Japán-szigeteken kb. 40 000 és 16 000 közé tehetjük a kalibrált radiokarbon adatok szerint. A kerámia megjelenése a Japán-szigeteken igen korai, kb. 15 000 évre datálható, azaz a korai Jomon periódus a kései jégkorszakban megkezdődik. Az obszidián felhasználása a korai felső paleolitikumban már megfigyelhető, kb. 38 000 cal BP-re keltezhetően. Az obszidián felhasználás kezdeteit az egyik olyan jelenségként értelmezhetjük, ami a szigetek korai benépesedését bizonyítja. A Japán-szigetek benépesedése az ázsiai szárazföld felől a Koreai-félsziget irányából történt. A korai felső paleolitikum jellemző eszközei az élükön csiszolt kőbalták is. Ez a két jelenség a modern ember sajátos, önálló kulturális fejlődését bizonyítja a Japán-szigeteken.

KEYWORDS: HERITAGE MANAGEMENT, JAPANESE ISLANDS, UPPER PALAEOLITHIC, OBSIDIAN, MODERN HUMAN DISPERSAL

KULCSSZAVAK: ÖRÖKSÉGVÉDELEM, JAPÁN SZIGETEK, FELSŐ PALEOLITIKUM, OBSZIDIÁN, MODERN EMBER

### **Introduction**

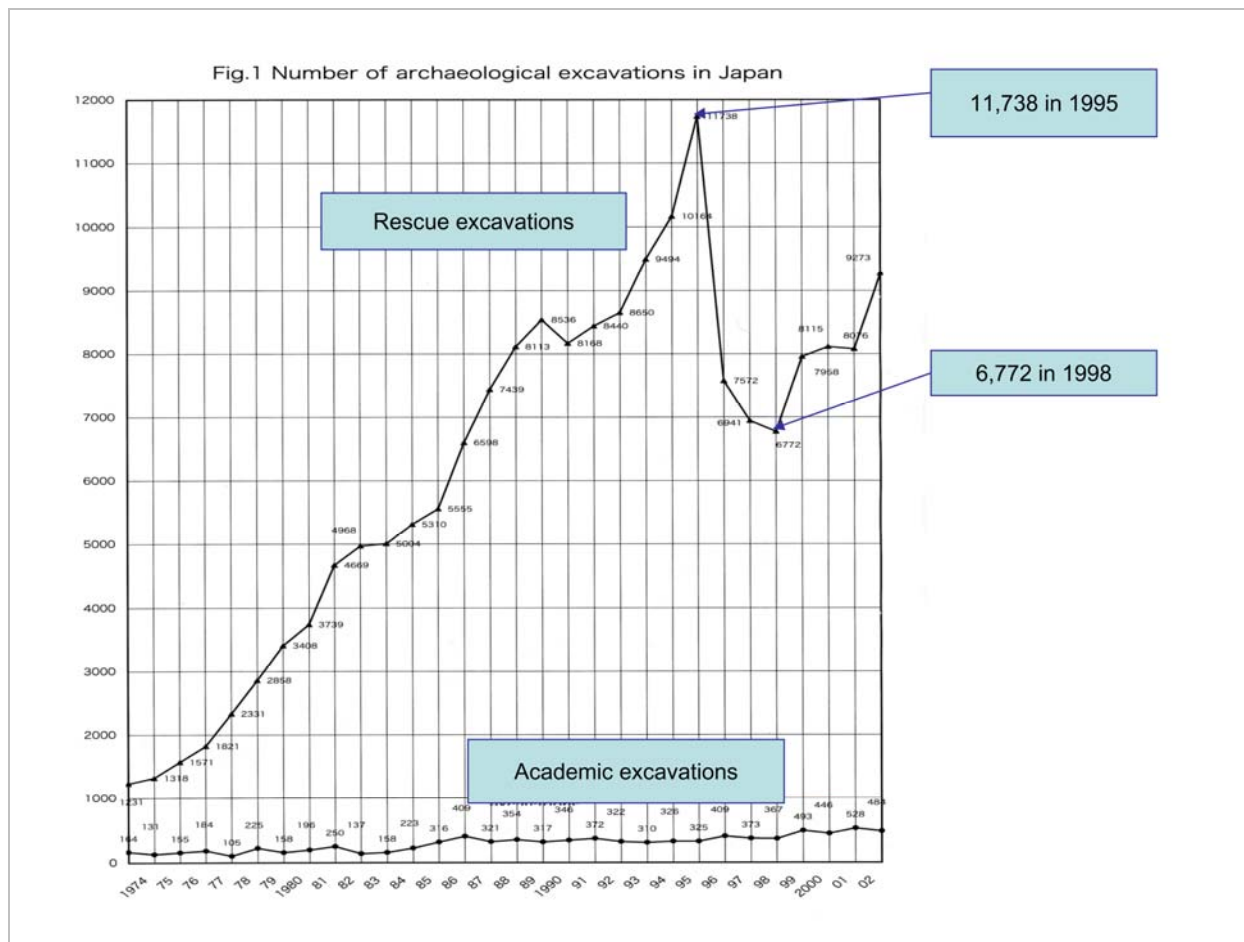
This paper provides an overview of the Upper Palaeolithic of the Japanese Islands, with a brief description of the archaeological background expressed in heritage management.

Historically, the roots of present-day Japanese archaeology had to be re-started in the chaotic situation of the immediate post-World War II period. The Japanese military invasion of China, Korea, and other Asian countries during the 1930s and 1940s was ended by the acceptance of the Potsdam Declaration of 1945. Japanese archaeology in the immediate post-war period was, therefore, quite strictly limited in its scope and field to within the Japanese Islands, and began with chronological and descriptive studies of sites and artifacts, as well as so-called “production force”-oriented studies of

both stone- and iron-age societies, which were mostly limited to a homogenous economic social formation (Ono, 1997). This is the definitive background of Japanese archaeology in the latter part of the 1940s. Systematic international academic exchange among Japan, Korea and China began only in the 1970s, and in the case of Russia, only in the 1990s, because of several political restrictions.

### **Archaeological heritage management in Japan**

Rescue archaeology and archaeological heritage management are inseparable, because they are connected with administrative research organizations and the cultural policy of the Japanese government.



**Fig. 1.:** Number of archaeological excavations in Japan. (Agency for Cultural Affairs, 2004.)

**1. ábra:** Régészeti ásatások száma Japánban

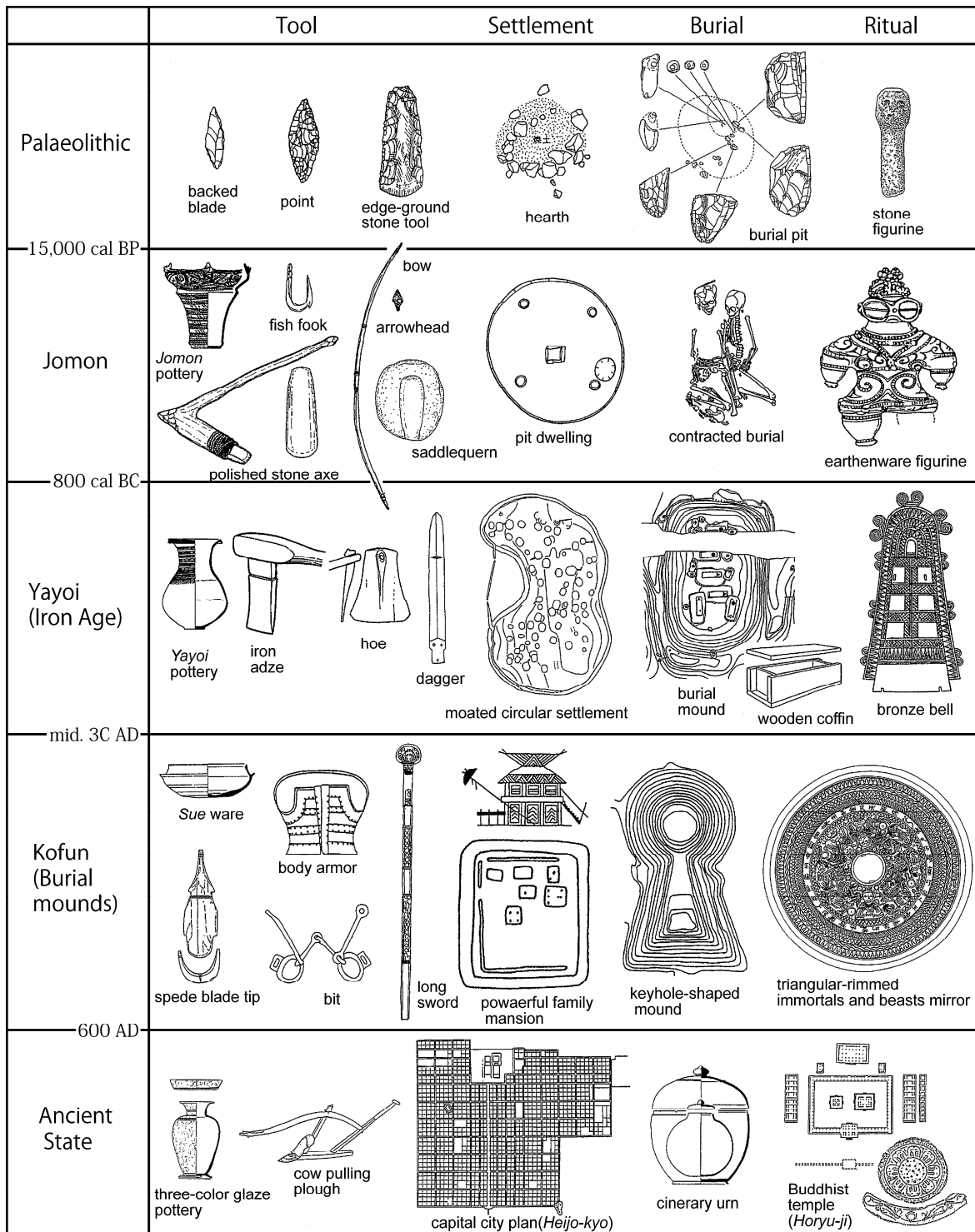
Japanese archaeology can be characterized as “archaeology as history” or “historical science,” and pursues a tradition that began in the 19<sup>th</sup> century and continues to the present. One document shows that 82 excavations had been carried out in 1950. The total number of excavations was 345 in 1959, of which 227 were conducted by universities, institutes, and museums. The other 118 excavations were done by so-called rescue or emergency excavations, mostly carried out by local administrative organizations, i.e., prefectural or municipal boards of education. The number of rescue excavations exceeded that of academic excavations in 1969. There were a total of 1,000 excavations, of which 200 were academic, and the remaining 800 were rescue excavations. A detailed chronology of artifacts and sites in every archaeological field had been re-established throughout the 1950s and 1960s, and large-scale rescue excavations supplied the base for chronological data.

Interdisciplinary collaboration of archaeological research among several natural sciences began in the early 1970s. Geological source identification of archaeological materials by way of radiometric

methods has increased during the last three decades, as well as palaeoenvironmental reconstruction by several Quaternary disciplines.

Source identification of artifacts between widely separated locations broadened the scope of chronological network systems among the Japanese Islands. Since the 1970s, Japanese archaeology has been expanding the periods it covers, focusing not only on prehistory or early history but also on early modern or modern times.

One aspect of the background of Japanese archaeology is reflected in the increasing number of excavations from 1974 to 2002, which indicates that explicit correlations are visible between economic investment, irrespective of private or public sectors, and the number of excavations. For example, the peak in the number of excavations for all of Japan in a single year was 11,738 in 1995 (**Fig. 1**). This is a clear indication of the extensive investment and land development during what was known as the Japanese bubble economy in the mid-1990s. A depression in the number of excavations (6,772 in 1998) clearly reflects the collapse of the Japanese bubble economy.



**Fig. 2.:** General chronological chart of Japanese archaeology. (Ono et al., 1992)

**2. ábra:** Kronológiai táblázat japán őstörténetéhez

Contrary to this, the number of academic excavations has remained relatively stable over time.

**General chronologies**

A chronological chart showing the typical features from the Palaeolithic through to the foundations of

the ancient state, including tools, settlements, burials, and rituals, is provided in **Fig. 2**. The emergence of pottery, or the incipient Jomon period, began as early as 15000 cal BP. The latest stage of the Jomon period ended more or less around 800 cal BC. The Yayoi Iron Age began with the new technologies of metal working and

agriculture which had been brought from the Korean Peninsula. Bronze and iron appeared essentially simultaneously; therefore, there was no independent Bronze Age in Japan. Periods of ancient burial mounds began in the middle of the 3<sup>rd</sup> century AD and lasted until the beginning of the 7<sup>th</sup> century AD. This period was characterized by the building of many keyhole-shaped burial mounds and defined the formation of states/kingdoms. In the middle of the 7<sup>th</sup> century, the castle-town system was introduced from the Tang dynasty in China, and then the Japanese ancient state was founded in its full sense. The capital of that state was Nara, in the same geographic location as present-day Nara City in western Japan (Ono et al., 1992).

### ***The Upper Palaeolithic***

The framework of Japanese Palaeolithic studies has many aspects. Explicit evidence of human occupation that is based on both the stratigraphy and morphotypology of lithic artifacts can be traced back to the middle of MIS3 (Kudo and Kumon, 2012; Kudo, 2012; Kumon et al., 2012).

Discussions of the Lower and Middle Palaeolithic in the Japanese Islands began at the end of the 1950s. However, quite strictly speaking, no single site is available standing both on sound stratigraphy and morphotypology of lithic artifacts up to the present. It is possible, therefore, to set out a robust hypothesis that the earliest human occupation of the Japanese Islands began after ca. 40,000 yr BP (Ono, 2011; Suwama, 2003).

Traces of Upper Palaeolithic people are available all over the Japanese Islands, from northern Hokkaido to southern Okinawa, since the first discovery of the lithic industries of the Palaeolithic at the Iwajuku site in Gunma Prefecture, central Japan, in 1949. According to the recent database which was published by the Japanese Palaeolithic Research Association in 2010, there are about 10,150 Palaeolithic sites throughout the Japanese Islands (Japanese Palaeolithic Research Association, 2010).

For the verification of the attributes of archaeological finds, it would be ideal if we could obtain matching results from four different sources, namely from lithostratigraphy, biostratigraphy, archaeo-stratigraphy, and numerical dates. However, because of the acidic soil layers, we have no organic material finds such as mammal fossils and wooden objects belonging to the Palaeolithic period in aeolian deposits, with some exceptions.

### **Land-bridges and faunal remains**

Land-bridges between the Korean peninsula and the Japanese Islands appeared at least twice in the Middle Pleistocene, i.e., MIS 16 (ca. 0.63 Ma) and

MIS 12 (ca. 0.43 Ma). No land-bridge existed in the Late Pleistocene, even in the Last Glacial Maximum (LGM) period.

The timing of mega-fauna migration from the Chinese mainland to the Japanese Islands along a land-bridge, such as the Stegodon elephant (*Stegodon orientalis*) and Naumann's elephant (*Palaeoloxodon naumanni*), is evaluated to have occurred in MIS 16 and MIS 12, respectively. No exact traces of hominid occupation in the Japanese Islands, neither lithic nor skeletal remains, were available corresponding to those mega-fauna migrations.

Well-preserved hominid fossils that belong to the latter phase of the Late Pleistocene are those from the fissure of the Minatogawa limestone quarry in the Okinawa islands, ca. 19,900 cal BP and ca. 21,800 cal BP (Kaifu and Fujita, 2012). The fissure deposits, however, have yielded no remains of occupation and artifacts.

In the LGM, a subarctic coniferous forest sharply extended southward down to present-day north-central Japan. In the latter half of the LGM, the northern part of the Japanese Islands was influenced strongly by Siberian cultural traditions via Sakhalin, and northern microblade industries appeared first in Hokkaido, which were represented by wedge-shaped micro-cores in a broad sense (Kimura, 2006; Izuho et al., 2012).

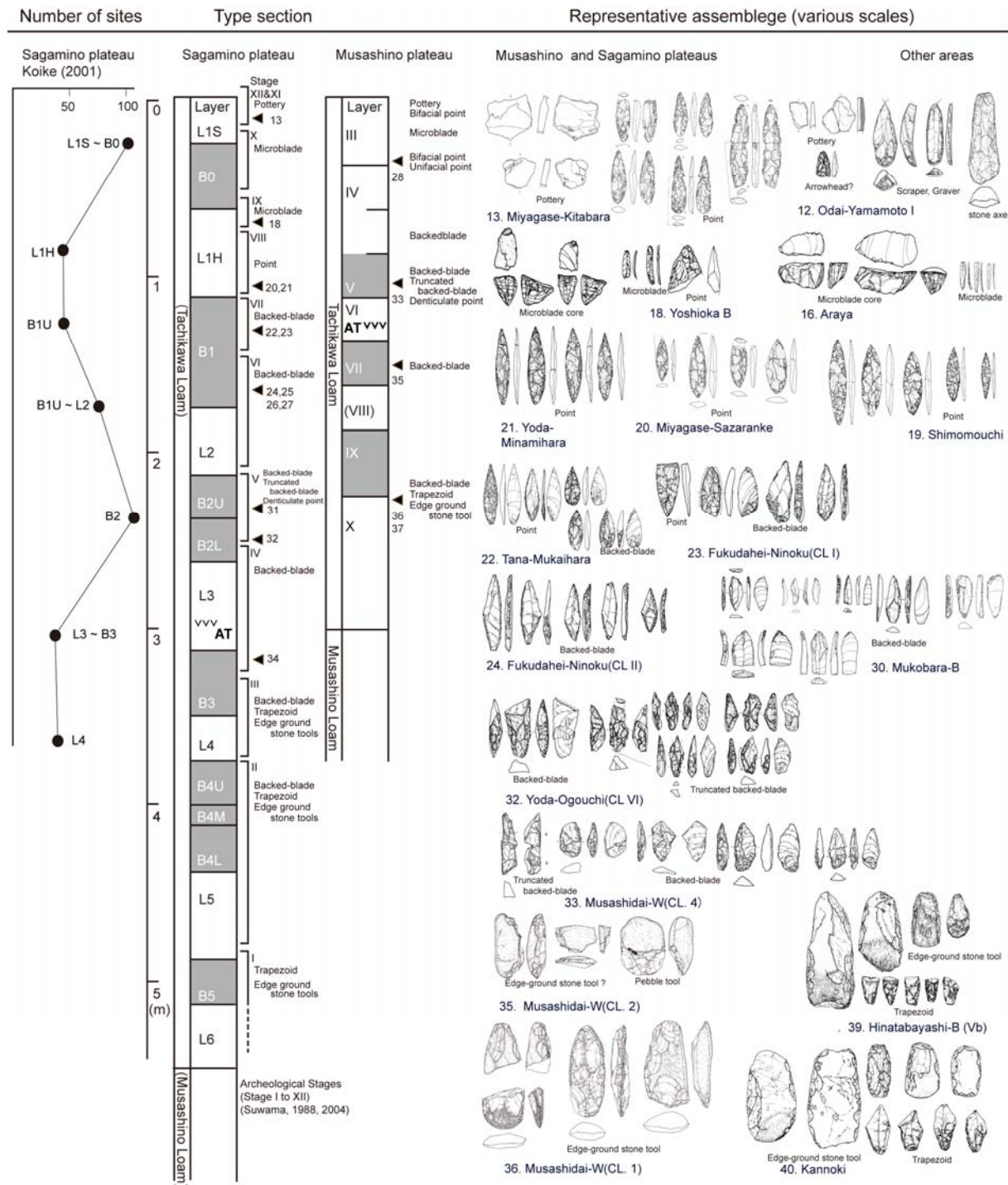
### ***Upper Palaeolithic chronological sequence***

Upper Palaeolithic chronological studies have been advanced in most areas where well-stratified thick loam layers of volcanic ash were accumulated, including aeolian dust or loess from China (Ono et al. 2002).

The central part of the Japanese Islands offers fine chronologies for advancing both stratigraphic and morphotypological studies (Fig. 3). The basic chronological sequence of the Upper Palaeolithic follows four stages of lithic industries:

- In the early phase, trapezoid industries exist across all of the Japanese Islands and include edge-round stone tools.
- Backed-blade industries are common and stable during the early to later phases of the Upper Palaeolithic.
- Point-tool industries developed particularly in Central Japan.
- Microblade industries successfully spread over the Japanese Islands until the advent of so-called Incipient Jomon cultural elements began to appear.



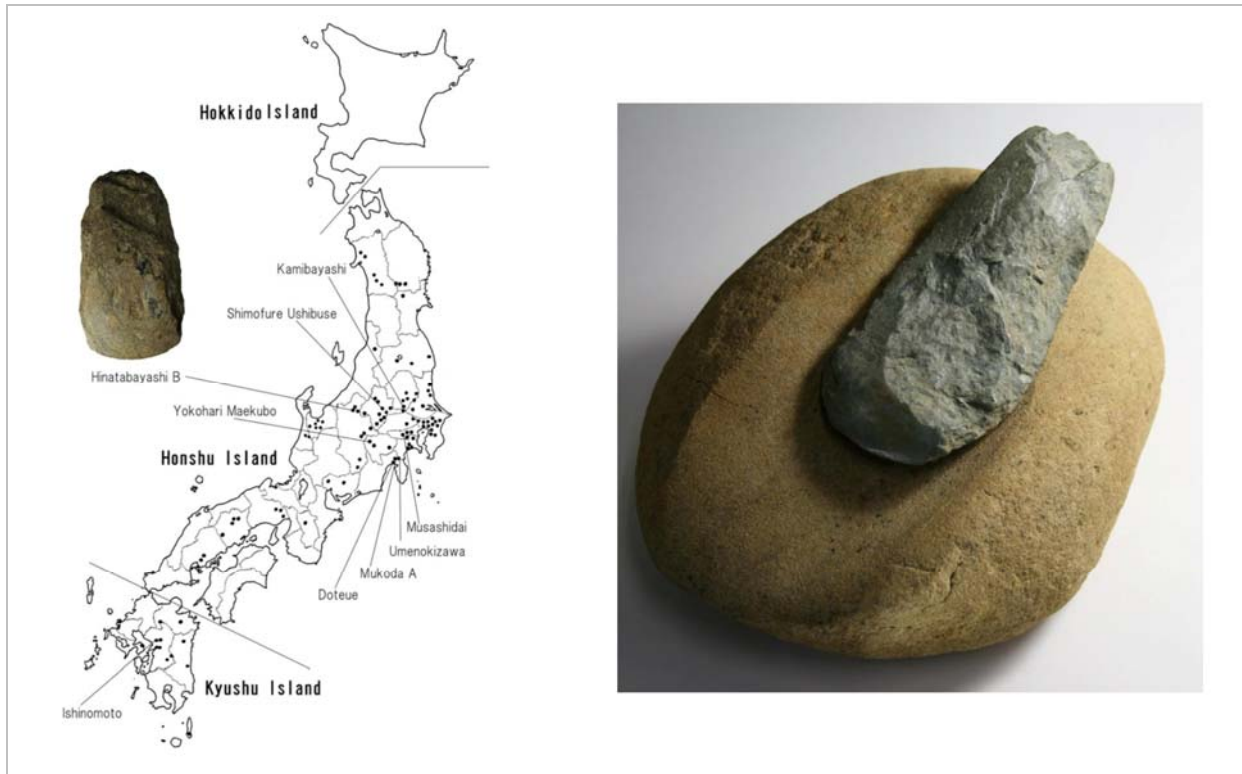


**Fig. 3.:** Upper Palaeolithic chronology of Musashino and Sagamino Uplands, Central Japanese Islands and their typical artifacts. (Kudo, 2012)

**3. ábra:** A Musashino és Sagamino Hegyvidék (Közép-Japán) felső paleolit kronológiai vázlat a jellemző eszköztípusokkal

The huge eruption from the Aira caldera in southern Kyushu occurred in the chronological sequence of the backed-blade industries. This eruption spread volcanic ash not only over most of the Japanese Islands but also over the Korean peninsula, part of eastern China and the southern Primorye of the Russian Far East. This key tephra is called the Aira-

Tn tephra (abbr., AT), and it is a critical transregional marker tephra for the Upper Palaeolithic chronology in East Asia (Machida and Arai, 2003). Recent AMS radiocarbon determination indicates that the AT dates back to ca. 30,000-29,000 cal BP. This time range coincides approximately with the transition from MIS3 to MIS2.



**Fig. 4.:** Distribution of early Upper Palaeolithic sites (left), and the Edge-ground adze and whetstone from the Hinatabayashi B site, Nagano Prefecture, central north Japan (right). (Tsutsumi, 2012; and Tani, 2000)

**4. ábra:** Korai felső paleolit lelőhelyek elterjedése (balra), élén csiszolt balta és csiszolókö Hınatabayashi B lelőhelyről, Nagano prefektúra, Észak-Közép Japán (jobbra).

#### Edge-ground stone adzes

One of the characteristic features of the Early Upper Palaeolithic in the Japanese Islands is represented by both edge-ground stone adzes, and the whetstones that were used to produce sharp blades on the working edge of the stone adzes. A total of 896 edge-ground and blanks of stone adzes have been found at 224 sites belonging to the beginning of the Early Upper Palaeolithic in all of the Japanese Islands (Fig. 4). Similar tools, however, have not been found in China, Korea or the Russian Far East. At present, these stone tools appear to be an independent creation in the Japanese islands (Tsutsumi, 2012).

#### Dwelling features

The dwelling structures of the Upper Palaeolithic are difficult to clarify because of the preservation issues in aeolian loam sediments. Acidic sediments preserve no organic materials such as animal bones and wooden materials from the Pleistocene. In most cases we had to recognize dwellings by lithic clusters and the distribution patterns of lithic artifacts and debris. A typical and exceptionally well-preserved example from about 20,000 to 21,500 cal BP was found at the Tana-Mukaihara site near present-day Tokyo. It has a diameter of

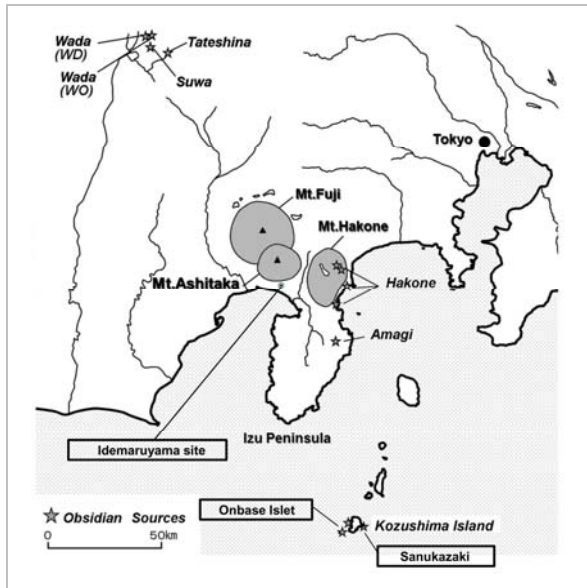
about 10 m, with fireplaces, post-holes, relatively large river gravels arranged circularly, and many obsidian point tools and debris inside the dwelling structure (Fig. 5) (Sagamihara City Board of Education, 2004). The living floor is generally flat. No artificial depression or digging evidence on the floor is visible.



**Fig. 5.:** Typical dwelling features of the Palaeolithic at Tana-mukaihara site. (Sagamihara City Board of Education, 1998)

**5. ábra:** Települési felszín feltárása, Tana-mukaihara paleolit lelőhely





**Fig. 6.:** Location map of obsidian in central Japan. \*The name “Kozushima Island” stated in the map is a synonym of “Kozu Island” (Ikeya, 2012)

**6. ábra:** Obszidián előfordulások Japán középső részén

### *Beginning of obsidian procurement in the early Upper Palaeolithic*

Another characteristic feature of the Early Upper Palaeolithic is the emergence of obsidian exploitation other than the early use of edge-ground stone adzes. More than 160 geologic obsidian sources are recognized throughout the Japanese Islands, from Hokkaido to Kyushu, all located within the volcanic belt of the Pacific Rim (Sugihara, ed., 2009; Tsutsumi, 2010). Many obsidian source clusters are concentrated in three blocks in the central part of the Japanese Islands. One of these is located in the central mountainous Shinshu area at Wada, Suwa and Tateshina; the second is near the Izu Peninsula, Hakone and Amagi; and the last is on Kozu Island, including the Onbase Islet (**Fig. 6**).

Two geologic sources of obsidian on Kozu Island were used in prehistory. Onbase Islet obsidian was used in the Early Upper Palaeolithic, ca. 38,000 – 35,000 cal BP, and again in the Late Upper Palaeolithic, ca. 20,000 – 15,000 cal BP. Now outcrops at Onbase are found around reefs of about 3 to 6 meters beneath the present sea level, indicated by a red oval line in **Fig. 7**. Contrary to that of the Onbase Islet, Sanukazaki obsidian was not used in the Palaeolithic and only began to be used in the final Jomon period, ca. 3,000 cal BP (**Fig. 8**).



**Fig. 7.:** Distant view of the Onbase Islet, facing East (Photo: Ono, 2010). Location of obsidian layers marked red.

**7. ábra:** Az Onbase szirtek látképe kelet felől. Az obszidián rétegek helyét pirossal jeleztük.

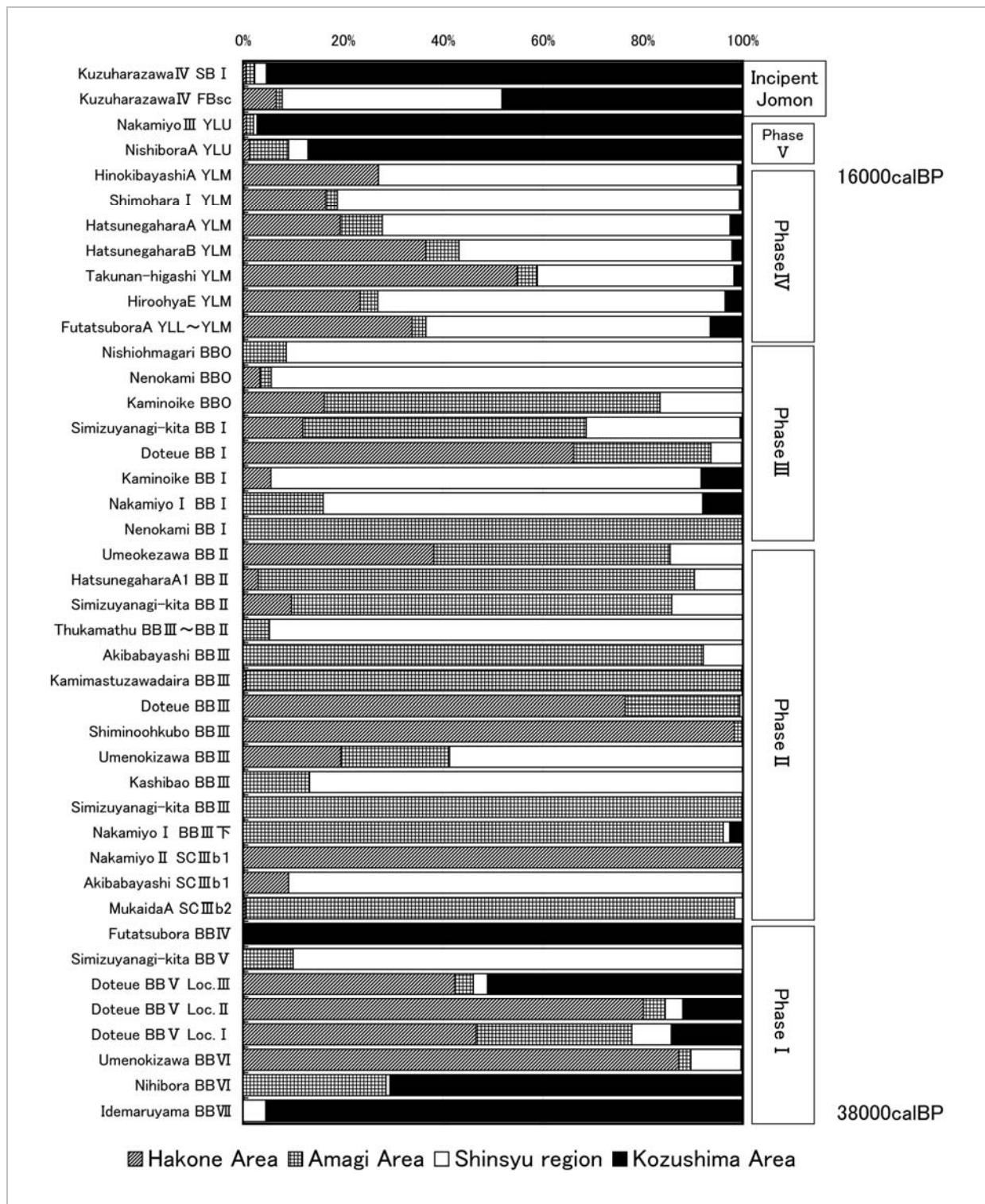


**Fig. 8.:** Obsidian outcrops at Sanukazaki (Sanuka Cape), facing East. (Photo: Ono, 2010) Location of obsidian layers marked red.

**8. ábra:** Obszidiános láva rétegek, Sanukazaki (Sanuka fok), kelet felől. Az obszidián rétegek helyét pirossal jeleztük.

Kozu Island is located in the chain of Izu Islands in the Pacific Ocean, about 170 km southwest of central Tokyo and about 50 km off the coast of the Izu Peninsula. The procurement of obsidian from the Onbase Islet source located in the open sea suggests that the early Upper Palaeolithic people could not access it without seafaring means and skills. Even with a sea-level drop of about 100 m during the LGM, this source was still 30 km away from the nearest part of the main Japanese island, at the southern tip of the Izu Peninsula (**Fig. 6**).

The earliest evidence of obsidian procurement activities in the Japanese Islands was recognized at the Idemaruyama site, Cultural Layer I, from geologic layer BBVII (black band VII) at the foot of the Ashitaka Mountain region of Numazu City in Shizuoka Prefecture, Central Japan.



**Fig. 9.:** Changes of obsidian source exploitation through the cultural sequence in Mt. Ashitka and Mt. Hakone area, central Japan. Black bars indicate that these obsidian were transported from Kozu Island, i.e., exclusively from the Onbase Islet. (Ikeya, 2012)

**9. ábra:** Az obszián források kitermelésének változása az Ashitka és a Hakone hegységek körzetében, Közép-Japán. A fekete csík a Kozu szigetről (=Onbase szirtek) felől érkező nyersanyagot mutatja

It was dated as early as ca. 38,000 cal BP (Takao and Harada, 2011; Nakamura, 2012). The provenance analysis on the obsidian from the

Idemaru yama site, Cultural Layer I, has clarified that a total of 21 from 24 samples were from the Onbase Islet (Ikeya, 2011) (**Fig. 9**).



As the distribution pattern of the early Upper Palaeolithic sites moves from Kyushu in the south to the northern part of Honshu, but is not found in northernmost Hokkaido, the first peopling of the Japanese Islands indicates a migration from the Asian mainland through the Korean Peninsula. This is explicit evidence that modern hominids expanded into East Asia, and they reached the Japanese Islands by crossing the Tsushima Strait. In the process of expansion from west to east within the Japanese Islands, it would be highly possible that they found and developed obsidian as a quite suitable lithic raw material for tool production, as well as having invented edge-ground stone adzes.

### Acknowledgement

Sincere thanks are due to Dr. K. Biro for her kind arrangement of our lecture in Budapest and for giving us the opportunity to submit this manuscript. Thanks are also due to Mr. Y. Nakamura who kindly made arrangements on the Figure 2.

### References

- Agency for Cultural Affairs (ed.) (2004): Buried Cultural Properties Statistical Data. ([http://www.bunka.go.jp/bunkazai/shoukai/pdf/toukei\\_2012.pdf#search](http://www.bunka.go.jp/bunkazai/shoukai/pdf/toukei_2012.pdf#search))
- IKEYA, N. (2011): Provenance of obsidian from the Idemaru-yama site by X-ray fluorescence analysis. (in Japanese) In: Y. Takao and Y. Harada (eds.) *Idemaru-yama Excavation Report*, Cultural Properties Research Report of the Numazu City, **100** 111–116.
- IKEYA, N. (2012): Identifying the Sources of Archeological Obsidian in Chubu and Kanto, Japan by EDXRF Analysis. *Natural Resource Environment and Humans*, Proceeding of the Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University. **2** 94–97.
- IZUHO, M., FUMITO, A., NAKAZAWA, Y., IWASE, A. (2012): The Upper Palaeolithic of Hokkaido: Current evidence and its geochronological framework. In: A. Ono and M. Izuho (eds.) *Environmental Changes and Human Occupation in East Asia during OIS3 and OIS2*. BAR International Series, Archaeopress, Oxford **2352** 109–128.
- Japanese Palaeolithic Research Association. (2010): *Palaeolithic Sites in the Japanese Islands: A Database*, Japanese Palaeolithic Research Association. (in Japanese) 377 p.
- KAIFU, Y. & FUJITA, M. (2012): Fossil record of early modern humans in East Asia. *Quaternary International* **248** 2–11.
- KIMURA, H. (2006): The Shirataki obsidian mine area and the Yubetsu-Horokazawa technological complex. *Current Research in the Pleistocene* **23** 9–11.
- KONISHI, S. & YOSHIKAWA, S. (1999): Immigration times of the two proboscidean species, *Stegodon orientalis* and *Palaeoloxodon naumanni*, into the Japanese Islands and the formation of land bridge. (in Japanese with English abstract) *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, **53** 125–134.
- KUDO, Y. (2012): Absolute chronology of archaeological and paleoenvironmental records from the Japanese Islands, 40–15ka BP. In: A. Ono and M. Izuho (eds.) *Environmental Changes and Human Occupation in East Asia during OIS3 and OIS2*. BAR International Series, Archaeopress, Oxford **2352** 13–32.
- KUDO, Y. & KUMON, F. (2012): Palaeolithic cultures of MIS3 to MIS1 in relation to climate changes in the central Japanese islands. *Quaternary International* **248** 22–31.
- KUMON, F., KAWAI, S., INOUCHI, Y. (2012): High-resolution climate reconstruction for the past 72ka from pollen, total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) analysis of cored sediments from Lake Nojiri, Central Japan. In: A. Ono and M. Izuho (eds.) *Environmental Changes and Human Occupation in East Asia during OIS3 and OIS2*. BAR International Series, Archaeopress, Oxford **2352** 1–12.
- MACHIDA, H. & ARAI, F. (2003): *Atlas of tephra in and around Japan*. University of Tokyo Press.
- NAKAMURA, Y. (2012): The Chronological Study of the Initial Upper Palaeolithic Industries around Mt. Ashitaka and Mt. Hakone (Central Japan). (in Japanese with English abstract) *Palaeolithic Research* **8** 105–122.
- ONO, A. (1997): Self-reflection on archaeology: a Japanese perspective since 1945. In Beat Sitter-Liver and Christoph Uehlinger (eds.) *Partnership in Archaeology: Perspectives of a Cross-Cultural Dialogue*, 14<sup>th</sup> Symposium (1994) of the Swiss Academy of Humanities and Social Sciences in Cooperation with the Swiss-Lichtenstein Foundation for Archaeological Research Abroad, Fribourg University Press, Switzerland. 75–79.
- ONO, A. (2011): Frameworks and the present state of Palaeolithic studies in Japan. (in Japanese with English abstract). *Anthropological Science (Japanese Series)*, **119/1** 1–8.
- ONO, A., HARUNARI, H., & ODA, S. eds. (1992): *Atlas of Japanese Archaeology*. University of Tokyo Press.
- ONO, A., SATO, H., TSUTSUMI, T., KUDO, Y. (2002): Radiocarbon dates and archaeology of the Late Pleistocene in the Japanese Islands. *Radiocarbon* **44/2** 477–494.

Sagamihara City Board of Education ed. (1998): *Excavations of Tana-mukaihara Palaeolithic site*. An illustrated pamphlet.

Sagamihara City Board of Education (ed.) 2004. *Tana-mukaihara site II*. Sagamihara City Archaeological Excavation Report **31**.

SUWAMA, J. (2003): Palaeolithic industries of the lowermost part of the Tachikawa Loam layer in South Kanto. (in Japanese). *Abstract volume of the 1<sup>st</sup> Symposium of the Japanese Palaeolithic Research Association* 42–52.

SUGIHARA, S. ed. (2009): *Geologic source identification of archaeological obsidian by X-ray Fluorescence Analyzer: A data book*, (in Japanese). Meiji University Cultural Properties Laboratory, **Vol. 1** 1–294.

TAKAO, Y. & HARADA Y. (eds.) (2011): *Idemaryama Excavation Report*, (in Japanese).

Cultural Properties Research Report of the Numazu City, **100** 1–120.

TANI, K. (ed.) (2000): *The Hinatabayashi B Site; The Hinatabayashi A Site; The Nanatsuguri Site; The Ohira B Site*, (in Japanese). Nagano Prefectural Archaeological Center. 1–275.

TSUTSUMI, T. (2010): Prehistoric Procurement of Obsidian from Sources on Honshu Island (Japan). Archaeopress, Oxford. In: Y. V. Kuzmin and M. D. Glascock (eds.), *Crossing the Straits: Prehistoric Obsidian Source Exploitation in the North Pacific Rim*. BAR International Series, **2152** 27–55.

TSUTSUMI, T. (2012): MIS3 edge-ground axes and the arrival of the first *Homo sapiens* in the Japanese archipelago. *Quaternary International* **248** 70–78.

## FROM GATHERING TO MINING: PREHISTORIC HUMAN ACTIVITIES AROUND OBSIDIAN SOURCES IN CENTRAL JAPAN

### NYERSANYAG BESZERZÉS A GYŰJTÉSTŐL A BÁNYÁSZATIG: AZ ŐSKORI KÖZÖSSÉGEK TEVÉKENYSÉGE AZ OBSZIDIÁN NYERSANYAGFORRÁSOK KÖRNYEZETÉBEN JAPÁN KÖZÉPSŐ RÉSZÉN

KAZUTAKA SHIMADA

Meiji University Museum, 1-1 Kanda-Surugadai, Chiyoda Ward, Tokyo 101-8301, Japan

E-mail: [moirai3sis2@gmail.com](mailto:moirai3sis2@gmail.com)

#### **Abstract**

*The present paper discusses changes in obsidian procurement activities and circulation systems between the Upper Palaeolithic and the Jomon Periods. The obsidian source distribution in the Japanese Islands and obsidian provenance analysis in archaeology are overviewed as backgrounds of the study. The archaeological record from the Central Highlands obsidian source area in central Japan suggests that distinct changes in prehistoric human activities and social relations with regard to the obsidian source exploitation occurred. Chief among these were changes 1) in site distribution patterns in and around the Central Highlands, 2) from the gathering of obsidian exposed on the ground surface to the mining of obsidian from underground deposits, 3) from various types of landscape use around the source area to specialized landscape use in mining activities, and 4) from obsidian circulation systems dependent on procurement with high transport costs, which was basically embedded in mobility strategies, to exchange systems with low transport costs based on mining and sophisticated social relations.*

#### **Kivonat**

*Ez a tanulmány az obszidián kitermelés és nyersanyagforgalom változásait mutatja be a felső paleolitikumtól a Jomon kultúra különböző periódusain keresztül. Atekinti az obszidián nyersanyagforrások jellemzését és az obszidián elterjedését a Japán-szigeteken. A Japán-hegyvidék központi részén található obszidián nyersanyagforrások környezetében tapasztalható változások egyértelműen tükrözik az emberi közösségek életmódjában tapasztalható változásokat. Ezek a változások a következők: 1) megváltozik a régészeti lelőhelyek elterjedése az obszidián nyersanyagforrások környezetében; 2, a felszínen található obszidián darabok begyűjtésétől a felszín alatti nyersanyagrétegek kitermeléséig jutnak el; 3) a területhasználat módjában megfigyelhető a bányászattal összefüggő tevékenységek előtérbe kerülése és végül 4) a mobilitással összefüggő kevésbé hatékony szállítási stratégiák helyett a bányászattal összefüggő szervezett szállítási rendszerek kerülnek, melyek összességében jóval hatékonyabban oldják meg a nyersanyag eljuttatását a felhasználás helyére*

KEYWORDS: UPPER PALAEOLITHIC, JOMON CULTURE, OBSIDIAN EXPLOITATION, MINING, JAPANESE ISLANDS

KULCSSZAVAK: FELSŐ PALEOLITIKUM, JOMON KULTÚRA, OBSZIDIÁN KITERMELÉS ÉS BÁNYÁSZAT, JAPÁN

#### **Introduction**

From the perspective of plate tectonics, there are two large volcanic fronts running through the Japanese Islands, one of which is extending parallel to a subduction boundary of the Pacific Plate while the other is extending parallel to that of the Philippine Plate (Kaizuka 1977). Distribution of obsidian sources in the archipelago is widely extended along with the volcanic zones. Because the localities of obsidian sources are limited, the study of obsidian from the perspective of both chemical and instrumental analysis and archaeology has provided significant information, revealing relations among lithic technologies, mobile strategies, exchanges, contacts, and migrations in prehistoric societies. In several regions of the archipelago, obsidian had been used as a high-quality and non-local lithic raw material during the

Upper Palaeolithic and the Jomon Periods (the term “Jomon” in Japanese refers to a kind of cord-marking that was used to decorate pottery). The Upper Palaeolithic in the archipelago falls between ca. 38,000 and ca. 16,000 cal BP and the Jomon between ca. 16,000 and ca. 2,800 cal BP (Kudo 2007, Kudo & Kumon 2012). The Jomon lifestyle was characterized by semi-sedentary settlements using dwelling pits. The Jomon subsistence economy was widely dependent on hunting, fishing, and gathering. Plant cultivation and animal domestication, if any existed, were only developed to a limited degree in the Jomon society.

This paper aims to provide information on obsidian sources, sites, and human activities around the sources in prehistoric Central Japan. An overview of the source distribution in the archipelago and an obsidian provenance study closely related to



archaeology are presented. The activities of hunter-gatherers in the prehistoric sites of Takayama at the Hoshikuso Pass obsidian sources in the Central Highlands of Nagano Prefecture in central Japan are examined. To conclude, the differences and changes in obsidian procurement and circulation systems between the Upper Palaeolithic and the Jomon Periods are discussed. This paper uses the framework of calibrated radiocarbon dates connected to the chronologies of the Upper Palaeolithic industries and the Jomon pottery types compiled by Kudo (2007) and Kudo & Kumon (2012), unless otherwise specified.

### ***Obsidian sources in the Japanese Islands***

The Japanese Islands are composed of four main islands, namely, Hokkaido, Honshu, Shikoku, and Kyushu, in order from north to south. Approximately 200 geological obsidian sources have been discovered throughout the archipelago. It has been made clear that they are distinguishable into at least seventy-five source groups based on chemical and instrumental analysis of obsidian, and volcanic geological surveys on the sources. These source groups are further classified into forty-four geographical source areas (Sugihara 2011). There are three main regions in which the obsidian sources are densely distributed. They are the north-eastern part of Hokkaido, central Japan, and the northern part of Kyushu. Although most of the obsidian from these regions was supplied to prehistoric sites distributed within the individual regions, obsidian from the Shirataki and Oketo source areas in Hokkaido was transported to Sakhalin Island during the Late Upper Palaeolithic and the early Holocene (Kuzmin 2010, 2011). Also, Mt. Koshidake obsidian from the northern part of Kyushu has been identified from a microblade industry in the Late Upper Palaeolithic site of Shingbuk in the southern part of Korea (Kim et al. 2007) and from several Holocene sites in the Ryukyu Islands, the southernmost of the Japanese Islands (Obata et al. 2004, 2010).

Prehistoric obsidian industries distributed in central Japan originated from the following five obsidian source areas: the Central Highlands, Kozu Island, Hakone, Amagi, and Mt. Takahara (**Fig. 1**). They are located at altitudes from 0 to 2,000 m above sea level. Obsidian provenance analyses using fission track analysis, neutron activation analysis (NAA), and X-ray fluorescence analysis (XRF) on both geological and archaeological obsidian in central Japan have been conducted since the early 1970s.

### ***Obsidian provenance analysis in archaeology***

Pioneering work in the chemical and instrumental analysis of geological obsidian was undertaken by Masao Suzuki in the early 1970s (Suzuki 1970,

1973). Using fission track analysis applied to obsidian artifacts from the multi-layered lithic industries of the Nogawa Site in Tokyo, he was the first to present the changes in obsidian use in the Upper Palaeolithic sequence based on differences in the identified sources (Kobayashi et al. 1971). Ono (1973) has already pointed out the significance of obsidian provenance studies in archaeology and has insisted on the necessity for intensifying new methods to integrate provenance data with archaeological site distribution patterns, chronology, typology, and lithic technologies.

From the perspective of non-destructive procedures, an analytical method using an energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) device in addition to NAA has become the mainstream in obsidian provenance studies since the late 1970s. Although this trend led to an increase in attention being paid to prehistoric trades or exchanges by the analytical chemist themselves (e.g., Suzuki 1977, 1985; Warashina & Higashimura 1988), the method used for interpreting prehistoric behaviors remained a simple one, in which the identified source and the location of the site which yielded the analyzed artifact were directly connected by a straight line. Archaeological interest focusing on the relations between obsidian distribution patterns and the organization of regional hunter-gatherer groups in the Upper Palaeolithic appeared in the latter half of 1980s as well (Inada 1984; Tamura 1987; Kanayama 1988, 1990). According to an increase in the amount of Kozu Island obsidian identified from the Upper Palaeolithic and Jomon occupation sites, Oda (1981) was the first to systematically argue on the prehistoric seafaring between Kozu Island and the mainland of Honshu. It seems that the quantity of the obsidian provenance data at the time, however, did not satisfy archaeological purposes, mainly because a few artifacts were arbitrary selected from a lithic assemblage in most cases.

Ikeya and Mochizuki (1994) have undertaken XRF analysis to integrate obsidian provenance data with archaeological research designs. They aimed at analyzing as many obsidian artifacts as possible from a single occupation level using the non-destructive procedure of the EDXRF. Mochizuki et al. (1994) demonstrated a pattern of obsidian lithic distribution based on the identified sources in the Early Upper Palaeolithic assemblage from the Doteue site in Shizuoka Prefecture. The pattern showed several concentrations according to the identified sources, and indicated that there are mutual relations among the concentrations. They claimed that detailed chemical and instrumental analysis of obsidian lithic distribution is capable of revealing not only the mobility of the residential group but also how the group was organized at the site.

**Table 1.:** Obsidian provenance data of the early part of the Early Upper Palaeolithic in central Japan**1. táblázat:** Obszidián provenienciá adatok a korai felső paleolitikumból a Japán-hegyvidék középső részén

Regions	Sources										Obsidian total (analysis)	Obsidian total (assemblage)	analysis/ assemblage	Num. of sites
	Central Highlands		Mt. Takahara		Hakone		Amagi		Kozu-Onbase					
Northern Kanto	617	67.7%	280	30.7%	2	0.2%	2	0.2%	11	1.2%	912	Not available	-	14
Eastern Kanto	556	71.4%	57	7.3%	1	0.1%	0	0.0%	165	21.2%	779	2,630	29.6%	9
Western Kanto	271	52.4%	11	2.1%	60	11.6%	149	28.8%	26	5.0%	517	Not available	-	14
Ashitaka	385	14.4%	0	0.0%	1,203	44.9%	464	17.3%	629	23.5%	2,681	4,047	66.2%	15
Lake Nojiri	11,160	100.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	11,160	17,056	65.4%	15
Total	12,989	80.9%	348	2.2%	1,266	7.9%	615	3.8%	831	5.2%	16,049	-	-	67

Also, Ikeya and Mochizuki (1998) compiled lithic raw material use and obsidian provenance analysis data, and examined the changes of obsidian use in the Upper Palaeolithic sequence in the area at the foot of Mt. Ashitaka, Shizuoka Prefecture. They confirmed that the use of Kozu Island obsidian in the area dates back to as early as the beginning of the Early Upper Palaeolithic. The validity of the identification by the EDXRF between the geological obsidian of Kozu Island and archaeological obsidian has been cross-checked by NAA (Ikeya et al. 2005).

On the basis of provenance data assured in quantity and obtained either from a single occupation level or a geographic area, the archaeological research designs that examine the relations between obsidian procurement activities and the mobility strategies of prehistoric populations have been developed since the latter half of 1990s (e.g., Mochizuki and Tsutsumi 1997, Tsutsumi 2003, Shimada 2008, Ikeya 2009, Tsutsumi 2010). Recently, Serizawa et al. (2011) compiled all of the data from obsidian provenance analyses in the Kanto plain (Tokyo Metropolis, Kanagawa, Chiba, Saitama, Gunma, Ibaragi, and Tochigi Prefectures). According to the data, the total number of identified obsidian artifacts stands at 38,235 pieces from the Upper Palaeolithic and 41,178 pieces from the Jomon lithic industries.

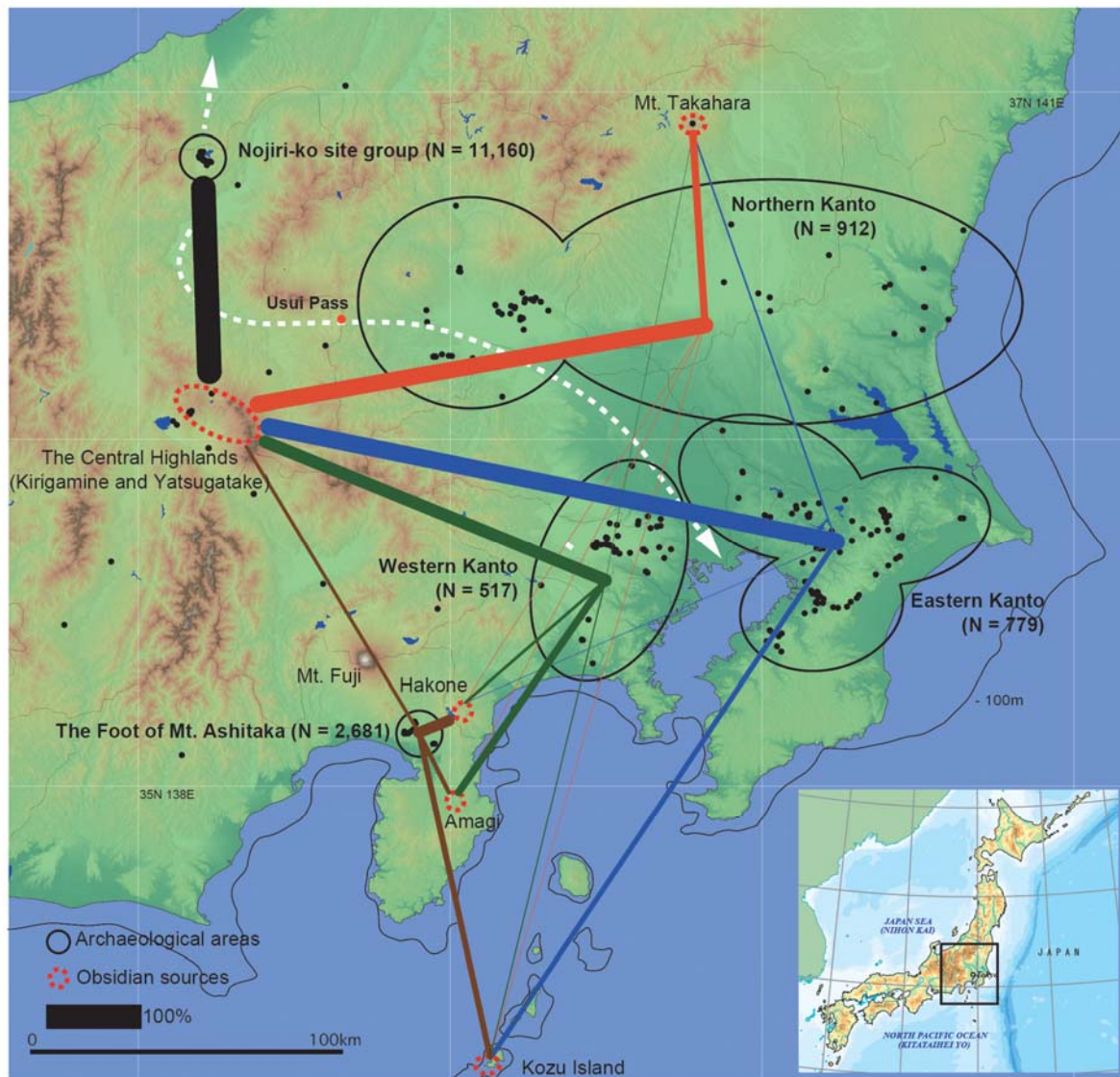
### *The beginning of obsidian use in central Japan*

The obsidian provenance analyses have identified the sources of 16,049 obsidian artifacts from the lithic industries of central Japan in the early part of the Early Upper Palaeolithic (eEUP for short), dated to the interval between ca. 38,000 and ca. 35,000 cal BP (**Table 1**). The geographical features and the density of site distribution in the eEUP divide the Kanto district into three archaeological regions, namely, northern, eastern, and western

Kanto (**Fig. 1**). In addition, the Ashitaka region is located in the southernmost part of central Japan, and the Lake Nojiri region is in the northernmost part of central Japan. **Table 1** and **Figure 1** illustrates the ratio of the identified obsidian sources among the five archaeological regions in the eEUP.

It can be pointed out that obsidian transported from every source area by the eEUP populations was found to be distributed over 80 km from the sources. In particular, obsidian from Kozu Island, the distribution of which is concentrated in the Ashitaka area and in east Kanto, was obviously transported across the ocean. Kozu Island has never been connected to the coastal areas of Honshu by any land bridges, even in the LGM (at least 30-40 km away from Honshu). Recently, radiocarbon dates and provenance data obtained from the obsidian assemblage of the Ide-maruyama site in the Ashitaka area revealed that obsidian exploitation in both the Central Highlands and on Kozu Island dates back to 37,000-38,000 cal BP (Takao & Harada 2011).

**Figure 1.** also shows that only the Central Highlands obsidian was distributed throughout central Japan. This phenomenon is explained by the notion that the mobility strategies of the eEUP populations were planned to pass through the Central Highlands, having used the place like a hub that connected various residential areas. The author believes that far-reaching mobility strategies of the eEUP overlapped with the seasonal migration routes of large now-extinct herbivores, such as Naumann's elephants (*Palaeoloxodon naumanni*) and Yabe's giant deer (*Sinomegaceros yabei*). Several researchers have claimed that their seasonal migration route through the central Japan of the Late Pleistocene was extended between the coastal area of the Sea of Japan and the Kanto Plain via the Lake Nojiri site group, the north side of the Central Highlands, and Usui-toge (the Usui Pass) (Otaishi 1990, Ono 2001) (**Fig. 1**).



**Fig. 1.:** Map of sites and obsidian distribution in the eEUP (~40 ka-35 ka cal BP) in central Japan. Black dots: eEUP lithic industries. The bars in each archaeological area show the ratio of obsidian artifacts classified into five source areas by provenance analysis (XRF, NAA). “N” indicates the number of obsidian artifacts analyzed as of 2011 (**Table 1**). White dotted line: supposed seasonal migration route of extinct large herbivores in the Late Pleistocene (Otaishi 1990, Ono 2001)

**1. ábra:** Obszidián elterjedése a legkorábbi korai felső paleolitikum (eEUP) lelőhelyeken (~40 ka-35 ka cal BP) Japán középső részén. Jelkulcs: az eEUP köiiparok elterjedését fekete pöttyök jelölik. A vonalas diagram a régészeti lelőhelyeknél az obszidián eszközök arányát mutatja, öt nyersanyagforrás-területhez sorolva őket (XRF, NAA vizsgálattal azonosítva). “N” mutatja a vizsgált obszidián eszközök számát (2011-ig, ld. **1. táblázat**). Fehér pöttyözött vonallal jelölve a késő pleisztocén nagy növényevők szezonális vándorlási útvonala (Otaishi 1990, Ono 2001)

Accordingly, the exploitation of the Central Highlands obsidian was essentially embedded in the mobility strategies of the eEUP populations. As a result, the Central Highlands obsidian was supplied over all of the residential areas.

Since the beginning of obsidian source exploitation in the eEUP, the Central Highlands had served as the core region of obsidian supply during the Upper Palaeolithic and the Jomon Periods. The archaeological record of the Central Highlands will be examined in the sections below to reveal the activities of the Upper Palaeolithic and Jomon

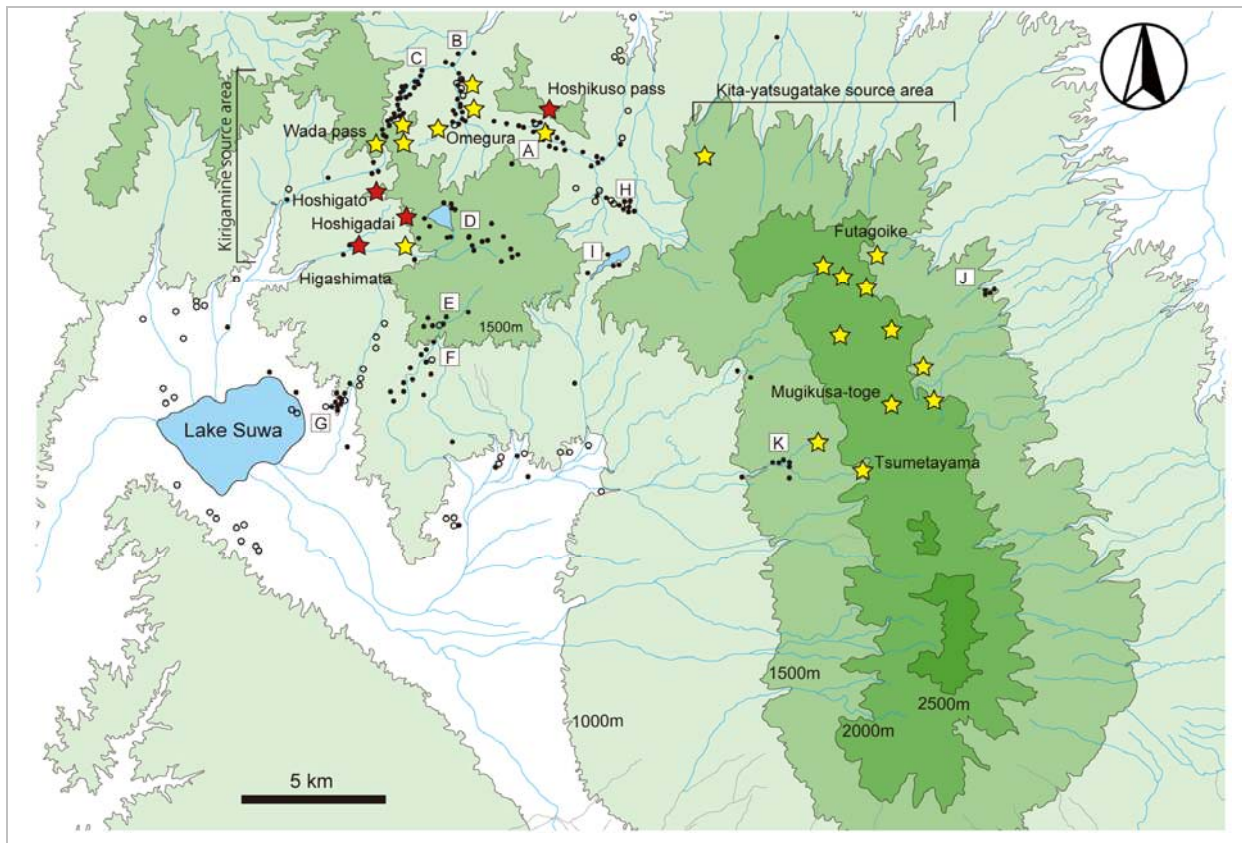
peoples at specific sources and how they obtained obsidian nodules.

### *Sources and sites in the Central Highlands*

#### **Sources and site distribution**

The obsidian sources in the Central Highlands of Nagano Prefecture, over 20 of which have been mapped so far, are scattered throughout the mountainous areas of Kirigamine and Yatsugatake





**Fig. 2.:** Distribution map of prehistoric sites and major obsidian sources in the Central Highlands of Nagano Prefecture. ●: Upper Palaeolithic sites; ○: Jomon sites; A-F: Upper Palaeolithic site groups (A: Takayama, B: Omegura, C: Wata-toge, D: Yashima, E: Ikenokurumi, F: Jakoppara, G: East Lake Suwa, H: Warehashi, I: Ikenotaira Lake Shirakaba, J: Ikenotaira, K: Shibukawa); yellow stars: major obsidian sources; red stars: sources with a Jomon mining site

**2. ábra:** Óskori lelőhelyek elterjedése és a nagyobb obszidián források a Japán-hegyvidék középső részén Nagano prefektúra területén. Jekulcs: ●: felső paleolit lelőhelyek, ○: Jomon lelőhelyek; A-F: felső paleolit lelőhely csoportok (A: Takayama, B: Omegura, C: Wata-toge, D: Yashima, E: Ikenokurumi, F: Jakoppara, G: East Lake Suwa, H: Warehashi, I: Ikenotaira Lake Shirakaba, J: Ikenotaira, K: Shibukawa); sárga csillagok: nagyobb obszidián források; vörös csillagok: nyersanyagforrások Jomon kori bányahellyel

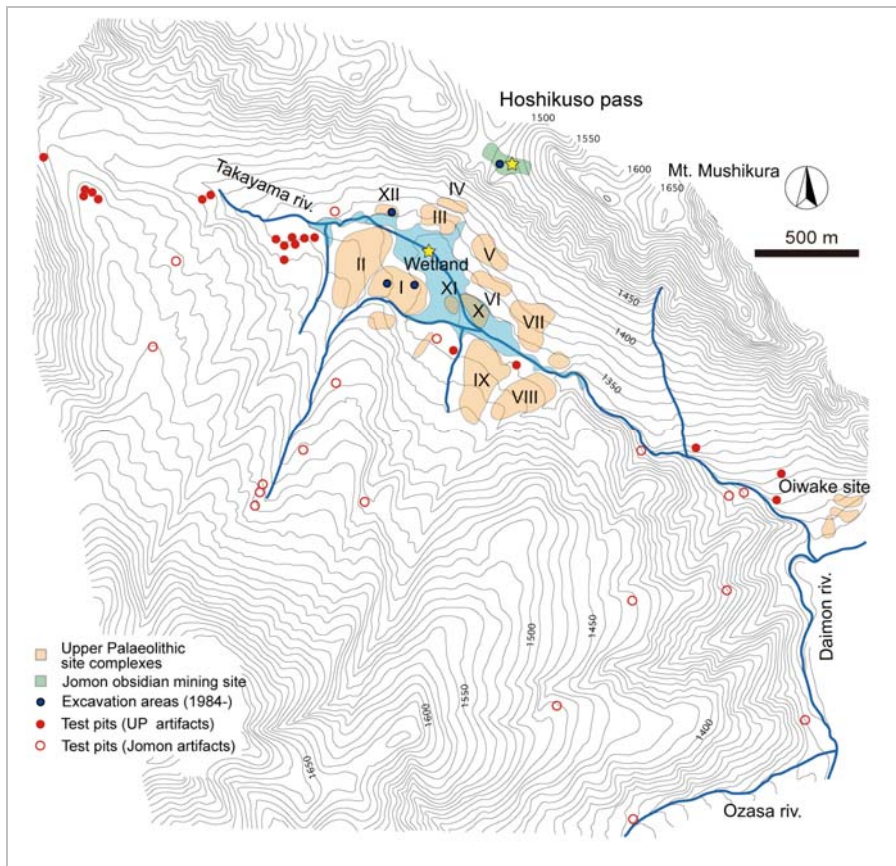
at altitudes between 1,200 and 2,000 m above sea level (Fig. 2). According to the classification of the sources, based on petrographical observation and XRF elemental analysis for the Central Highlands obsidian by Sugihara (2011), these sources are distinguishable into six source groups (Nishikirigamine, Wada, Takayama, Omegura, Mugikusa/Tsumetayama, and Yokodake). The distribution of the source groups can be further divided into two geographical areas (Kirigamine and Kita-Yatsugatake).

In the area near and around the sources, a large number of Upper Palaeolithic and Jomon sites have been discovered since the 1950s. When site distribution patterns in the area are compared between the Upper Palaeolithic and the Jomon Periods, there is a stark contrast with regard to landscape use (Fig. 2). The Upper Palaeolithic sites are obviously concentrated in a high altitudinal zone above 1,000 m particularly close to the

sources. The Jomon settlements with dwelling pits tend to be distributed on hill-slopes at some distance from the sources in a lower altitudinal zone below 1,000 m. Also, general surveys have brought to light that at least four large extended underground obsidian mining sites from the Jomon Period exist at the sources. They are the mining sites of Hoshikuso Pass, Hoshigato, Hoshigadai, and Higashimata (Anbiru et al. 1999, Miyasaka & Tanaka 2008).

#### **Takayama prehistoric site group at the Hoshikuso pass obsidian sources: an overview**

Early excavations in the Central Highlands were often conducted, until the 1970s, in only small test-pits, and the majority of artifacts were not collected by a systematic excavation procedure. Since 1984, a research group for the Takayama sites headed by Mitsunori Tozawa and Masao Anbiru of Meiji University, Tokyo has conducted general surveys

**Fig. 3.:**

Prehistoric site group of Takayama in Nagawa Town, Nagano Prefecture, Japan. Yellow stars: obsidian sources. Modified from Anbiru & Shimada 2001: Fig. 2

**3. ábra:**

A Takayama lelőhely-csoport Nagawa környékén (Nagano prefektúra). Az obszidián nyersanyag-források sárga csillaggal jelölve. Anbiru & Shimada 2001: Fig. 2 nyomán.

and controlled excavations at the Takayama site group. The author has been a member of the team since 1989. The site group is located around the obsidian sources of the Hoshikuso Pass (**Fig. 2: A, Fig. 3**). The sources are classified under the source group of “Takayama” by the above-mentioned Sugihara scheme.

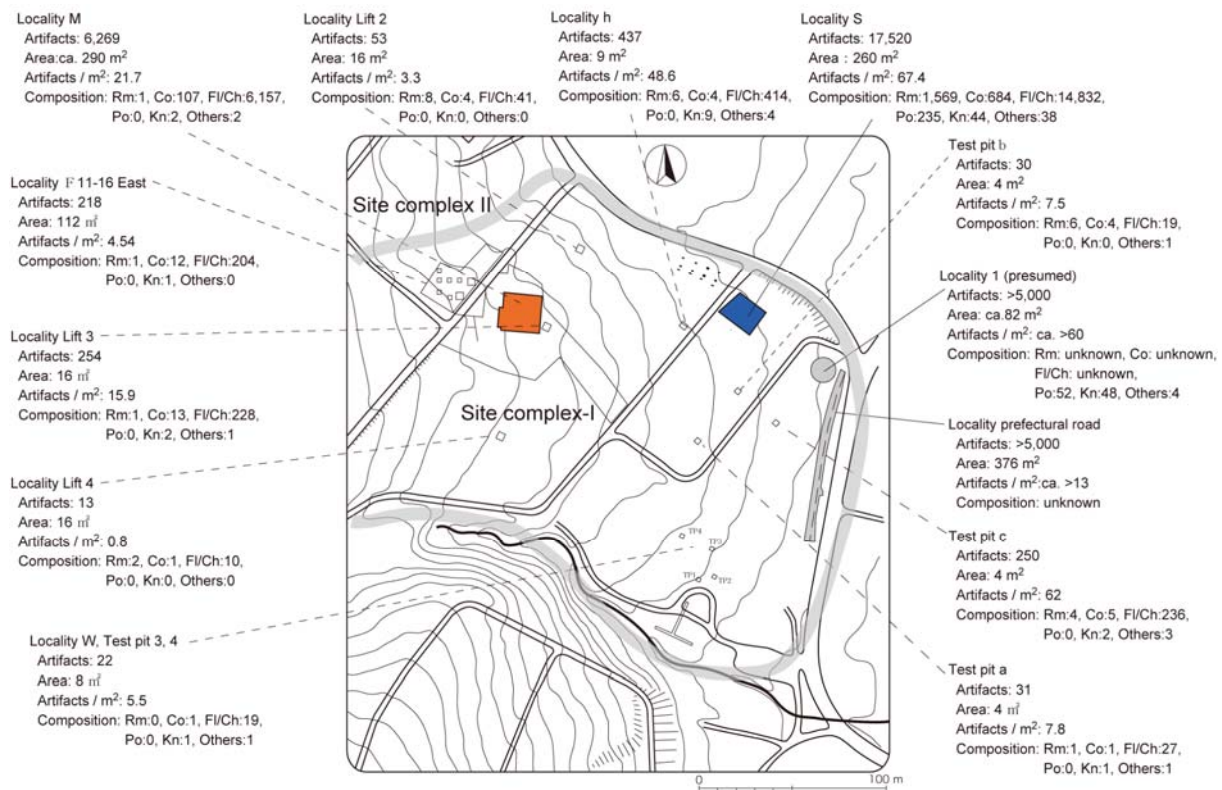
Obsidian nodules buried within deposits of the slope extending from the Hoshikuso Pass to the top of Mt. Mushikura, and of the wetland and the riverbed along the Takayama River are observable at present (Tozawa et al. 1989, Anbiru et al. 1999). The geological research, including boring surveys, has revealed that these obsidian deposits originated from the pyroclastic flow of eruptions in 0.27 Ma and 0.87 Ma (Sugihara & Danbara 2007).

With the systematic surface surveys conducted by the research group in 1986-1987, the Upper Palaeolithic site complexes have been identified (Tozawa et al. 1989, Anbiru et al. 2003a). The 12 Upper Palaeolithic site complexes (Takayama I to XII sites) around the wetland are represented by the spatial distribution of the surface collections, and are distinguished from each other by small buried valleys (**Fig. 3**). Nearly all the surface collections (N = 6,122) have been composed of Palaeolithic artifacts, though 15 arrowheads and a few fragments of Jomon pottery have been found. Of

these site complexes, the excavations that focused on site complex-I have revealed Upper Palaeolithic workshops for obsidian reduction (**Fig. 4**). The representative workshops in site complex-I are Locality M (abbreviated as TI-M in the text below) and Locality S (abbreviated as TI-S in the text below), excavated in 1984 and 1989, respectively. Additionally, at the eastern margin of the site group, the place where the Takayama River runs into the Daimon River, the multi-layered Upper Palaeolithic occupation site of Oiwake was excavated by the Nagato Town Board of Education in the years 1995-1998 (**Fig. 3**) (Otake & Katsumi 2001).

During the above-mentioned surface surveys, the research group discovered that numerous surface depressions like moon craters with diameters of 5-10 m were densely scattered on the mountain slope extending from the Hoshikuso Pass (Tozawa et al. 1989) (**Fig. 3**). In 1991, the team first excavated surface depression No. 1 (abbreviated as SD No. 1 in the text below) and unearthed numerous small pieces of obsidian, laminated soil layers that were piled artificially over 2 m deep, pottery assigned to the Late Jomon packed between the layers, vertical profiles of pits, and obsidian nodules buried within the white clay-like pyroclastic deposit at the bottom of the excavation trench. The bottom part of the pits reached the obsidian deposit (**Fig. 7: Photos 1, 2, 3**).





**Fig. 4.:** Takayama site complex-I and excavation areas (1966-) (Shimada, 2007). Dotted lines: backed-point industries; solid lines: spear-point industries; Rm: raw materials; Co: cores; Fl/Ch: flakes and chips; Po: spear-points; Kn: backed-points. Data of lithic assemblages after Miyasaka & Miyasaka 1966, Tozawa et al. 1989, Tozawa & Anbiru 1991, Otake & Katsumi 2001

**4. ábra:** A Takayama lelőhelycsoport I sz. lelőhelye és az ásatási terület (1966-) (Shimada, 2007). Szaggatott vonal jelöli a tompított hátú hegyekkel jellemezhető iparokat, folyamatos vonal a lándzsahegyekkel jellemezhető iparokat. További jelek: Rm: nyersanyagdarab; Co: magkő; Fl/Ch: szilánk és pattinték; Po: lándzsahegy; Kn: tompított hátú hegy. Miyasaka & Miyasaka 1966, Tozawa et al. 1989, Tozawa & Anbiru 1991, Otake & Katsumi 2001 adatainak felhasználásával.

Hence, the excavation verified that the pits were used for mining obsidian and were filled with mining spoils, and that the crater-like shape of SD No. 1 was formed by both the underground obsidian mining activities and the disposal actions of the mine spoils by at least the Late Jomon people (Anbiru et al. 1999). Measurement surveys of the mining site conducted in 1992-1993 and 1998-1999 revealed that 194 surface depressions are scattered over an area of ca. 45,000 m<sup>2</sup> (Anbiru & Shimada 2001) (**Fig. 7: Map**).

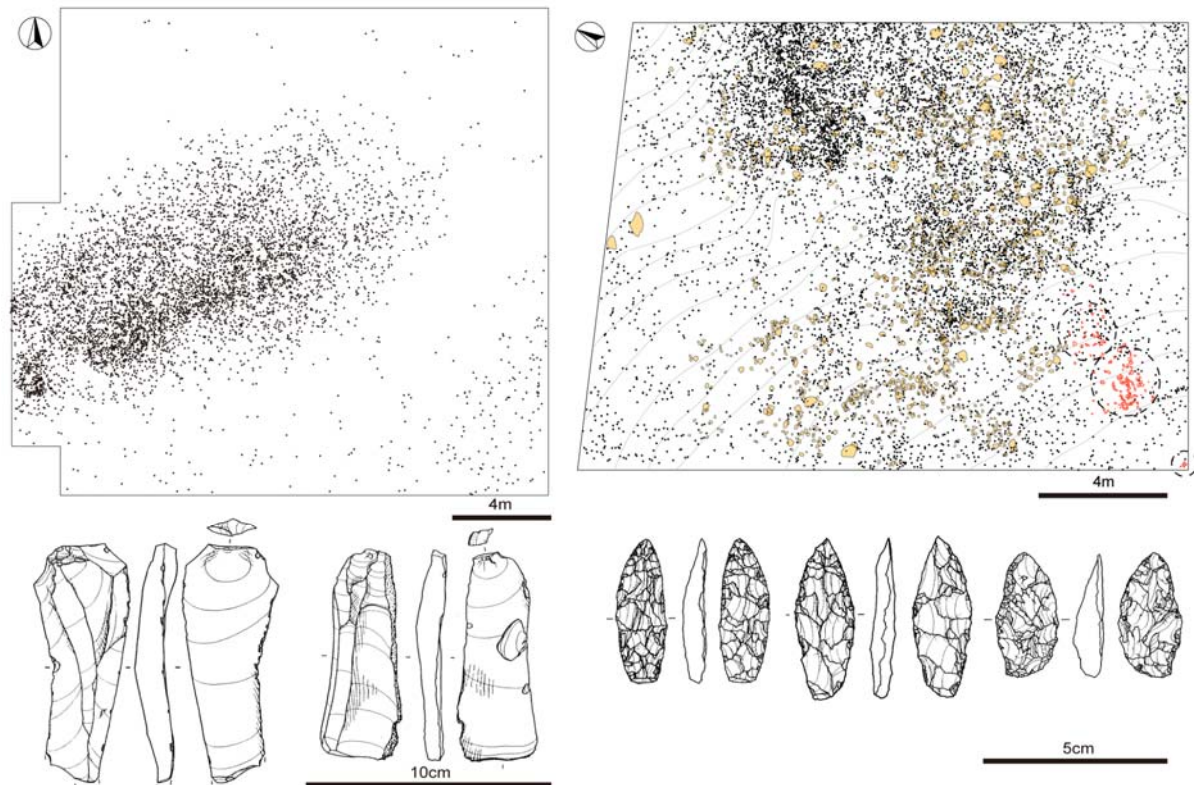
### **Activities of prehistoric hunter-gatherers in the Takayama site group**

#### **Upper Palaeolithic workshops and occupations**

TI-M yielded 6,269 lithic artifacts (6,266 obsidian and three other raw materials) comprising one large-sized lithic concentration (Tozawa et al. 1989) (Figs. 4, 5). The lithic assemblage is characterized by a developed blade technique and

intensive production of obsidian blades. Only two finished stone tools have been unearthed. Although only one piece of an obsidian nodule has been discovered at the site, the analysis of the lithic technology indicates that various forms of angular chunks 8-30 cm in length basically represent the nodules for blade production. No hearth has been discovered from T1-M. Obsidian provenance analysis on the TI-M assemblage has indicated a convergence to the Wada-Takayama group (corresponding with the Takayama source group by Sugihara scheme) (Kobayashi 2001). These features of TI-M suggest that the lithic assemblage was formed by a short-term encampment in association with intensive preparation of lithic blanks and blade cores based on the acquisition of the Takayama obsidian from the wetland. The interpretation is also supported by the fact that the minimum amount of nodules necessary for blade core reduction at that location was brought into the site.





**Fig. 5.:** Distribution of artifacts from Takayama site complex-1, Locality M (left) and Locality S (right). Dots: lithic artifacts (brown: cobbles; red: stone hearths). After Tozawa et al. 1989, Tozawa & Anbiru 1991

**5. ábra: Leletsűrűség és megoszlás a Takayama lelőhelykomplexum 1. sz. lelőhelyén, M (balra) és S (felületek).** A köeszközöket pontok jelölik, barnával a kavicsokat, vörössel a tűzhelyfoltokat jelöltük Tozawa et al. 1989, Tozawa & Anbiru 1991 nyomán.

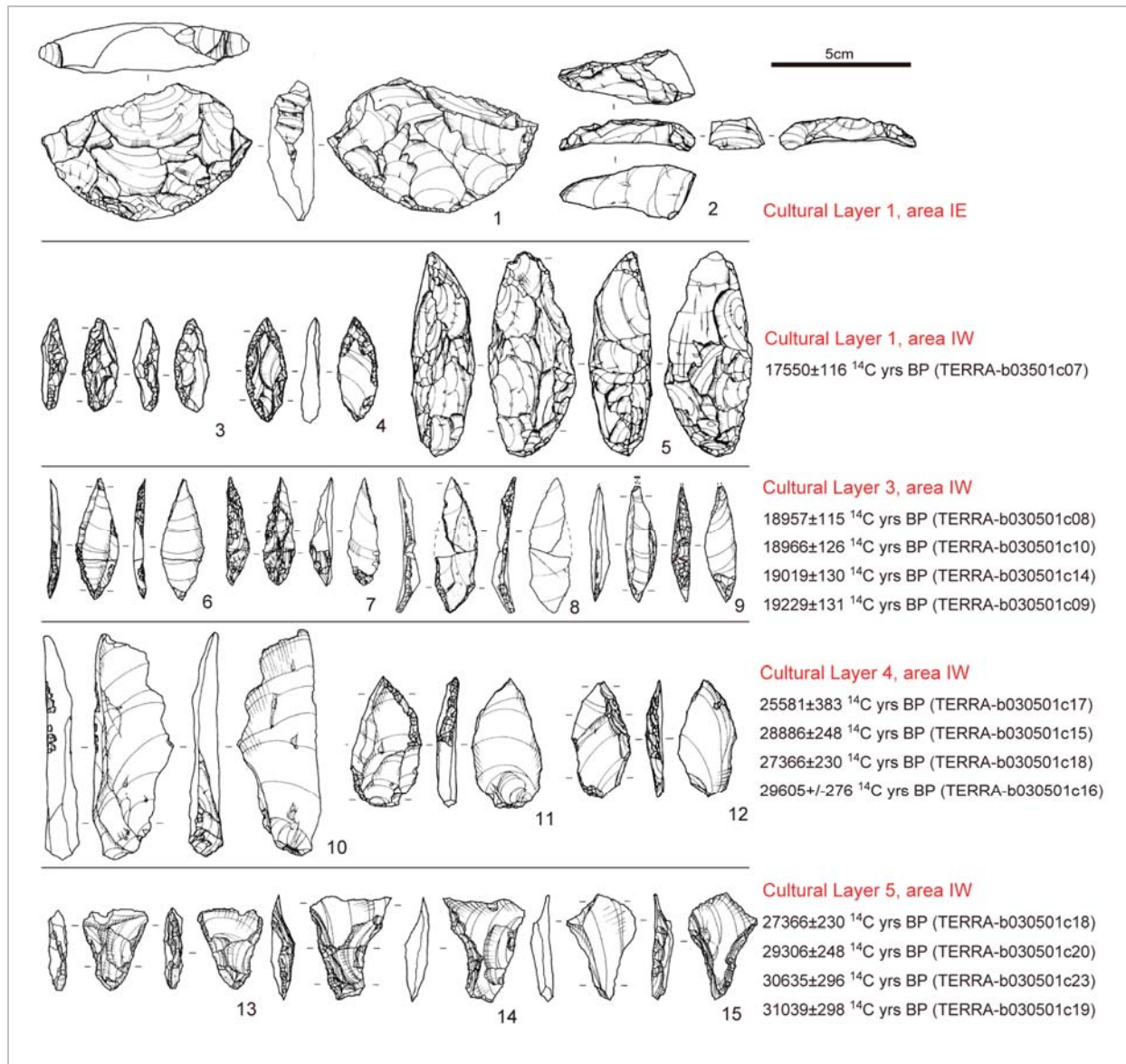
No radiocarbon dates have been obtained from the site, but the techno-typological analysis based on the Upper Palaeolithic chronology in the Kanto Plain indicates that TI-M can be assigned to the final stage of the Early Upper Palaeolithic ca. 27,000-28,000 cal BP. The proliferation of obsidian backed-point industries on the Kanto Plain, which is parallel to TI-M, immediately prior to LGM, indicates that a large amount of the obsidian lithic blanks and cores was supplied from lithic workshops, including TI-M, to consumption areas far from the Central Highlands (Anbiru 1991).

From the 260 m<sup>2</sup> excavation area at TI-S, 17,520 artifacts have been recovered, including 189 pieces of unfinished spear-points accounting for 80% of the 235 spear-points in total. These points were made by bifacial, unifacial, or partial retouch (Tozawa & Anbiru 1991) (Figs. 4, 5). The dominant nature of the unfinished pieces in the composition of the stone tools demonstrates that TI-S can be recognized as a typical lithic workshop strongly related to both the production and the supply of spear-points. In total, 1,569 unprocessed obsidian nodules have been discovered from the site. The analysis of the lithic technology at TI-S

showed that a wide variety of nodule shapes, from tablet to angular chunks, were used for spear-point production and core reduction.

The large-sized lithic concentration at TI-S was accumulated through recurrent site use. This is suggested by the existence of three stone hearths that show differences in stratigraphic level from each other, as well as by the obsidian provenance data obtained from TI-S that demonstrate obsidian was exploited not only from Takayama but also from multiple sources in the Central Highlands (Kobayashi, *ibid.*). These facts indicate that the tool makers moved about among the sources of the Central Highlands and visited TI-S intermittently for spear-point manufacturing, and that the recurrent site use continued for a prolonged time. A large number of the selected obsidian nodules remained at TI-S support this interpretation as well.

No radiocarbon dates have been obtained from TI-S but the techno-typological analysis based on the Upper Palaeolithic chronology in the Kanto Plain convincingly shows that TI-S can be assigned to the spear-point industries in the middle part of the Late Upper Palaeolithic ca. 20,000-23,000 cal BP.



**Fig. 6.:** Cultural layers, lithic assemblages and radiocarbon dates from Oiwake site. 1: microblade core with platform created through spall removal; 2: platform preparation flake; 3-5: spear-points; 6-12: backed-points; 13-15: trapezoids. After Otake & Katsumi 2001, Yoneda 2001

**6. ábra:** Oiwake lelőhely kultúrrétegei, kőipar és radiokarbon koradatok. 1: mikropenge magkő kialakítása; 2: platform előkészítő szilánk; 3-5: lándzsahegyek; 6-12: tompított hátú hegyek; 13-15: trapezoid eszközök. Otake & Katsumi 2001, Yoneda 2001 nyomán.

Actually, obsidian spear-points and a large amount of obsidian nodules from the Central Highlands were supplied to the spear-point industries in the Kanto Plain (Anbiru 1991; Shimada 2008).

Not only large lithic workshops but also typical occupation sites are distributed around the Takayama site group. The multi-layered site of Oiwake is situated at the eastern margin of the site group about 2 km from the source of the wetland (Fig. 3). The Oiwake lithic industries have convinced us that the landscape use in the mountain range of the Central Highlands was maintained from the beginning of the Early Upper Palaeolithic

to the final stage of the Late Upper Palaeolithic between ca. 35,000 and ca. 17,000 cal BP (Otake & Katsumi 2001) (Fig. 6). Five occupation levels of the Upper Palaeolithic with secure stratigraphic positions and radiocarbon determinations have yielded a trapezoid industry (ca. 29,000-31,000 <sup>14</sup>C BP); a backed-point industry before LGM (ca. 27,000-29,000 <sup>14</sup>C BP); a backed-point industry after LGM (ca. 19,000 <sup>14</sup>C BP); a spear-point industry (ca. 17,000 <sup>14</sup>C BP); and a microblade industry with the Yubetsu technique (no radiocarbon date but the chronological framework indicates 17,000-18,000 cal BP) (dates after Yoneda 2001).

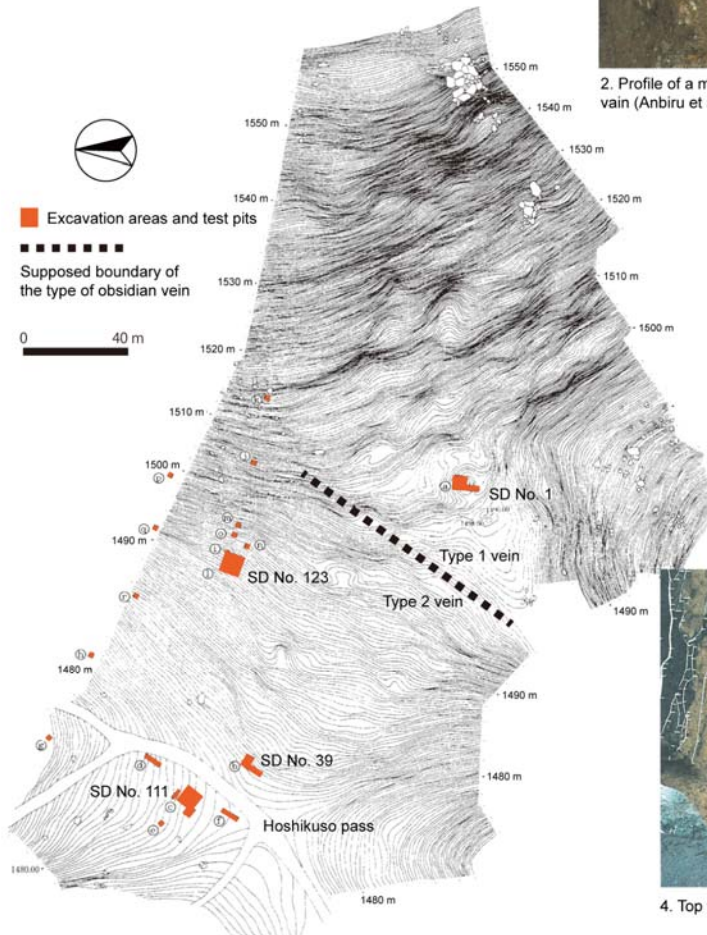




1. The Late Jomon pottery from SD No. 1 (Anbiru et al. 1999)



2. Profile of a mining pit at SD No. 1, the bottom part of which reaches the obsidian vein (Anbiru et al. 1999)



3. An obsidian nodule buried within the pyroclastic deposit, SD No. 1 (Anbiru et al. 1999)



4. Top view of the mining pit No. 01, SD No. 111 (Anbiru et al. 2000)



6. Profile of the mining pit No. 01, SD No. 111 (Anbiru et al. 2000)

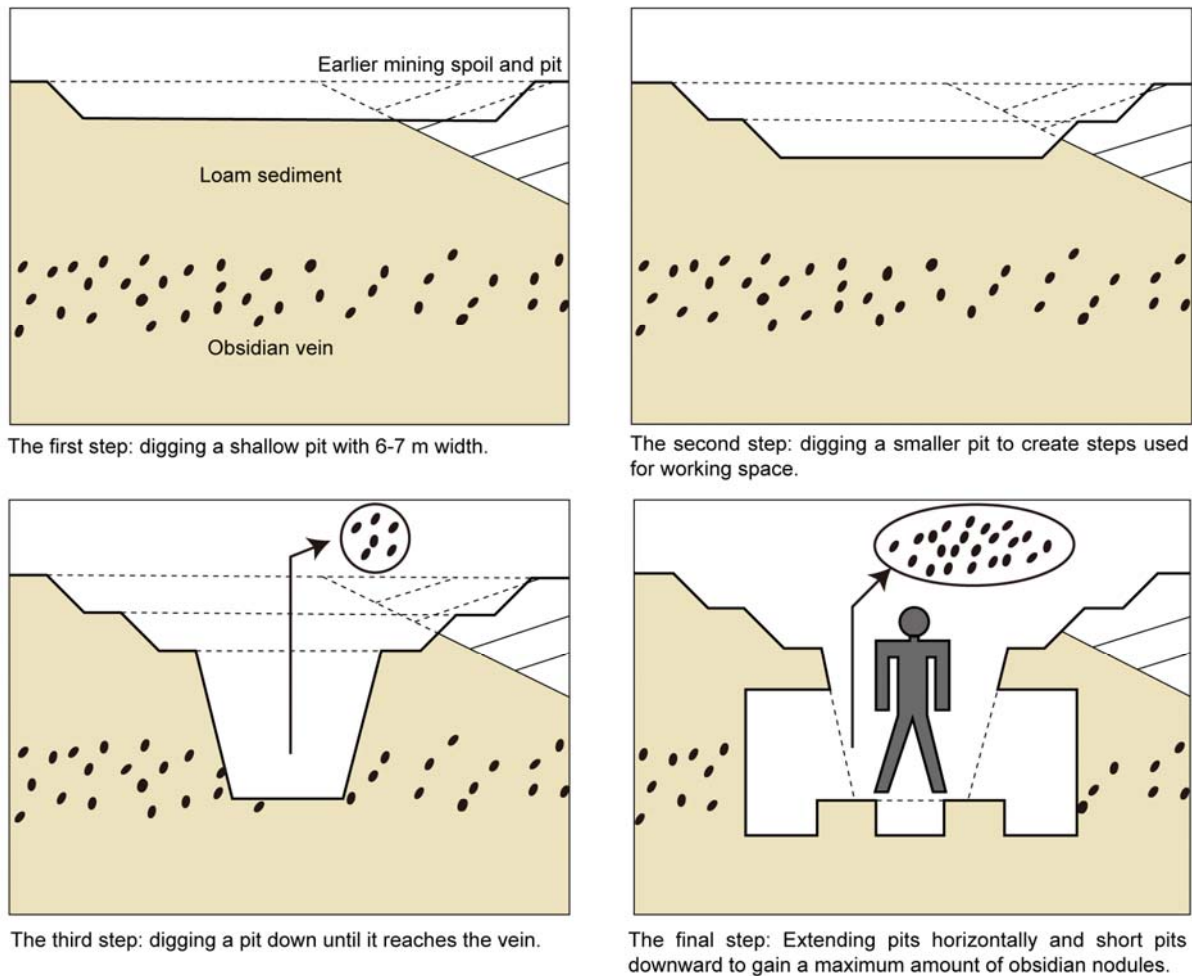


5. Lateral view of the mining pit No. 01, SD No. 111 (Anbiru et al. 2000)

**Fig. 7.:** Jomon mining site of Hoshikuso Pass in Nagano Prefecture, Japan. The survey map is partially modified from Anbiru & Shimada 2001.

**7. ábra:** Hoshikuso-hágó, Jomon kori bányahely (Nagano prefektúra). A térkép Anbiru & Shimada 2001 nyomán készült.





**Fig. 8.:** Schematic reconstruction of a sequence of mining based on the excavations of mining pit No. 01 at SD No. 111 located at the flat area of Hoshikuso Pass. Modified from Anbiru et al. 2000: Fig. 34

**8. ábra:** A bányászat folyamatának sematikus rekonstrukciója a Hoshikuso-hágó területén a SD 111 sz. lelőhely 1. sz. bányagödre alapján. Anbiru et al. 2000: Fig. 34 nyomán

Several hundreds of stone tools and debitage, and regular-sized lithic concentrations comprising each occupation level indicate that temporary encampments with subsistence activities including obsidian procurement existed in the source area.

#### Jomon mining activities

The term ‘mining’ used in this paper refers to a series of activities undertaken to dig out stone nodules for stone tool manufacturing from underground deposits by digging pits or cutting slopes that require the moving of a certain amount of soil.

Two types of field occurrence of obsidian nodules that prehistoric mining activity pursued have been identified at the mining site of the Hoshikuso Pass. The obsidian occurred within the white clay-like pyroclastic deposit over 2-3 m below the present ground surface is the first type discovered by the excavations of SD No. 1 (Anbiru et al. 1999). The pyroclastic deposit involving the type-1 obsidian

deposit seems to show the primary sedimentary structure (**Fig. 7: Photo 3**). The second type of obsidian deposit occurred within the loam sediment, which was discovered by the excavations of SD No. 39 and SD No. 111 (Anbiru et al. 2000) (**Fig. 7: Map**). It appears that the type-2 obsidian deposit represents the secondary deposition caused by landslides, and was originated from the type-1 obsidian deposit (**Fig. 7: Photo 5** shows the loam layer containing the obsidian nodules). Additionally, Upper Palaeolithic spear-point industries have been discovered from the loam sediment at the Hoshikuso Pass as well (Anbiru & Shimada 2001). The distribution of the two types of obsidian deposit is supposed to be separated somewhere around the middle part of the mining site (**Fig. 7: Map**).

A sequence of the mining activity reconstructed from the excavations of mining pit No. 01 at SD No. 111 during 1995-1997 is as follows (Anbiru et al. 2000) (**Fig. 7: Photos 4, 5, 6; Fig. 8**): Before the

mining, Jomon miners selected an area to dig a new pit. The new mining pit was dug partially overlapping a former mining pit filled with mining spoils, because this implied that the obsidian deposit existed underground (here, a type-2 deposit). As the first step, the miners dug a shallow pit of 6-7 m in diameter. Next, a somewhat smaller pit than that dug in the first step was dug to create steps used for the working space (**Fig. 7: Photo 6**). Then, a pit of 1.5-2.0 m in depth from the ground surface was dug, and miners could reach the obsidian deposit. Finally, the miners effectively extended pits in a horizontal direction and dug short pits downward to acquire a maximum amount of obsidian nodules (**Fig. 7: Photos 4 and 5**). Apparently, the mining activity required collaborative work by an organized task group.

Typological analysis of Jomon pottery obtained from the excavation of mining pit No. 01 has shown convincingly that the earliest mining activities date back to ca. 12,000 cal BP in the late part of the Incipient Jomon (Anbiru et al. 2000). Radiocarbon dates of ca. 3,500 <sup>14</sup>C BP have been recently obtained from charcoal adhering to several fragments of the Late Jomon pottery from SD No. 1 (Otake 2011). However, in order to reconstruct the whole duration of mining activities with confidence, dates obtained so far are insufficient. Although pottery that belongs to the Incipient and Early Jomon has been obtained from the mine spoils of SD No. 1 as well (Anbiru et al. 1999), its relations with mining pits have not yet been made clear. Pottery of the Early and Final Jomon has been discovered from excavation areas at other Jomon obsidian mining sites located at the Hoshigato and Higashimata sources (Miyasaka & Tanaka 2008). Only a small number of the observed surface depressions have been excavated. Further excavations and date determinations of the mining activities are still required.

Yamashina (2011) argued on the selection of obsidian nodules at the mining site of Hoshikuso Pass. He revealed that there are significant relations among the composition of sizes among the nodules contained in the deposit, the discarded nodules recovered from the mining spoils, and the stored nodules at the settlements around the source area, which indicate the selecting of obsidian nodules along with the mining. While primary processing of obsidian nodules occurred on a large scale in the vicinity of mining pit No. 01 at SD No. 111 in the Incipient Jomon (Anbiru et al. 2000), the subsequent mining activities at the mining pits of Higashimata in the Early Jomon, and at those of the Hoshikuso Pass in the Late Jomon show negative association with lithic workshops (Anbiru et al. 1999, Miyasaka & Tanaka, *ibid.*). The primary processing activities at the mining site reappeared at the mining pits of Hoshigato in the Final Jomon (Miyasaka & Tanaka, *ibid.*).

### ***Changes in obsidian source exploitation between the Upper Palaeolithic and the Jomon***

Given that prehistoric human activities in an area lead to a certain type of site distribution pattern, the distinct change in site distribution patterns between the Upper Palaeolithic and the Jomon in the Central Highlands mentioned earlier reflects the changes in obsidian procurement activities. This section examines this issue from the perspective of procurement technologies, landscape use, the organization of groups, and the obsidian circulation systems.

#### **Procurement technology**

The Upper Palaeolithic people collected obsidian nodules cropping out at procuring spots such as riverbeds. According to the results of the excavation of SD No. 123 at the mining site of the Hoshikuso Pass in 2002 (**Fig. 7: Map**), which aimed at revealing the relations between the Upper Palaeolithic spear-point industries at the Hoshikuso Pass mentioned in the previous section and the type-2 obsidian deposits, there has been no evidence of mining activities related to the lithic concentrations of the spear-point assemblage discovered by the excavation (Anbiru et al. 2003b, Shimada et al. 2006). Basically, the gathering of obsidian nodules from ground surfaces at the procuring spots is characteristic of Upper Palaeolithic obsidian procurement.

In contrast, large-sized mining sites in which underground obsidian nodules were dug out by means of numerous pits emerged in the Central Highlands during the Jomon Period. The systematic digging technology is characteristic of Jomon procurement activities. Although the earliest mining pit dates back to the late phase of the Incipient Jomon, the historical process with regard to the emergence of the digging technology for the mining is still ambiguous. The author believes that the mining skill was part of the digging technology that the Jomon people used for making pitfall traps in hunting fields and dwelling pits in semi-sedentary settlements.

#### **Landscape use**

The Upper Palaeolithic obsidian procurement at the sources is strongly linked to primary nodule processing and stone tool production. Either short-term intensive obsidian reduction or long-term recurrent site use specialized in stone tool production caused the formation of large-sized lithic workshops adjacent to the procuring spots. Also, there were temporary encampments in association with hunting activities at the source area, which are composed of relatively small-sized lithic concentrations that are similar to those that

remained in the residential areas of the Kanto Plain. It appears that the distribution of encampment sites reflects both the mobility routes that connected the procuring spots and the approaching routes from distant residential areas to the sources. The combination of various activities closely related to the procuring spots is characteristic of the Upper Palaeolithic landscape use in the Central Highlands.

The activities at the mining sites of the Jomon people consisted of 1) mining, 2) selecting obsidian nodules, 3) primary processing (depending on the case), and 4) the carrying out of selected nodules and flaked obsidian pieces (the latter depending on the case). The hearths, the concentrations of charcoal, and Jomon pottery packed between the mining spoils were discovered at SD No. 1 (**Fig. 7: Photo 1**) and mining pit No. 01 at the Hoshikuso Pass (Anbiru et al. 2000, Otake 2011). These traces indicate that the temporary encampments existed at mining spots. In the Central Highlands, however, there are scarcely any semi-sedentary Jomon settlements in association with dwelling pits near sources above the 1,000 m zone. Accordingly, highly specialized activity for procurement of obsidian buried underground is characteristic of Jomon landscape use in the Central Highlands.

### Organization and circulation system

Previous literature on obsidian circulation in the Upper Palaeolithic has demonstrated that there were three types of systems for obsidian procurement and transportation: 1) The procurement was essentially embedded in the mobility strategies of local groups (Anbiru 1991; Tamura 1992); 2) small parties dispatched to the sources by the local groups procured and transported obsidian (Shimada 2012); 3) the local group(s) near the source area supplied obsidian to other local groups. A primary form of exchange occurred at the boundaries of the regional societies (Shimada 2008). The type-1 exploitation had occurred since the early part of the Early Upper Palaeolithic, as mentioned in an earlier section, and was provably responsible for the activities at the sources related to short-term and intensive obsidian processing (e.g., TI-M). It is anticipated that the type-2 exploitation led to the creation of various temporary encampments at sources similar to those in residential areas (e.g., Oiwake). The type-3 exploitation occurred only in the Late Upper Palaeolithic. The recurrent site use and multiple-source exploitation in the source area (e.g., TI-S) resulted from the type-3 exploitation, a situation which implies the emergence of local group(s) who managed the source area.

The cost for obsidian transport in the Upper Palaeolithic circulation systems was high compared to that of the Jomon, because the obsidian circulation, including the primary form of exchange, was totally dependent on the movements

of a person or a group who collected obsidian at the procuring spots. Accordingly, intensive preparation for core reduction and stone tools at the procuring spots was required to avoid the case in which low-quality obsidian unsuitable for stone tool manufacturing would be brought into residential areas far away from the source.

Specialized task groups engaged in the mining activities, including primary processing, were obviously organized in Jomon obsidian mining. The locations of the Jomon settlements and the mines were completely distinguishable from each other in the Central Highlands. A large amount of obsidian artifacts and storage features of obsidian nodules has often been found at Jomon settlements located in the zone below 1,000 m (Nagasaki 1984, Tanaka 2001). These storage features were employed since the Early Jomon, and proliferated in the Middle Jomon. These settlements are interpreted to be relay stations for obsidian circulation in a wide area. The circulation of obsidian in the Jomon was totally dependent on exchange or trade networks connecting the sources and the distant local groups (Kosugi 1995, Daikuhara 2007). The lower transport costs than those of the Upper Palaeolithic enabled the establishment of highly organized procurement activity at the source, that is, mining. The Jomon exchange networks reflect both the establishment of the local group(s) who exclusively managed the source area and controlled obsidian circulation, and the emergence of highly sophisticated social relations among the regional Jomon societies of central Japan.

Finally, there remains the most challenging issue, namely, determining by what causes obsidian mining was brought about in the Jomon Period. It is suspected that the main driving force was the amelioration of the glacial conditions and the vegetation changes in the mountain ranges above 1,500 m in the early Holocene, which developed humus and topsoil and extended the forest zone, concealing most of the obsidian nodules once exposed on ground surfaces during the glacial period. However, there is still a need to discuss this issue and collect further evidence.

### Acknowledgements

This research is supported by the MEXT-supported Program for the Strategic Research Foundation at Private Universities, 2011-2015; Project title: "Historical Variation in Interactions Between Humans and Natural Resources: Towards the Construction of a Prehistoric Anthropography," headed by Prof. Dr. Akira Ono of Meiji University. The paper is based on an oral presentation delivered at the Archaeometry Workshop held at the Hungarian National Museum on November 26th, 2012. I am grateful to Dr. Katalin Biró of the Hungarian National Museum, who gave me the opportunity to submit the paper, and to two anonymous reviewers for helpful comments.

## References

- ANBIRU, M. (1991): Kokuyoseki-gensanchi no isekigun no seikaku [The nature of site groups in the obsidian source area]. In: TOZAWA, M. & ANBIRU, M. (ed.): *Takayama isekigun II [Excavation Report of Takayama site group II]* Nagawa Town Board of Education, Nagano, Japan 118–126. (in Japanese)
- ANBIRU, M., KATSUMI, Y., KADOUCHI, M., NOGUCHI, A. & IWAIZUMI, T. (eds.) (1999): *Takayama-isekigun III [Excavation report of Takayama site group III]*. Nagato Town board of education, Nagano, Japan, 1–133. (in Japanese)
- ANBIRU, M., SHIMADA, K., KATSUMI, Y., NOGUCHI, A., IWAIZUMI, T. & YAMASHINA, A. (eds.) (2000): *Takayama-isekigun IV [Excavation report of Takayama site group IV]*. Nagato Town board of education, Nagano, Japan, 1–237. (in Japanese)
- ANBIRU, M. & SHIMADA, K. (eds.) (2001): *Takayama-isekigun V [Excavation report of Takayama site group V]*. Nagato Town board of education, Nagano, Japan, 1–87. (in Japanese)
- ANBIRU, M., SHIMADA, K. & YAMASHINA, A. (eds.) (2003a): *Takayama-isekigun VI [Excavation report of Takayama site group VI]*. Meiji University, Tokyo, Japan, 1–120. (in Japanese)
- ANBIRU, M., YAJIMA, K., SHIMADA, K., SUZUKI, N., KAWAMOTO, M., YOSHIDA, N. & OYOKAWA, Y. (2003b): Takayama-isekigun Hoshikuso-toge niokeru kyusekki-jidai-iseki no hakkutsu-chosa (yoho) [Preliminary report on the excavation of Upper Palaeolithic site at the Hoshikuso Pass in the Takayama site group]. *Kokuyoseki-bunka-kenkyu [Obsidian Culture]*, Meiji University Center for the Humanities, Tokyo, Japan 2 47–77. (in Japanese)
- DAIKUHARA, Y. (2007): Kokuyoseki-koekisutemu [Trading systems of obsidian]. In: KOSUGI, Y., TANIGUCHI, Y., NISHIDA, Y., MIZUNOE, W. & YANO, K. (eds.): *Jomon-jidai no Kokogaku [Archaeology of the Jomon]*, Doseisyu, Tokyo, Japan. 6 164–177. (in Japanese)
- IKEYA, N. (2009): *Kokuyoseki Kokogaku [Obsidian Archaeology]*. Shinsen-sha, Tokyo, Japan, 1–306. (in Japanese)
- IKEYA, N. & MOCHIZUKI, A. (1994): Ashitaka-sanroku AT-kai kokuyoseki-sei-sekki no gensanchi [Sources of obsidian artifacts below Aira-Tn tephra]. *Nihon-kokogaku-kyokai dai-60-kai sokai kenkyu-happyo-yoshi [Papers for the 60th annual conference of the Japanese Archaeological Association]* Japanese Archaeological Association, Tokyo, Japan. 8–11. (in Japanese)
- IKEYA, N. & MOCHIZUKI, A. (1998): Ashitaka-sanroku niokeru sekizai-osei no hensen [Changes in the lithic raw material use in the foot of Mt. Ashitaka area]. *Shizuoka-ken kokogaku-kenkyu [Archaeology of Shizuoka]*, Shizuoka-ken kokogakkai [Archaeological Association of Shizuoka Prefecture], Shizuoka, Japan. 30 21–44. (in Japanese)
- IKEYA, N., WATANABE, K. & SUZUKI, M. (2005): Kyusekki-jidai no kozu-jima-kokuyoseki to kaiyo-toko [Kozu Island obsidian and prehistoric seafaring]. *Kokogaku Janaru [The Journal of Archaeology]*, NEW SCIENCE Co., Ltd., Tokyo, Japan. 252 12–14. (in Japanese)
- INADA, T. (1984): Kyusekki-jidai musashindaichi niokeru sekki-sekizai no sentaku to nyushukatei [Selection and procurement of lithic raw materials in the Musashino Uplift in the Upper Palaeolithic]. *Kokogaku-kenkyu [Quarterly of Archaeological Studies]* Kokogaku kenkyu-kai [Society of Archaeological Study], Okayama, Japan. 30/4 17–37. (in Japanese)
- KAIZUKA, S. (1977): *Nihon no chikei [The geographical features of Japan]*. Iwanami-shoten, Tokyo, Japan, 1–234. (in Japanese)
- KANAYAMA, Y. (1988): Bunkazai toshitenoko kokuyoseki [obsidian as cultural properties]. Daiichi-hoki-shuppan, Tokyo, Japan. *Gekkan Bunkazai [Monthly of Cultural properties]*, 298 13–23. (in Japanese)
- KANAYAMA, Y. (1990): Aira-Tn kazanbai kokaki niokeru kokuyoseki sekkigun [Obsidian lithic assemblages in the falling of Aira-tanzawa tephra], *Kokugakuin-daigaku kokogaku-shiryokan-kiyo [Mémoir of the Museum of Archaeology, Kokugakuin University]*, The Museum of Archaeology, Kokugakuin University, Tokyo, Japan. 6 1–15. (in Japanese)
- KIM, J. C., KIM, D. K., YOUN, M. YUN, C. C., PARK, G., WOO, H. J., HONG, M. Y. & LEE, G. K. (2007): PIXE Provenancing of obsidian artifacts from Palaeolithic sites in Korea. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 27 122–128.
- KOBAYASHI, K. (2001): Oiwake-isekigun shutsudo kokuyoseki no gensanchi-suitei [Provenance analysis on obsidian artifacts from Oiwake sites]. In: Otake, S. & Katsumi, Y. (eds.): *Takayama isekigun-daiichi-iseki oyobi Oiwake-isekigun hakkutsu-chosa [Excavation Report of Takayama Sites, Locality 1 and Oiwake sites]* Nagawa Town Board of Education, Nagano, Japan. 439–454. (in Japanese)
- KOBAYASHI, T., ODA, S., HATORI, K. & SUZUKI, M. (1971): Nogawa-sendokijidai-iseki no kenkyu [A study of Nogawa pre-ceramic site]. *Daiyonki-kenkyu [The Quaternary Research]*,



- Japan Association for Quaternary Research, Tokyo, Japan. **10/4** 231–252. (in Japanese)
- KOSUGI, Y. (1995): Harukanaru kokuyoseki no yama-yama [Obsidian of the far away mountains]. In: TOZAWA, M. (ed.): *Jomon-jin no jidai [The Age of Jomon People]* Shinsen-sya, Tokyo, Japan. 122–151. (in Japanese)
- KUDO, Y. (2007): Temporal correspondences between the archaeological chronology and environmental changes from 11,500 to 2,800 cal BP on the Kanto Plain, eastern Japan. *Daiyonki-kenkyu [The Quaternary Research]*, Japan Association for Quaternary Research, Tokyo, Japan. **46/3** 187–194.
- KUDO, Y. & KUMON, F. (2012): Palaeolithic cultures of MIS 3 to MIS 1 in relation to climate changes in the central Japanese islands. *Quaternary International* **248** 22–31.
- KUZMIN, Y. V. (2010): Crossing mountains, rivers, and straits: A review of the current evidence for prehistoric obsidian exchange in Northeast Asia. In: Kuzmin, Y. V. and Glasscock, M. D (ed.): *Crossing the Straits: Prehistoric Obsidian Source Exploitation in the North Pacific Rim: BAR International Series* **2152**, Archaeopress, Oxford, UK. 137–153.
- KUZMIN, Y. V. (2011): The patterns of obsidian exploitation in the late Upper Pleistocene of the Russian Far East and neighbouring Northeast Asia. *Shigen-kankyo to Jinrui Natural Resource Environment and Humans*, Meiji University Center for Obsidian and Lithic Studies, Nagano, Japan. **1** 67–82.
- MIYASAKA, K. & TANAKA, S. (2008): *Kokuyoseki-gensanchi-iseki-bunpu-chosa-hokokusyo II [General Survey Report of the Obsidian Source Sites II]*. Shimosuwa Town Board of Education, Nagano, Japan, 1–94. (in Japanese)
- MOCHIZUKI, A., IKEYA, N., KOBAYASHI, K. & MUTO, Y. (1994): Iseki-nai niokeru kokuyoseki-sei-sekki no gensanchi-betsu-bunpu ni tsuite: Numazu-shi Doteue-iseki BB-V-so no gensanchi-suitei kara [Intra-site distribution analysis on obsidian artifacts using provenance study: Doteue Site, Layer BB-V in Numazu City], *Shizuoka-ken kokogaku-kenkyu [Archaeology of Shizuoka]*, Shizuoka-ken-kokogakkai [Archaeological Association of Shizuoka Prefecture], Shizuoka, Japan. **26** 1–24. (in Japanese)
- MOCHIZUKI, A. & TSUTSUMI, T. (1997): Sagamino-daichi no saisekijin sekkigun no kokuyoseki-riyo ni kansuru kenkyu [Obsidian use of microblade industries in the Sagamino Uplift]. *Yamato-shishi-kenkyu [History of Yamato City]*, Kanagawa, Japan. **23** 1–36. (in Japanese)
- NAGASAKI, M. (1984): Jomon no kokuyoseki-chozorei to koeki [Storage features and trades of the Jomon]. *Chubu-kochi no kokogaku III [Archaeology of the Central Highlands III]: Naganoken-kokogakkai* [Archaeological Association of Naganon Prefecture], Nagano, Japan. 108–126. (in Japanese)
- OBATA, H., MORIMOTO, I. & KAKUBUCHI, S. (2004): Ryukyu-retto shutsudo no kokuyoseki-sei-sekki no kagaku-bunseki niyoru sanchi-suitei to sono igi [Source identification using chemical analysis of obsidian artifacts from the Ryukyu Islands and its significance]. *Stone sources Sekki-gensanchi-kenkyukai* [Stone Sources Research Group], Kumamoto, Japan. **4** 101–136. (in Japanese)
- OBATA, H., MORIMOTO, I., & KAKUBUCHI, S. (2010): Obsidian trade between sources on northwestern kyushu island and the ryukyu Archipelago (Japan) during the Jomon Period. In: KUZMIN, Y. V. and GLASSCOCK, M. D (ed.): *Crossing the Straits: Prehistoric Obsidian Source Exploitation in the North Pacific Rim BAR International Series Archaeopress*, Oxford, UK **2152** 57–71.
- ODA, S. (1981): Koszu-jima-san no kokuyoseki: sono senshi-jidai niokeru denpa [Obsidian from Kozu Island: its spread in prehistory]. *Gekkan-rekishitecho*, Meicho-shuppan, Tokyo, Japan. **9/6** 11–17. (in Japanese)
- ONO, A. (1973): Ibutsu no gensanchi suitei wo megutte [On the provenance analysis of artifacts]. *Kokogaku to shizen-kagaku [Archaeology and Natural Sciences]*, Kyoto, Japan. **6** 21–25. (in Japanese)
- ONO, A. (2001): Dasei-kokki-ron [Flake Bone Tools: An Alternative Perspective on the Palaeolithic]. University of Tokyo Press, Tokyo, Japan, 1–290. (in Japanese)
- OTAISHI, N. (1990): Kyusekki-iseki no ichi to Shuryu-ju no kisetsu-ido-ruto nikansuru kosatsu [Relationships between seasonal migration routes of game animals and location of Palaeolithic Sites]. *Daiyonki-kenkyu [The Quaternary Research]*, Japan Association for Quaternary Research, Tokyo, Japan. **29/3** 287–289. (in Japanese)
- OTAKE, S. (ed.) (2011): *Gaiho Takayama-isekigun 7 [Preliminary Report of excavation at Takayama site group 7]*. Nagawa Town Board of Education, Nagano, Japan, 1–15. (in Japanese)
- OTAKE, S. & KATSUMI, Y. (des.) (2001): *Takayama-isekigun Dai-1-iseki oyobi Oiwake-isekigun Hakkutsu-chosa [Excavation Report of the Takayama Sites, Locality 1, and the Oiwake Sites]*. Nagawa Town Board of Education, Nagano, Japan, 1–463. (in Japanese)
- SERIZAWA, S., GOTO, N., TSUKAMOTO, K., YANAKA, T., EHARA, E., KAMEDA, Y.,

- KATANÉ, Y., AIDA, E., TAKEKAWA, N., NAKAMURA, N. & TSUNODA, Y. (eds.) (2011): Shinpojumu 1: sekki-jidai ni okeru kokuyoseki-riyo no chiiki-so [Symposium 1: regional diversity of obsidian use in the Stone Age]. In: *Nihon-kokogaku-kyokai 2011-nendo Tochigi-taikai jikoiinkai (ed.), Nihon-kokogaku-kyokai 2011-nendo Tochigi-taikai kenkyu-happyo-shiryō, [Data book: the symposium of the Japanese Archaeological Society in Tochigi Prefecture, 2011]* Japanese Archaeological Association, Tokyo, Japan. 7–306. (in Japanese)
- SHIMADA, K. (2007): Takayama-kokuyoseki-gensanchi-isekigun niokeru iseki-kenkyu-josetsu [A comparative study on lithic assemblage variability in the obsidian source sites of Takayama]. *Kokuyoseki-bunka-kenkyu [Obsidian Culture]*, Meiji University Museum, Tokyo, Japan. **5** 1–20. (in Japanese)
- SHIMADA, K. (2008): Kokuyoseki no furumai to kyusekki-jidai no sumai. [Behavioral pattern of obsidian use and Palaeolithic dwellings in Japan]. *Kyusekki-kenkyu [Palaeolithic Research]* Japanese Palaeolithic Research Association, Aichi, Japan. **4** 61–82. (in Japanese)
- SHIMADA, K. (2012): Pioneer phase of obsidian use in the Upper Palaeolithic and the emergence of modern human behavior in the Japanese Islands. In: ONO, A., & IZUHO, M. (eds.): Environmental Changes and Human Occupation in East Asia during OIS 3 and OIS., *BAR International Series* Archaeopress, Oxford, UK **2352** 129–146.
- SHIMADA, K., ANBIRU, M., YAJIMA, K., YAMASHINA, A. & OYOKAWA, M. (2006): The origin of obsidian mining activities at Takayama sites, Nagano Prefecture. *Nihon-kokogaku-kyokai dai-72-kai sokai kenkyu-happyo-yoshi [Papers for the 72th annual conference of the Japanese Archaeological Association]* Japanese Archaeological Association, Tokyo, Japan. 37–40. (in Japanese)
- SUGIHARA, S. (ed.) 2011: Keiko-ekkususen-bunseki-sochi niyoru Kokuyoseki-sei-ibutsu no Gensanchi-suitei: Kiso-deta-shu 2 [Sourcing Obsidian Artifacts Using X-ray Fluorescence Analyzer: Data Book 2]. Meiji University Cultural Properties Laboratory, Tokyo, Japan, 1–294. (in Japanese)
- SUGIHARA, S. & DANBARA, T. (2007): Nagano-ken Nagawa-cho Hoshikuso-toge niokeru kasairyu-taisekibutsu no chosa [Report on the origin and eruption dates of pyroclastic deposits in the Hoshikuso Pass, Nagawa Town, Nagano Prefecture]. *Kokuyoseki-bunka-kenkyu [Obsidian Culture]*, Meiji University Museum, Tokyo, Japan. **5** 21–35. (in Japanese)
- SUZUKI, M. (1970): Fission track ages and Uranium contents of obsidians. *Journal of the Anthropological Society of Nippon* Tokyo, Japan. **78/1** 50–58.
- SUZUKI, M. (1971): Nogawa-iseki-shutsudo-kokuyoseki no gensanchi-suitei oyobi suiwaso-sokutei [Obsidian provenance and hydration analyses on obsidian artifacts from Nogawa Site]. *Daiyonki-kenkyu [The Quaternary Research]*, Japan Association for Quaternary Research, Tokyo, Japan. **10/4** 250–252. (in Japanese)
- SUZUKI, M. (1973): Chronology of prehistoric human activity in Kanto, Japan. *Journal of the Faculty of Science, The University of Tokyo*, Tokyo, Japan. Sec. V, Vol. IV, Part 3: 241–318, Part 4: 395–469.
- SUZUKI, M. (1977): Sutton-rodō wo tadoru: kokuyoseki no unpan, koeki no jikuteki-bunseki [Tracing the stone road: space-time analysis on transport and trade of obsidian], *Suri-kagaku [Mathematical Sciences]*, Saiensu-sha, Tokyo, Japan. **8** 25–35. (in Japanese)
- SUZUKI, M. (1985): Kokuyoseki-kenkyu no genjo to kadai [Perspectives on the obsidian study]. *Kokogaku Janaru [The Journal of Archaeology]*, NEW SCIENCE co., Ltd., Tokyo, Japan. **244** 2–6. (in Japanese)
- TAKAO, Y. & HARADA, Y. (2011): *Ide-maruyama-iseki Hakkutsu-chosa-hokokusho [Excavation Report of Ide-maruyama Site]*. Numazu City Board of Education, Shizuoka, Japan, 1–120. (in Japanese)
- TAMURA, T. (1987): Kanto-chiho sendoki-jidai-iseki shutsudo no sekizai [Lithic raw materials of the Pre-ceramic industries in the Kanto region]. *Kenkyu-kiyo [Bulletin of the Center for Cultural Properties of Chiba Prefecture]*, Center for Cultural Properties of Chiba Prefecture, Chiba, Japan. **11** 73–137. (in Japanese)
- TAMURA, T. (1992): Sekizai no syo-mondai [Perspectives on the raw material study]. *Kokogaku-janaru [The Journal of Archaeology]*, NEW SCIENCE Co., Ltd., Tokyo, Japan. **345** 2–7. (in Japanese)
- TANAKA, E. (2001): Nihon-senshi-jidai niokeru depo no kenkyu [Study of Prehistoric Depot in Japan]. Taira-denshi-insatsu-jo, Fukushima, Japan, 1–236. (in Japanese)
- TOZAWA, M., ANBIRU, M., YAJIMA, K. & KOSUGE, M. (eds.) (1989): Takayama-isekigun I [Excavation report of Takayama site group I]. Nagato Town board of education, Nagano, Japan, 1–135. (in Japanese)
- TOZAWA, M. & ANBIRU, M. (eds.) (1991): Takayama-isekigun II [Excavation report of

Takayama site group II]. Nagato Town board of education, Nagano, Japan, 1–133. (in Japanese)

TSUTSUMI, T. (2003): Shinshu kokuyoseki-gensanchi wo meguru shigen-kaihatsu to shigen-jukyu [Obsidian resource exploitation in the Upper Palaeolithic central Japan]. *Kokugakuin-daigaku-kokogaku-shiryokan-kiyo [Memoir of the Museum of Archaeology, Kokugakuin University]*, The Museum of Archaeology, Kokugakuin University, Tokyo, Japan. **18** 10–21. (in Japanese)

TSUTSUMI, T. (2010): Prehistoric procurement of obsidian from sources on Honshu Island (Japan). In: KUZMIN, Y. & GLASCOCK, M. (eds.): Crossing the Straits: Prehistoric Obsidian Source Exploitation in the North Pacific Rim: *BAR International Series*, **2152** Archaeopress, Oxford, UK. 27–54.

WARASHINA, T. & HIGASHIMURA, T. (1988): Sekki-genzai no sanchi-bunseki [Provenance analysis on lithic raw materials], In: *Kamaki-yoshimasa-sensei koki-kinen-ronshu kanko-kai*

(ed.): *Kokogaku to Kanren-kagaku [Archaeology and Related Sciences]* Kamaki-yoshimasa-sensei koki-kinen-ronshu kanko-kai, Okayama, Japan. 447–491. (in Japanese)

YAMASHINA, A. (2011): Kirigamine-kokuyoseki-gensanchi niokeru kokuyoseki-saikutsu to ryutsu [Obsidian mining in the Kirigamine sources and obsidian circulation]. In: ABE, Y. (ed.): *Ido to Ryutsu no Jomon-syakai-shi [Movements and Circulations of the History of Jomon Society]* Yuzankaku-shuppan, Tokyo, Japan. 9–36. (in Japanese)

YONADA, M. (2001): Nagano-ken Oiwake isekigun ni okeru honyasei-tanso-nendai-kettei [Radiocarbon determinations in Oitwake sites, Nagano Prefecture]. In: OTAKE, S. & KATSUMI, Y. (eds.): *Takayama isekigun-daiichi-iseki oyobi Oiwake-isekigun hakkutsu-chosa [Excavation Report of Takayama Sites, Locality 1 and Oiwake sites]* Nagawa Town Board of Education, Nagano, Japan. 455–463. (in Japanese)





# JAPÁN OBSZIDIÁNOK PGAA VIZSGÁLATA A MAGYAR NEMZETI MÚZEUM LITOTÉKA GYŰJTEMÉNYÉBŐL

## PROMPT GAMMA ACTIVATION ANALYSIS OF JAPANESE OBSIDIANS IN THE LITHOTHECA COLLECTION OF THE HNM

KASZTOVSZKY ZSOLT<sup>1\*</sup>, T. DOBOSI VIOLA<sup>2</sup>, T. BIRÓ KATALIN<sup>2</sup>, SZILÁGYI VERONIKA<sup>1</sup>, MARÓTI BOGLÁRKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MTA Energiatudományi Kutatóközpont, 1121 Budapest, Konkoly Thege út 29-33.

<sup>2</sup> Magyar Nemzeti Múzeum, 1088 Budapest, Múzeum krt. 14-16.

\* E-mail: [kasztovszky.zsolt@energia.mta.hu](mailto:kasztovszky.zsolt@energia.mta.hu)

### Abstract

*Elemental composition of twenty-eight Japanese geological obsidians of the Lithotheca collection of the Hungarian National Museum has been studied by Prompt Gamma Activation Analysis. The analytical results provide basic source data for a Japanese lithic raw material data base that is intended to use in advanced provenance studies in Japan. Additionally, European obsidian research can utilize the results, as comparative data. Based on the results, we can ascertain that the boron and chlorine contents of the Japanese obsidians are of similar magnitude or slightly higher than that of the Carpathian ones, but not as characteristically high as the „Lipari” type ones. Most of the samples, which originate from the same quarry, form well defined groups according to their composition.*

### Kivonat

*A Magyar Nemzeti Múzeum Litotéka gyűjteményéből 28 db japán geológiai obszidián minta elemösszetételét vizsgáltuk prompt-gamma aktivációs analízissel. A mérési eredmények alapadatokat szolgáltatnak a japán régészeti obszidiánok kiterjedt proveniencia kutatásában használatos kőszköz-nyersanyag adatbázishoz, összehasonlító adatként pedig az európai obszidiánok kutatásában is hasznosíthatók. Megállapítottuk, hogy a vizsgált minták bór- és klórtartalma a kárpáti obszidiánokkal megegyező nagyságrendű, vagy azt kissé meghaladó, de nem éri el a „Lipari” típusú obszidiánokra jellemző magas értékeket. Az egy lelőhelyről származó minták többsége a mért összetételük alapján jól elkülöníthető csoportokat alkot.*

KEYWORDS: OBSIDIAN, JAPAN, PGAA, NON-DESTRUCTIVE, ELEMENTAL COMPOSITION, PROVENANCE STUDY

KULCSSZAVAK: OBSZIDIÁN, JAPÁN, PGAA, RONCSOLÁSMENTES, ELEMÖSSZETÉTEL, EREDETVIZSGÁLAT

### Bevezetés

A Meiji University (Tokió, Japán) naganoi Obszidián Kutatóközpontja 2009-ben egy japán-magyar együttműködés keretében a Magyar Nemzeti Múzeum Litotéka gyűjteményének ajándékozott egy geológiai mintasorozatot. A Japán 14 különböző lelőhelyéről származó kollekciónak mintegy 30 db szürkés / fekete színű, többségében 5-10 cm-es darabból áll, a legnagyobb kb. 30 cm átmérőjű (1. ábra). A minták lelőhelyeit a 2. ábrán mutatjuk be.

A gyűjtemény 28 darabjának roncsolásmentes elemösszetétel vizsgálatát 2011-ben végeztük el az MTA Izotópkutató Intézetében (jelenleg MTA Energiatudományi Kutatóközpont), prompt-gamma aktivációs analízissel (PGAA). A vizsgálatok célja az volt, hogy az eredményekkel járjunk hozzá a Japánban igen előrehaladott proveniencia kutatáshoz (Shimada 2012), megállapítsuk: lehetséges-e a japán leletek összetétele és geológiai eredete között kapcsolatot találni a PGAA

módszerrel, továbbá, hogy összehasonlító adatokkal gazdagítsuk a Litotéka kőszköz-nyersanyag adatbázisát. Korábban a PGAA módszert sikerrel alkalmaztuk kárpát-medencei obszidián régészeti leletek eredet-meghatározásában (Kasztovszky & T. Bíró 2004, Kasztovszky et al. 2008, Kasztovszky et al. 2009). A méréseink által szolgáltatott alapadatoknak természetesen nincs az európai régészeti kutatásokat érintő következménye, de a jelenleg folyó japán proveniencia kutatásokban reményeink szerint sikerrel alkalmazhatóak.

### Kísérleti módszer

A prompt-gamma aktivációs analitikai (PGAA) vizsgálatokat a Budapesti Kutatóreaktor  $10^8 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  termikus ekvivalens intenzitású hidegneutronnyalábjánál telepített PGAA mérőrendszerrel végeztük. A PGAA a neutronok atommagokba történő befogódását követő prompt-gamma sugárzás detektálásán alapszik.



**1. ábra:** A vizsgált obszidiánok fényképe (Dúzs K. felvétele)

**Fig. 1.:** Photo of the investigated Japanese obsidians (geological samples) Photo by K. Dúzs

A kibocsátott gamma sugárzás energiája jellemző a kibocsátó atommagra (kémiai elemre), intenzitása pedig az adott kémiai elem mennyiségére, a koncentrációjára a mintában. Mivel a neutronok több cm mélyen behatolnak a mintába, a vizsgálat a „bevilágított” térfogatról átlagos összetételi adatot szolgáltat. A besugárzást követő csekély aktiválódás általában néhány nap alatt lecseng, és a minta károsodása nélkül visszaadható a megrendelőnek. A módszert korábban részletesen ismertettük (Révay & Belgya 2004, Szentmiklósi et al. 2010).

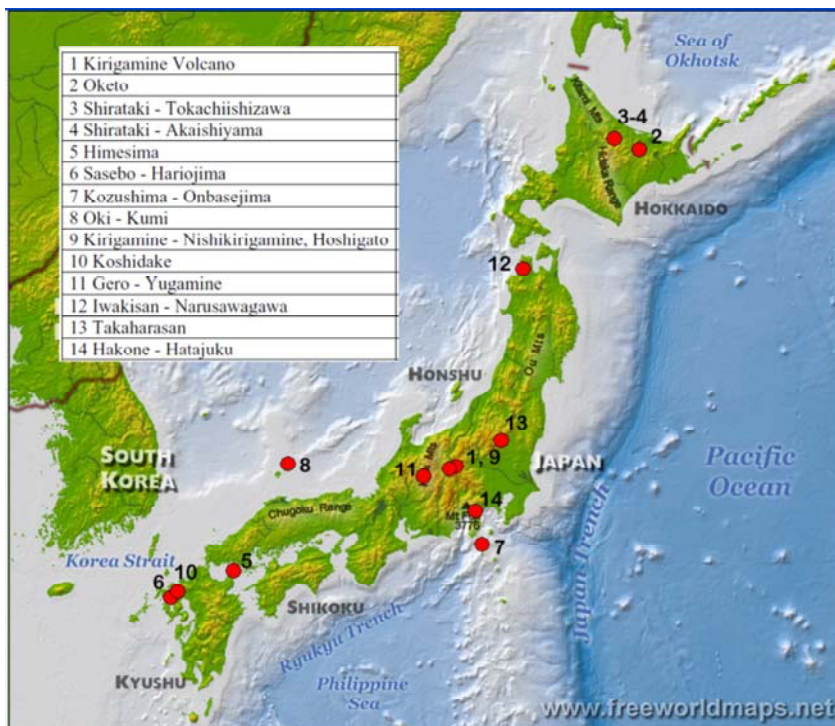
A PGAA módszer jól alkalmazható különböző kőzetek „bulk” összetételének mennyiségi meghatározására. A fő geokémiai összetevők mellett néhány – nagy érzékenységgel mérhető – mellék-, ill. nyomelem, pld. B, Cl, Nd, Sm, Gd koncentrációja is meghatározható (Kasztovszky et al. 2008).

A vizsgált obszidián minták közül 23 kisebb méretű darabot a hagyományos mintatartóba helyeztük, 5 nagyobb minta esetében a mintatartó kamrát le kellett szerelni, és a köveket egy alátámasztás segítségével rögzítettük a mérési pozícióban. A

mérések során a reaktorból kivezetett neutronnyalábot 10, 24, illetve 100 mm<sup>2</sup> átmérőjűre szűkítettük annak megfelelően, hogy a detektált gamma fotonok intenzitása a jelfeldolgozó rendszer számára optimális legyen. A besugárzási/mérési időt 2400 s és 6600 s között változtattuk, hogy elérjük a szokásos összetevők megbízható kimutatásához szükséges beütésszámot. A számított koncentráció értékek bizonytalansága elsősorban a csúcsterületek statisztikus hibájából, és a detektor határfok függvényének hibájából adódik. Az eredő hibát a hibaterjedés szabályai szerint számítottuk (Révay 2009). A módszer megbízhatóságát riolitos kőzetekre „JR-1” geológiai standard minta mérésével ellenőriztük (Kasztovszky et al., 2008). A méréseket levegő atmoszférában végeztük, a környezeti anyagokból adódó háttér hatását mérésekkel korrekcióba vettük.

A sokcsatornás analízátorral gyűjtött prompt-gamma spektrumokat saját fejlesztésű HYPERMET PC programmal értékeltük (Révay et al. 2005), a koncentrációkat a PGAA-könyvtár, valamint határfokmérések adatainak felhasználásával, a PROSPERO makró segítségével számítottuk (Révay 2009).





**2. ábra:** A vizsgált obszidiánok lelőhelyei

**Fig. 2.:** Geological occurrences of the investigated Japanese obsidian samples

## Eredmények

A PGAA mérések eredményeit az **1. táblázat**ban mutatjuk be. A koncentráció adatok tömeg% egységekben értendők. A fő összetevőket oxidos formában adtuk meg, az oxidok koncentrációit az elemi koncentrációkból számítottuk a sztöchiometria alapján.

Az **1. táblázat** alapján a mintákban mennyiségileg meghatároztuk a  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  fő összetevőket, a Cl mellék összetevőt és a B, Nd, Sm, Gd nyomelemeket. Néhány mintában a Sc nyomelemet is ki tudtuk mutatni, a MgO viszont valamennyi mintában a kimutathatási határ (0,2 tömeg%) alatt volt.

## Értékelés

Az általunk PGAA-val mért koncentrációk a korábban mért obszidiánokra jellemző tartományokba estek (**3. ábra**). Összehasonlítás céljából az **1. táblázat**ban megadtuk a kárpáti és lipari eredetű obszidiánok általunk mért összetételének koncentráció-tartományait (**1. táblázat**, Kasztovszky & Biró 2004; Kasztovszky et al. 2008). Mivel korábban, a kárpáti obszidiánok kutatása során, az eredet meghatározásra leginkább a bór- és klórtartalom bizonyult alkalmasnak, megvizsgáltuk, hogy a jelen sorozatban szereplő, azonos lelőhelyről származó minták csoportosíthatóak-e bór- és klórtartalmuk szerint (**4. ábra**). Több, azonos lelőhelyről (pld. Takaharasan, Hakone Hatajuku, Kirigamine

Wadatoke /Kirigamine Volcano/, Himesima) származó minta együttes a B-Cl diagramon is csoportot alkot. Az esetek többségében (Amagi Kashiwatoge, Gero Yugamine, Iwakisan, Koshidake, Kozushima Onbasejima, Oki Kumi, Sasebo Hariojima, Shirataki Tokachiishizawa) azonban egy lelőhelyről csak egy-egy darab állt rendelkezésünkre, így ilyen összehasonlítást nem tudtunk tenni.

Bár a japán obszidiánok vizsgálata régészetileg nyilvánvalóan nem tartozik a kárpát-medencei obszidiánok kérdésköréhez, mégis kíváncsiak voltunk, hogy összetételük hogyan viszonyul a kárpáti-mediterrán obszidiánokéhoz. E célból közös B-Cl diagramon ábrázoltuk az általunk vizsgált japán és a kárpáti-mediterrán mintákat (**5. ábra**), továbbá elkészítettük a PGAA-val mért koncentráció adatokból a főkomponens analízis (PCA) diagramját (**6. ábra**).

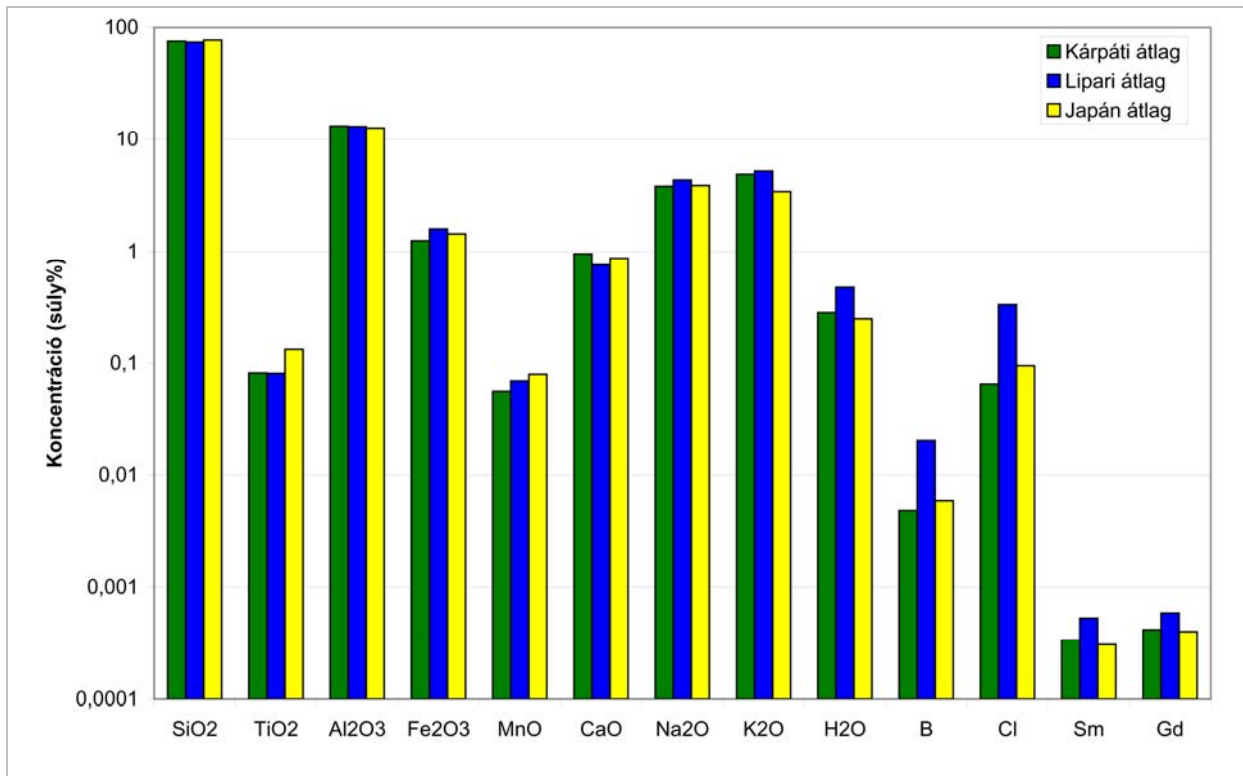
Az **5. ábra** szerint a japán obszidiánok tipikusan alacsony vagy közepes bór- és klórtartalmúak. Többségük a kárpáti és mediterrán (Szardínia, Mész) obszidiánokéhoz hasonlóan 20-70 ppm bór- és 150-1400 ppm klórtartalmat mutat. A Takaharasan és Kirigamine Wadatoke lelőhelyekről származó minták bórtartalma magasabb (90-140 ppm), mint a kárpáti obszidiánoké, de nem éri el a „Lipari” típusú obszidiánokra jellemző igen magas, 170-230 ppm értéket (**1. táblázat**), (Kasztovszky et al. 2009).

		SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	CaO	Na2O	K2O	H2O	Cl	B	Sc	Nd	Sm	Gd
<b>KIMUTATÁSI HATÁR</b>		0,6	0,001	0,1	0,06	0,006	0,1	0,02	0,02	0,007	0,001	0,00003	0,003		0,00005	0,00005
L 2010.15.1.	Amagi Kashiwatoge	76,44	0,280	12,40	1,98	0,063	1,89	4,01	2,36	0,400	0,142	6,82E-03	1,94E-03	2,99E-03	3,28E-04	4,69E-04
L 2010.11.1.	Gero Yugamine	75,87	0,141	13,90	1,12	0,077	1,44	3,61	3,58	0,198	0,0462	2,85E-03	< k.h.	2,29E-03	2,02E-04	1,92E-04
L 2010.14.1.E	Hakone Hatajuku	77,23	0,312	12,12	2,43	0,095	1,69	4,49	1,33	0,165	0,120	4,75E-03	1,58E-03	1,59E-03	3,06E-04	4,92E-04
L 2010.14.1.B	Hakone Hatajuku	76,53	0,307	12,30	2,48	0,103	1,78	4,83	1,38	0,143	0,127	4,86E-03	1,73E-03	1,89E-03	3,28E-04	5,30E-04
L 2010.14.1.A	Hakone Hatajuku	76,24	0,323	12,46	2,63	0,107	1,81	4,72	1,39	0,168	0,128	4,91E-03	1,14E-03	1,46E-03	3,27E-04	5,27E-04
L 2010.14.1.D	Hakone Hatajuku	76,95	0,312	12,22	2,47	0,108	1,73	4,55	1,39	0,141	0,121	4,97E-03	9,59E-04	1,35E-03	3,31E-04	4,89E-04
L 2010.14.1.C	Hakone Hatajuku	77,41	0,315	12,05	2,77	0,081	1,80	4,05	1,19	0,199	0,125	3,97E-03	5,37E-04	1,62E-03	2,40E-04	3,70E-04
L 2010.5.1.A	Himesima	75,99	0,005	14,51	0,96	0,100	0,45	4,09	3,69	0,178	0,0149	2,00E-03	< k.h.	1,04E-03	1,57E-04	1,91E-04
L 2010.5.1.B	Himesima	75,77	0,010	14,45	1,00	0,102	0,47	4,16	3,80	0,218	0,0164	2,02E-03	< k.h.	< k.h.	1,44E-04	1,85E-04
L 2010.12.1.	Iwakisan	78,14	0,074	12,69	0,75	0,115	0,56	4,21	3,17	0,206	0,0790	2,61E-03	< k.h.	< k.h.	2,22E-04	2,75E-04
L2010.9.1.A	Kirigamine Nishikirigamine	79,43	0,082	11,95	1,06	0,088	0,47	2,67	3,48	0,652	0,106	3,89E-03	< k.h.	6,31E-04	2,62E-04	2,18E-04
L2010.9.1.B	Kirigamine Nishikirigamine	80,70	0,081	11,81	0,99	0,094	0,42	2,05	3,15	0,590	0,108	3,23E-03	< k.h.	9,46E-04	2,20E-04	3,03E-04
L 2010.1.1.C	Kirigamine Wadatoge	77,54	0,072	12,35	0,69	0,103	0,29	4,11	4,57	0,130	0,0959	1,33E-02	< k.h.	3,14E-03	4,00E-04	5,04E-04
L 2010.1.1.B	Kirigamine Wadatoge	78,22	0,065	12,44	0,58	0,093	0,32	3,59	4,36	0,210	0,0887	1,15E-02	< k.h.	3,90E-03	3,34E-04	4,50E-04
L 2010.1.1.A	Kirigamine Wadatoge	78,07	0,068	12,38	0,65	0,093	0,22	3,91	4,29	0,193	0,0916	1,18E-02	< k.h.	2,09E-03	3,45E-04	3,91E-04
L 2010.1.1.D	Kirigamine Wadatoge	77,45	0,069	12,66	0,38	0,100	0,29	4,23	4,57	0,119	0,0878	1,33E-02	< k.h.	2,64E-03	4,07E-04	5,61E-04
L 2010.1.1.C	Kirigamine Wadatoge	77,57	0,070	12,24	0,68	0,101	0,28	4,10	4,68	0,123	0,0954	1,36E-02	< k.h.	4,14E-03	3,87E-04	5,24E-04
L2010.10.1	Koshidake	78,61	0,034	12,74	1,62	0,057	0,52	2,64	3,47	0,220	0,0651	5,19E-03	< k.h.	1,55E-03	1,86E-04	2,59E-04
L2010.7.1	Kozushima Onbasejima	77,88	0,111	12,55	1,30	0,052	0,74	4,37	2,71	0,222	0,0588	1,16E-03	< k.h.	1,84E-03	2,54E-04	2,59E-04
L 2010.2.1.	Oketo Tokoroyama	77,32	0,109	12,72	0,99	0,043	0,65	3,80	4,01	0,279	0,0699	1,95E-03	< k.h.	1,77E-03	2,17E-04	2,77E-04
L 2010.8.1.	Oki Kumi	75,70	0,104	12,21	2,07	0,045	0,37	3,91	5,30	0,191	0,0912	5,82E-04	< k.h.	7,62E-03	7,10E-04	6,99E-04
L2010.6.1	Sasebo Hariojima	76,95	0,080	13,05	1,91	0,071	0,85	3,12	3,68	0,223	0,0504	5,28E-03	< k.h.	2,49E-03	2,78E-04	2,97E-04
L 2010.4.1.A	Shirataki Akaishiyama	77,37	0,037	12,62	1,13	0,043	0,42	3,00	5,10	0,173	0,102	3,15E-03	< k.h.	< k.h.	2,27E-04	2,68E-04
L 2010.4.1.B	Shirataki Akaishiyama	76,91	0,038	12,84	1,11	0,052	0,38	3,76	4,61	0,190	0,0895	3,60E-03	< k.h.	1,93E-03	2,66E-04	3,22E-04
L 2010.3.1.	Shirataki Tokachiishizawa	76,13	0,025	13,38	1,06	0,058	0,26	3,80	4,49	0,697	0,0843	3,97E-03	< k.h.	< k.h.	2,42E-04	3,32E-04
L 2010.13.1.C	Takaharasan	77,09	0,176	12,00	1,72	0,059	1,26	4,08	3,24	0,201	0,138	8,82E-03	4,29E-04	2,64E-03	3,85E-04	5,39E-04
L 2010.13.1.B	Takaharasan	76,86	0,196	12,37	1,63	0,075	1,24	3,98	3,33	0,155	0,136	9,48E-03	5,14E-04	3,10E-03	4,20E-04	6,00E-04
L 2010.13.1.D	Takaharasan	76,04	0,185	12,48	1,70	0,062	1,37	4,32	3,28	0,389	0,137	9,48E-03	4,25E-04	3,09E-03	4,23E-04	5,95E-04
L 2010.13.1.A	Takaharasan	76,99	0,173	12,22	1,81	0,064	1,31	3,85	3,16	0,240	0,139	9,15E-03	6,11E-04	3,87E-03	3,94E-04	5,50E-04
		SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	CaO	Na2O	K2O	H2O	Cl	B			Sm	Gd
<b>KÁRPÁTI</b>	<b>MAXIMUM</b>	78,6	0,275	15,0	4,09	0,132	2,30	4,87	5,82	1,56	0,132	6,80E-03			4,62E-04	5,70E-04
	<b>MINIMUM</b>	70,2	0,016	10,1	0,73	0,033	0,59	3,35	3,61	0,09	0,016	2,05E-03			7,84E-05	1,37E-04
	<b>ÁTLAG</b>	75,4	0,082	13,1	1,25	0,055	0,95	3,79	4,85	0,28	0,065	4,85E-03			3,38E-04	4,18E-04
<b>LIPARI</b>	<b>MAXIMUM</b>	75,2	0,093	13,6	1,77	0,080	0,88	4,81	5,40	1,31	0,375	2,27E-02			5,49E-04	6,38E-04
	<b>MINIMUM</b>	73,5	0,073	12,6	1,34	0,063	0,66	4,13	4,71	0,14	0,312	1,73E-02			4,61E-04	4,97E-04
	<b>ÁTLAG</b>	74,1	0,081	13,0	1,59	0,069	0,76	4,32	5,19	0,48	0,333	2,02E-02			5,31E-04	5,89E-04
<b>JAPÁN</b>	<b>MAXIMUM</b>	80,7	0,323	14,5	2,77	0,115	1,89	4,83	5,30	0,70	0,142	1,36E-02			7,10E-04	6,99E-04
	<b>MINIMUM</b>	75,7	0,005	11,8	0,38	0,043	0,22	2,05	1,19	0,12	0,015	5,82E-04			1,44E-04	1,85E-04
	<b>ÁTLAG</b>	77,2	0,133	12,6	1,44	0,079	0,87	3,86	3,41	0,25	0,095	5,94E-03			3,08E-04	4,02E-04

**1. táblázat:** A vizsgált japán obszidiánok és a kárpáti-, valamint „Lipari” obszidiánok átlagos összetétele a PGAA kimutatási határaival. Az adatok tömeg%-ban értendők.

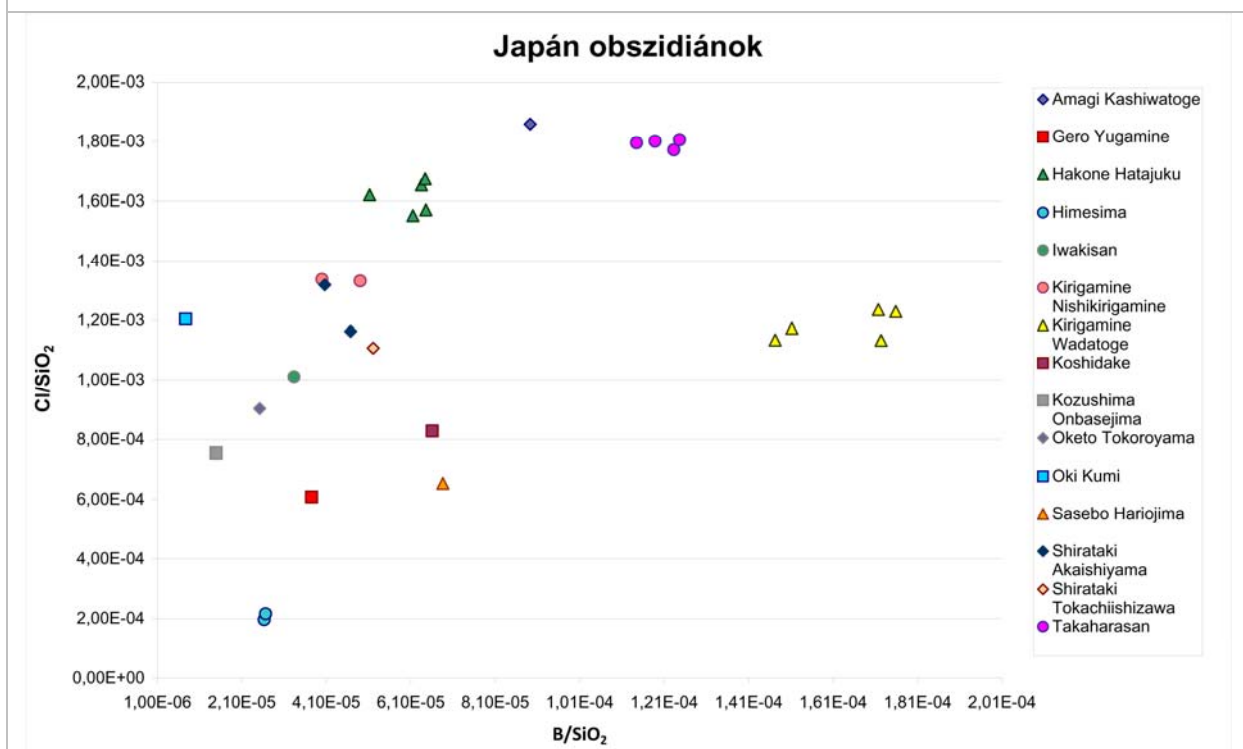
**Table 1.:** Average composition of Japanese, Carpathian and Lipari-type obsidians and the detection limits of the Budapest PGAA facility. Concentration values are given in weight%.





**3. ábra:** A vizsgált „kárpáti”, „Lipari” és japán obszidiánok átlagos, PGAA-val mért összetétele. A koncentrációkat logaritmikusan ábráztuk és tömeg%-ban értendők

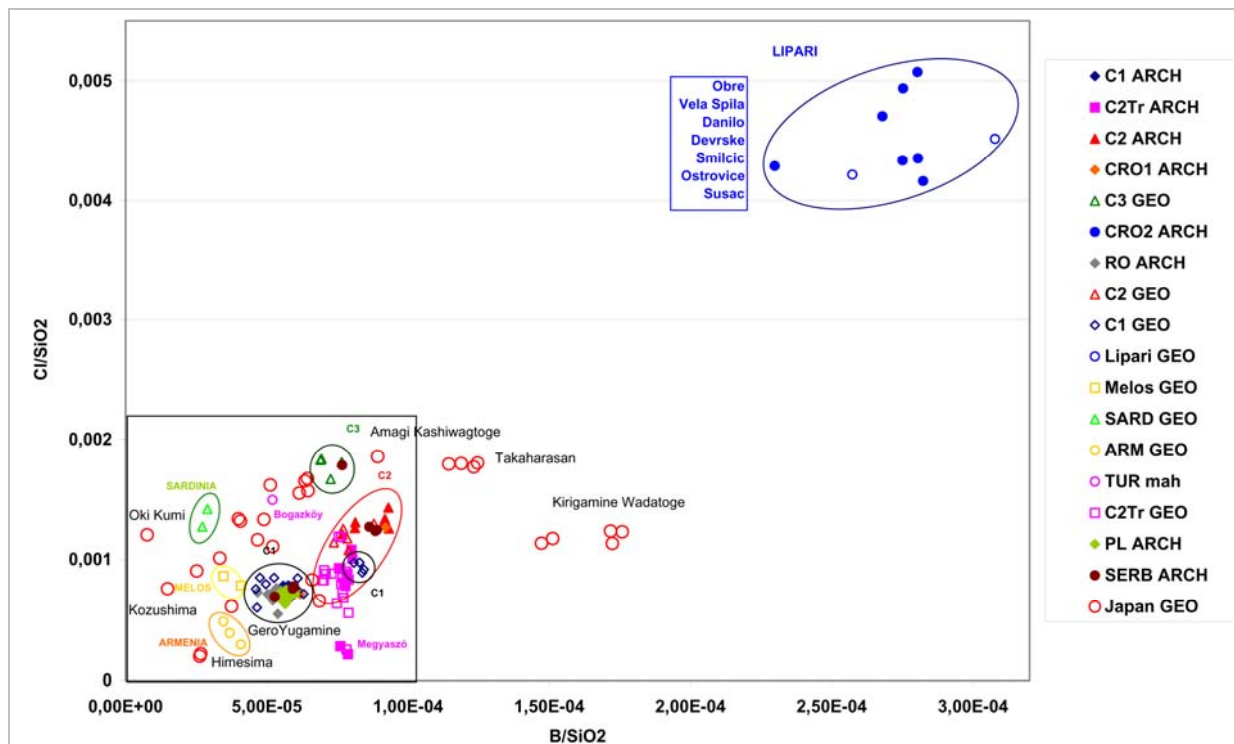
**Fig. 3.:** Average compositions of the investigated Carpathian, Lipari-type and Japanese obsidians. Concentration values are in weight% and plotted on logarithmic scale.



**4. ábra:** A vizsgált japán obszidiánok csoportosítása bór- és klórtartalmuk szerint

**Fig. 4.:** Classification of Japanese obsidians according to their boron and chlorine content





**5. ábra:** A vizsgált japán obszidiánok bór- és klórtartalma, összehasonlítva európai obszidiánok PGAA adataival. Rövidítések: C1 – Kárpáti I; C2Tr – Kárpáti II, Tolcsva mahagóni; C2 – Kárpáti II; C3 – Kárpáti III; CRO – horvátországi; RO – romániai; SARD – szardíniai; ARM – örményországi; TUR – törökországi; PL – lengyelországi; SERB – szerbiai; ARCH – régészeti; GEO – geológiai.

**Fig. 5.:** Comparison of Japanese and European obsidians, based on their boron and chlorine content. Abbreviations: C1 – Carpathian I; C2Tr – Carpathian II, Tolcsva red; C2 – Carpathian II; C3 – Carpathian III; CRO – Croatian; RO – Romanian; SARD – Sardinian; ARM – Armenian; TUR – Turkish; PL – Polish; SERB – Serbian; ARCH – Archaeological; GEO – Geological.

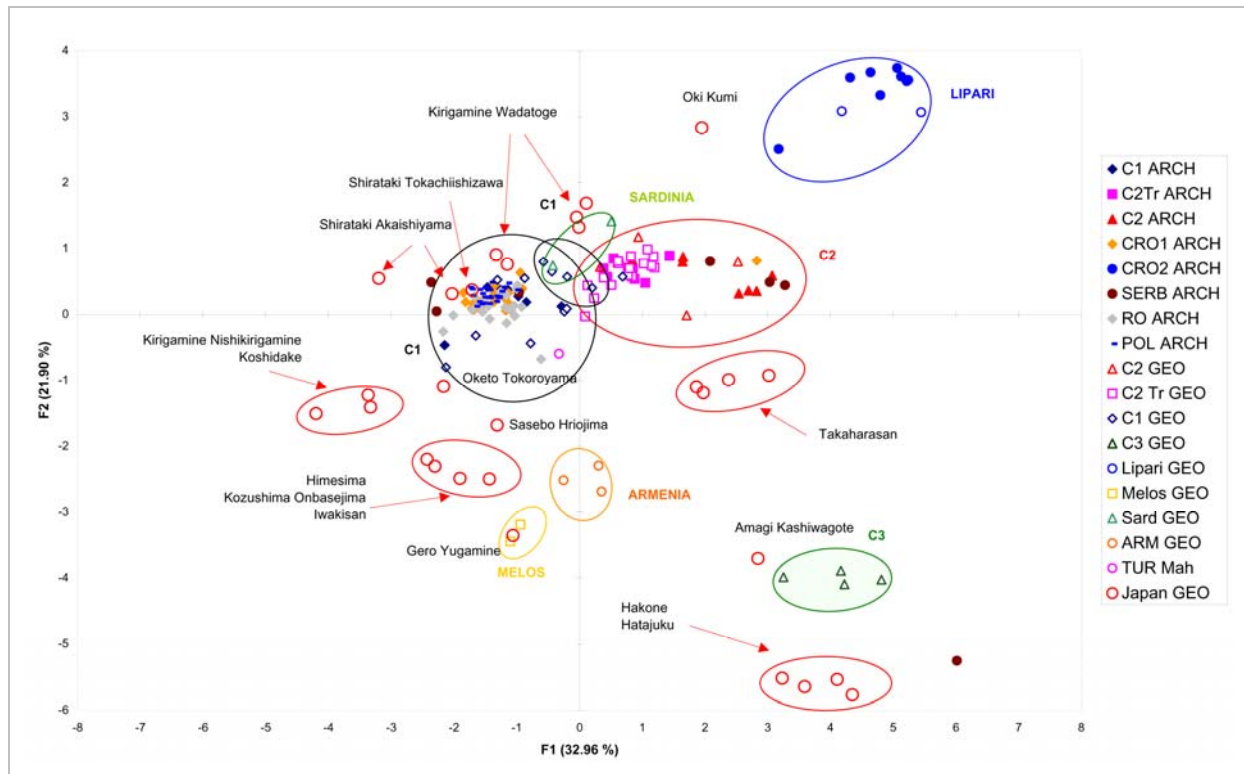
Hasonló eredményeket ad a főkomponens analízis is. A PCA szerint a Shirataki Akaishiyama, Shirataki Tokachiishizawa, a Kirigamine Wadatoke és Oketo Tokorayama lelőhelyekről származó minták összetétele hasonló a kárpáti obszidiánokéhoz. A Kirigamine Nishikirigamine-Koshidake, Himesima-Kozushima Onbasejima-Iwakisan, Hakone Hatajuku és Takaharasan lelőhelyekről származó obszidiánok összetételük szerint csoportokat alkotnak, és ezek a csoportok valamennyi kárpáti és mediterrán obszidiántól különböznek. A Gero Yugamine lelőhelyről származó lelet összetétele nagyon hasonlóan adódott a meloszihoz. A főkomponens analízis is megerősíti, hogy a vizsgált japán obszidiánok összetétele nagymértékben különbözik a „Lipari” típusúakétól.

### Következtetések

Japán 14 különböző lelőhelyéről származó 28 geológiai obszidián minta elemösszetételét vizsgáltuk prompt-gamma aktivációs analízissel. A mért főelem koncentrációk alapján a minták összetétele az obszidiánokra általánosan

jellemzőnek adódott. A mért mellék- és nyomelemek közül a klór és bór mennyisége alacsony vagy közepes volt, a kárpáti obszidiánokkal megegyező nagyságrendű, vagy azt kissé meghaladó, de nem érte el a „Lipari” típusú obszidiánokra jellemző magas értékeket. Mind a bór- és klórtartalom, mind pedig az összes mérhető összetevőt figyelembe vevő főkomponens analízis szerint az egy lelőhelyről származó minták többsége jól elkülöníthető csoportokat alkotnak. Így az elemösszetétel a japán obszidiánok esetében is valószínűleg jól használható a geológiai eredet meghatározására.

Vizsgálataink egyrészt a Litotéka adatbázis számára szolgáltatnak alapadatokat, másrészt – bár a vizsgált minták száma csekély – a japán régészeti obszidiánok provenienciáinak kutatásaihoz járulhatnak hozzá. A jövőben, a folytatódó japán-magyar együttműködés keretében – további minták összemérését tervezzük prompt-gamma aktivációs analízissel és röntgen-fluoreszcencia elemzéssel (XRF).



**6. ábra:** A vizsgált japán obszidiánok összehasonlítása (a vizsgált) európai obszidiánokkal, a főkomponens analízis (PCA) alapján. Rövidítések: C1 – Kárpáti I; C2Tr – Kárpáti II, Tolcsva mahagóni; C2 – Kárpáti II; C3 – Kárpáti III; CRO – horvátországi; RO – romániai; SARD – szardíniai; ARM – örményországi; TUR – törökországi; POL – lengyelországi; SERB – szerbiai; ARCH – régészeti; GEO – geológiai.

**Fig. 6.:** Comparison of Japanese and European obsidians, based on Principal Component Analysis (PCA). Abbreviations: C1 – Carpathian I; C2Tr – Carpathian II, Tolcsva red; C2 – Carpathian II; C3 – Carpathian III; CRO – Croatian; RO – Romanian; SARD – Sardinian; ARM – Armenian; TUR – Turkish; POL – Polish; SERB – Serbian; ARCH – Archaeological; GEO – Geological.

## Köszönetnyilvánítás

A vizsgált mintákat a Meiji University (Tokió, Japán) naganoi Obszidián Kutatóközpontja (Center for Obsidian and Lithic Studies) ajándékozta a Magyar Nemzeti Múzeum Litotéka gyűjteményének. A PGAA méréseket a Budapesti Neutronközpontban végeztük, az OMFB 00184/2006 sz- NAP VENEUS05 pályázat és a K 62874 sz. OTKA pályázat támogatása segítségével.

## Irodalom

CHOI, H.D., FIRESTONE, R.B., LINDSTROM, R.M., MOLNÁR, G.L., MUGHABGHAB, S.F., PAVIOTTI-CORCUERA, R., RÉVAY, ZS., TRKOV, A., ZERKIN, V. & ZHOU, C. (2007): Database of Prompt Gamma Rays from Slow Neutron Capture for Elemental Analysis, *International Atomic Energy Agency*, Vienna, 1–251.

KASZTOVSZKY ZS. & T. BIRÓ K. (2004): A kárpáti obszidiánok osztályozása prompt gamma aktivációs analízis segítségével: geológiai és

régészeti mintákra vonatkozó első eredmények, *Archeometriai Műhely* 1/1 9–15.

KASZTOVSZKY, ZS., BIRÓ, K. T., MARKÓ, A. & DOBOSI V. (2008): Cold neutron prompt gamma activation analysis – a non-destructive method for characterisation of high silica content chipped stone tools and raw materials. *Archaeometry* 50/1 12–29.

KASZTOVSZKY ZS., SZILÁGYI V., T. BIRÓ K., TEŽAK-GREGL T., BURIĆ M., ŠOŠIĆ R. & SZAKMÁNY GY. (2009): Horvát és bosnyák régészeti lelőhelyekről származó obszidián eszközök eredetvizsgálata PGAA-val. *Archeometriai Műhely* 6/3 5–14.

RÉVAY, ZS. & BELGYA T. (2004): *Principles of PGAA method*, in: *Handbook of Prompt Gamma Activation Analysis with Neutron Beams*, (G.L. Molnár ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/New York 1–30.

RÉVAY, ZS., BELGYA, T & MOLNÁR, G. L. (2005): Application of Hypermet-PC in PGAA. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 265 261–265.

RÉVAY, ZS. (2009): Determining elemental composition using prompt gamma activation analysis, *Anal. Chem.* **81** 6851–6859.

SHIMADA, K. (2012): Upper Palaeolithic Obsidian Use in Central Japan. In: ONO, A. ed., Proceedings of International Symposium on Lithic Raw Material Exploitation and Circulation in Prehistory, 2012.10.27, Tokyo, pp. 45–46.

SZENTMIKLÓSI, L., BELGYA, T., RÉVAY, ZS. & KIS Z. (2010): Upgrade of the prompt gamma activation analysis and the neutron-induced prompt gamma spectroscopy facilities at the Budapest Research Reactor. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **286** 501–505.



**DISSEMINATION OF KNOWLEDGE AND APPROACH – A JAPANESE  
EXAMPLE FOR CONSERVATION  
REPORT ON THE “INTERNATIONAL WORKSHOP ON THE  
CONSERVATION OF URUSHI 2009”**

**VÖRÖS LAKKAL DÍSZÍTETT TÁRGY RESTAURÁLÁSA:  
PÉLDA A JAPÁN RESTAURÁTORI MUNKÁRA.  
A 2009-ES NEMZETKÖZI URUSHI TANFOLYAM EREDMÉNYEIBŐL**

BALÁZS LENCZ

Hungarian National Museum

E-mail: [lencz.balazs@hnm.hu](mailto:lencz.balazs@hnm.hu)

**Abstract**

*The conservation of Japanese lacquer or (in Japanese) urushi objects is a very special field in conservation practice. Most western conservators use synthetic polymers and other traditional western materials during the treatment of these works of art. The study of the unique Japanese conservation techniques is very difficult for a western specialist. Although there's an increasing need for getting more knowledge about this field, the training possibilities are very limited. The NRICPT (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo) plays a key role in providing a solution for the increasing demand of the west, and takes on a very important task by offering courses and workshops on the conservation of urushi. This article is about a 1 month, special workshop was held in 2009 at the NRICPT in Tokyo, and introduces a joint work of 2 western and 1 eastern specialist on the conservation of a rare type of Japanese urushi or lacquer coated object.*

**Kivonat**

*A japán laktárgyak (japánul, urushi) konzerválása a restaurátori gyakorlaton belül egy rendkívül sajátos területet képvisel. A legtöbb „nyugati” restaurátor műgyantát és más, a sajátos japán laktól idegen anyagot használ ezeknek a tárgyaknak a konzerválására. Az eredeti japán technika alkalmazása ugyanis rendkívül nehéz az ilyen tapasztalatokkal és képzettséggel nem rendelkező szakemberek számára. Az utóbbi években erősödik az igény az eredeti technikák megismerésére és alkalmazására, de nagyon kevés lehetőség nyílik arra, hogy a szakemberek elsajátítsák ezeket a készségeket. A Tokióban működő NRICPT (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo) kulcsszerepet játszik ebben a folyamatban, tanfolyamokat és konferenciákat rendez az urushi restaurálásának tárgy körében. Ez a tanulmány egy ilyen speciális műhelymunka eredménye, amelyet 2009-ben rendeztek a NRICPT szervezésében. 1 hónapon keresztül együtt dolgoztunk, két „nyugati” és egy „keleti” szakember közreműködésével egy ritka tárgy típuson, amelyet japán vörös lakk díszít.*

KEYWORDS: URUSHI, CONSERVATION, JAPAN, LACQUER

KULCSSZAVAK: URUSHI, JAPÁN, LAKK, KONZERVÁLÁS

**Foreword**

The subject of the workshop – the conservation of an incense clock – was exceptional, since western conservators usually don't have the chance to restore Japanese lacquer objects in their place of origin, so it was a great honour for us. Moreover, the treated object was an outstanding piece of its kind and belonged to a famous daimyo (powerful feudal lord) family, so it was not just an honour, but great responsibility for us. The joint work with my German colleague, Mrs. Ursel Adda Gasner from the Herzog Anton Ulrich Museum, Braunschweig was very inspiring and beneficial. The common thinking of different issues with our supervisor teacher Mr. Yoshihiko Yamashita gave answers for several problems and also resulted the arising of important questions too, which indeed helped

widening our knowledge about the Japanese way of *urushi* conservation.

***Preliminary research of the Jou Kou Ban  
– Incense Clock***

**How does it work?**

The incense clock (**Fig. 1**) itself is a considerably rare type of object even in Japan. Its Japanese name is *kou dokei* or more precisely *jou kou ban*. The function is obviously the measuring of time, but in a very special, delicate way. This object is used in shrines by monks, and signals the passage of time by different smell of incenses, which helps the monks in keeping the daily routine of different rituals, ceremonies, etc.



**Fig. 1.:** The incense clock before restoration

**1. ábra:** A tömjén-óra restaurálás előtt

They use special tools to press a few centimetres deep and about 1 meter long, snake-shaped line into the middle of the incense box filled with ashes (**Fig. 2**). The groove is then filled with different type of incenses, in a special order and fired at one end. As the incense line burns through, different smells emerge from the incense clock one after another in different times.

**The origin of the object**

This object is owned by a shrine called Jissouji, which is located in Minato-ku, Tokyo.

This shrine belonged to the Matsudaira family, one of the top daimyo families of the Edo period. The *jou kou ban* was an offering gift, a donation to the shrine. We had the privilege to visit the shrine and study the beautiful interior, the different objects stored and used in the building. As most of the lacquered objects of the shrine, the incense clock was believed to be made in the first half of the 19th century. We could see the incense clock's original place in the shrine, so we could better understand the background of the object and the way it was used.

**The structure of the object**

The incense box consists of five main elements, which can be easily taken apart.



**Fig. 2.:** The snake-shaped line of incense in the ash

**2. ábra:** A tömjén hamuja a kígyó formájú vájatban

This feature of the object helped our work, since the different parts could have been treated and handled more easily. The five units of the incense clock are:

**Shita bako – Bottom box**

It is the lowest part of the object and serves as a stand. In its front drawer different incenses were stored. We believe this part of the object is a later addition, because the quality of the ground layers (*noji shitaji*) and top black lacquer coatings (*roiro urushi*), which are on wooden substrate are inferior to the other parts.

**Kidai – Drawer stand**

The second unit of the object is used for storing special tools, which are used to clean and level the ashes, to deepen the snake-shaped line, apply the incense, etc. (**Fig. 3**). The wooden substrate has red urushi coating.

**Kubi – Neck**

The connection element of the drawer stand and the upper incense box.

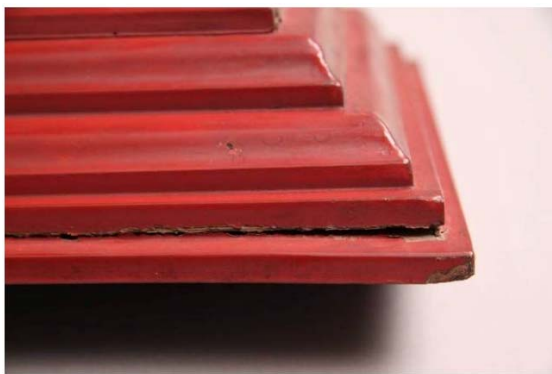


**Fig. 3.:** The tools from the drawer

**3. ábra:** Az óra fiókjában elhelyezett eszközök



**Fig. 4.:**The split frame of the lid  
**4. ábra:** A fedő hasadt szegélye



**Fig. 5.:** Structural damage of the neck  
**5. ábra:** A nyakrész szerkezeti torzulása

It gives tallness and a slender shape to the object, breaking its massive appearance. It's made of several different pieces of wood. The wooden substrate is coated with red urushi.

#### ***Kou bako – Incense box***

The box containing ashes, where the incense is applied and burnt, is the “heart” of the object. Just like the former elements, the box has a wooden substrate coated with red urushi. The sides are decorated with pairs of family crests on each side, made with *hira maki-e* technique. The wooden box has an inner metal lining.

#### ***Futa – Lid***

The topmost element, which closes the incense box. Through its four circular wholes the incense smoke can fume out to open space. Its structure consists of a wooden frame with inserted metal plates, which has the circular wholes. There's a spherical ornament on the top. The wooden frame is red lacquered; the metal is coated with black urushi. There is one smaller family crest in the middle of each side in *hira maki-e*. The corners are strengthened with pairs of metal bands.

#### **Short condition survey**

Concerning the condition of the object, we could observe several damages. The most severe structural damage was on the lid, where the side of the wooden frame was split and the metal plates partially detached from the frame (**Fig. 4**). The other significant damage was the partial separation and deformation of the bottom board of the neck element (**Fig. 5**), which caused the local flaking of the urushi layers.

In addition to the structural problems of the substrate, deterioration of the urushi layers was also visible. Along the joints of the slightly deformed wooden substrate, small cracks appeared on the *kidai*. These cracks caused the lifting and flaking of the coloured urushi coating on several areas of the incense clock. At the areas of missing urushi coating, the exposed yellowish ground layers and the substrate turned a little bit black, presumably by the effect of incense smoke. These areas were significant on the bottom and corners of the *kou bako*, the sides of the *kubi* and at the edges of the *shita bako*. The foundation layers suffered losses at the top joints of the lid's side elements. This area and other parts of the lid also showed some detachments of the thin black lacquer on the metal plates. The heads of the reinforcing nails were also visible on the top of the *kidai* and the lid. The corrosion products of these nails deteriorated the surrounding foundation and urushi coatings.

On the surface of the urushi coating we could observe different kinds of contaminations. Dust and other contaminations from the air slightly covered the whole object, accumulated in corners and pits. Contaminations of human origin can be the greasy and oily deposits mixed with soot, which are probably originate from the everyday usage of the object, when accidentally incense ash was rubbed to the surface. These spots of alternate size could be observed on all parts of the incense clock. Fingerprints and scratch marks were also visible on the surface. Based on the information received from the shrine where the object is stored, the blackish contaminations and the matte spots mainly found on the side and top of the *kidai* are presumably caused by a cat living around the shrine (**Fig. 6**). The family crests of the *kou bako* was also contaminated, especially the pair on the left side (**Fig. 7**). Water marks were visible in the form of matte, round surface marks, mainly on the top areas and sides. The inside of the lid was covered with soot and burnt contamination, caused by the normal use of the object.





**Fig. 6.:** Black contamination on the drawer stand  
**6. ábra:** Fekete szennyeződés a fiók alján



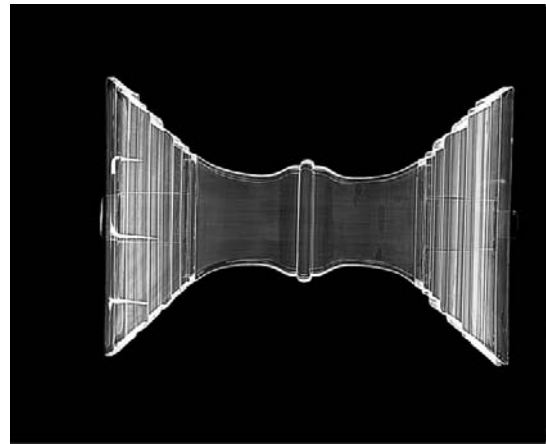
**Fig. 7.:** The soiled family crest  
**7. ábra:** Elszennyeződött családi címer

### **Scientific analysis**

We are very grateful to the NRICPT for providing us different possibilities of scientific analysis. These examinations were essential for establishing our plan of conservation and to get the most information about the structure, manufacture, deterioration and age of the object.

#### **X-ray radiography**

For the X-ray investigation we chose two elements of the incense clock: the lid and the neck, the units with the most severe structural damages. Besides the better visual study of the damaged areas, we wanted to learn more about the joining methods and materials of the different components (like nails in the wood, etc.). The X-ray pictures were taken with the Fuji Computed Radiography system of the institute. Choosing of optimal strength and time of radiation is crucial for getting a clear, evaluable picture. In the case of lacquered objects low radiation is preferable since the presence of wood and lacquer, so for the examined elements 40-45kV, 3mA and 30 seconds were used. On the picture of the lid, we could identify and localize the nails fixing the metals parts to the wooden frame and the damaged parts.



**Fig. 8.:** X-ray radiography of the neck  
**8. ábra:** A nyak-rész röntgen felvétele

The picture of the neck (**Fig. 8**) revealed the multilayer structure of the object and the existence of nails presumably used in a former repair.

#### **Video microscopy**

The closer study of the surface and the different lacquer layers changed some former knowledge about the incense clock. We took macro photographs with a special video microscope, which proved to be very effective for visual investigation. Following the examination of several areas of the object, we could clearly identify the layer structures. On the lower edge of the *kou bako*, the wooden substrate is covered with black ground layer which is presumably *kaki* and *sumi shitaji* (mixture of persimmon tannin and charcoal powder). It is covered with a thin layer of *sabi shitaji* (clay foundation) in order to get a flat surface, and red *bengara urushi* (refined urushi mixed with red iron-oxide) is applied on it (*bengara urushi* has a slightly brownish-yellowish tone, not as vivid as *shu* - vermilion urushi). We suppose that this bengara coating was the original surface and colour of the object.



**Fig. 9.:** The different lacquer layers of the incense box  
**9. ábra:** A tömjén-doboz lakkrétegei

Looking through the whole layer structure, we can see that later another foundation layer of *sabi* (clay) and another red urushi coating was applied. The final red lacquer is *shu* (vermillion) *urushi* (Fig. 9).

Observing the pictures taken from the damaged areas of the neck part we can see more or less the same layer structure, but on some areas we found the reinforcing textile (*nunokise*) in the thin foundation layer, which is the characteristic of good quality lacquer ware.

As the main result of our investigation, the repaintings suggest that the incense clock was made much earlier than it was originally thought, presumably in the middle of the 18th century.

### XRF analysis

We had the possibility to carry out XRF analysis of samples taken from the urushi coating of the object. Mr. Kitano helped us in the examinations, which was carried out with a Horiba Mesa-500W type X-ray fluorescence element analyser. The analysis of the ground layer of the black coating on the *shita bako* showed, that the main components are Si, Al and it also contains less than 4% of K, Fe, S, Ca. The upper red layer of the object contains a great amount of Hg, so we supposed, this is *shu urushi*. The layer underneath the *shu urushi* has lot of Fe in it, which means it must be *bengara urushi*. It proved, that our former assumptions –based on visual examinations – were correct.

### Conservation of the object

#### The aim of the conservation

For the conservation work we had a very limited timeframe – only 1 month –, so we had to take it account in establishing our plan of conservation. Since the complete restoration of the object could not be carried out, we decided to concentrate on the overall stabilization of the object using only minimum intervention. Following a complete, slight cleaning we planed to focus on the structurally damaged areas and where the lifted and deteriorated *urushi* film was the most vulnerable for further damage. This way we tried to get an aesthetic, homogenous appearance, preserving the original outlook and authenticity of the object and to insure its long lasting preservation.

#### Cleaning tests

In order to decide the most effective and safe cleaning solution for the incense clock, we tested different solvents commonly used in cleaning of urushi coatings. We made cleaning spot tests with mineral spirit, ligroin, Cleansolv G, water and ethanol on both the red and black urushi surfaces. Finally used for the cleaning of the entire object the mixture of ethanol : water = 1 : 2.

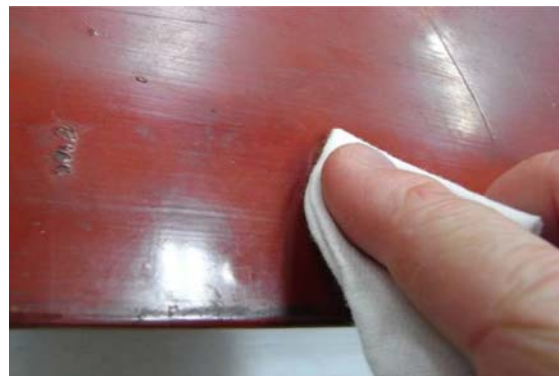


Fig. 10.: The cleaning of red surface

10. ábra: A vörös felszín tisztítása



Fig. 11.: Cleaning of the lid

11. ábra: A fedő tisztítása

#### Cleaning

Prior to wet cleaning, we mechanically removed dust from the surface, using different types of soft brushes. (Small dust particles, left on the surface, can cause the making of scratch marks during wet cleaning). We wetted very fine woven cotton cloth (*meriyasu*) with the above mentioned ethanol/water solution, and cleaned the surface with gentle, elongated movements, always working on larger areas (Fig. 10, 11).

#### Treatment of structural damages

After cleaning we continued the treatment of the most problematic part, the split frame of the lid. Before fixing the lid, we first carefully planned and tested the way and selected the critical points of applying the pressure in a special pressurizing frame (*shinbari dai*) for the refixing of the damaged, deformed structure of the lid.

We readhered the split areas and the partially lifted and detached lacquer layers in several steps. The adhesive was traditional *mugi urushi*, which we made by adding Japanese raw urushi to kneaded wheat flour paste.





**Fig. 12.:** Injection of *mugi urushi*

**12. ábra:** A *mugi urushi* beinjektálása



**Fig. 13.:** Pressurizing in *shimbari* frame

**13. ábra:** A nyomókeret (*shimbari dai*)

The mixture was kneaded and then spread onto the working board to prepolymerize it. We mixed and spread the material in about 20 minutes cycles for about 2 hours to achieve the proper stickiness and so the optimal adhesive properties.

We injected and applied this traditional adhesive with special brushes (**Fig. 12**), and then wiped off the excess material with non-polar solvent (ligroin).

Following the careful application of adhesive we put the object into the pressurizing frame and applied pressure to refix the delaminated areas with wooden and bamboo sticks and special pressurizing sheets (**Fig. 13**).

In the case of the *kubi* and the *kidai* we used the same adhesives for fixing their cracked and separated parts. In addition to *shinbari* sticks (pressurizing sticks), on certain areas the usage of small and long clamps was more convenient and effective (**Fig. 14**).

The treated parts were kept in the pressurizing frames for 4-6 days, for the complete hardening of the adhesive.

We presumed that the lowest part, the *shita bako* is a later addition to the object, since it has different colour and quality of top coating and foundation layers.



**Fig. 14.:** Pressurizing the neck with clamps and *shimbari*

**14. ábra:** A nyakrész felvált rétegeinek visszarángatása szorítók, és nyomókeret segítségével



**Fig. 15.:** Application of adhesive mixture on the bottom box

**15. ábra:** Ragasztó keverék felvitele az alsó doboz felületén

Under the *roiro* (shiny black) coating we found *noji shitaji* (ground made of animal glue and clay) and paper reinforcing. For the readhesion of these partially lifted and completely detached lacquer layers we tested different material mixtures. After testing starch paste, animal glue and different mixtures of them on a sample board, fixing small sheets of filtering paper onto it, we decided to use the mixture of *shoufu nori* (wheat starch): *nikawa* (animal glue) = 1 : 1, because it had the optimal hardness and adhesive properties. Also presumably this kind of binding media was used originally for this coating. For better penetration we added ethanol to the mixture. For application of the adhesive we used *neji fude* (fine brush) and also a thin wooden stick for the gentle lifting of the partially lifted layers to help the penetration of the adhesive mixture under it (**Fig. 15**). For pressure we used *shimbari* sticks and long clamps. We left it to harden for 3 days.





**Fig. 16.:** Test board of different filling mixtures with incense powder

**16. ábra:** A füstölő port tartalmazó, különféle kiegészítő anyagokat bemutató tesztlap

### Filling the missing areas

We used a special type of mixture (*kokuso* in Japanese) for filling the missing areas of the foundation layers. Since the object itself is a special type of incense burner and incense is traditionally used as a repair material in Japan, we tested different types of incense powders as filling material. The mixture of *shikimi* type incense powder with water gave a very good result. Before mixing the incense with water, it was necessary to sift it with 60# mesh, to get a fine and homogenous powder. For binding media, wheat starch paste, animal glue and *urushi* were tested. For colouring and adjusting black tone lamp soot, for red tone vermilion was used (Fig. 16). After examining the results, we selected the mixture of *shikimi makko* (incense powder) mixed with water + *urushi* + lamp soot for the missing black coatings of the lid. On the red areas we used the same mixture, but instead of lamp soot we added vermilion to the mixture. The used pigments were well blended into the original black and red surfaces. We applied the filling material with bamboo spatulas we made for ourselves, and small wooden sticks (Fig. 17, 18). During application we had to take extra care not to apply too much, since in this phase our aim was only to fill in the deep cracks, missing areas but not to fill up completely to the surface.

### Retouching of the lid

The topmost part, the lid of the object was the most contaminated. During the cleaning we faced with a serious problem. The removal of the blackish-greyish dirt layer couldn't be controlled well enough. Even with very careful cleaning the surface of the red lacquered frame showed light red spots, causing a stained surface, sturdily different from every part and the overall appearance of the object.



**Fig. 17.:** Application of filling material on the lid

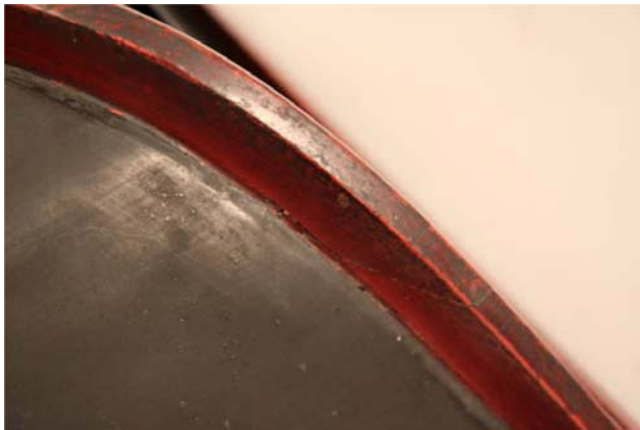
**17. ábra:** Kiegészítő anyag felvitele a tárgy fedelén



**Fig. 18.:** Wiping off the excess filling material on the neck

**18. ábra:** A felesleges kiegészítő anyag visszatörlése a felületről

During the cleaning we tried to keep the authenticity of the object and avoid going beyond our idea of overall cleaning and minimal intervention. So on the areas where we got the light red spots, we decided to stop cleaning process and to restore the dark appearance. For this purpose, we decided to use the European way of retouching. Since the main component of the deposits was the incense smoke, we tried to use this material for retouching. We burnt incense in a porcelain bowl and collected the smoke on the surface of another bowl put above the burning incense. The collected smoke had yellowish-brownish colour so it was not black enough. After testing different pigments and binding media, we added fish glue and Chinese ink with sake (Japanese rice wine) to the collected smoke material. It had the correct shine and tone. We applied this retouching mixture with fine brushes.

**Fig. 19.:** Details of the incense clock after conservation**19. ábra:** A tömjén óra részletei restaurálás után**Fig. 19a:** Drawer stand after conservation**19a ábra:** A fiókos állvány restaurálás után**Fig. 19b:** Bottom edge of the neck after conservation**19b ábra:** A nyakrész alsó éle restaurálás után**Fig. 19c:** Drawer stand after conservation**19c ábra:** A fedő szegélye restaurálás után**Fig. 19d:** Family crest after conservation**19d ábra:** Családi címer restaurálás után

### Conclusion

I think the treatment of the object was successful, since we could achieve our main aim of conservation. During the conservation work the missing areas were filled in and the most vulnerable, lifting lacquer layers were fixed back, and stabilized. The incense clock regained its original, stable structure and following the removal of surface dirt and the strongly adhering black contamination spots, completed with retouching, we could restore its aesthetic, homogenous appearance (**Fig. 19-20**). By these treatments we contributed to the long term preservation of the object.

### Acknowledgements

I'd like to express my deepest thanks to the organizers of this international workshop. I'm very grateful to Mr. Norio Suzuki, the director general of the NRICPT for his invitation, to all the members of the Restoration Techniques Department, to Mr. Wataru Kawanobe who kindly supported our work, to Mr. Nobuhiko Kitano who coordinated our stay in the institute and helped us in many ways during our study and to Mr. Yoshihiko Yamashita, our supervisor teacher who kindly guided our practical work and provided us a lot of invaluable information about the conservation of *urushi*.



**Fig. 20.:** The incense burner after conservation

**20. ábra:** A tömjén óra restaurálás után

### ***References***

RIVERS, S., FAULKNER, R., PRETZEL, B. eds. (2011): East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation, Archetype Publications. Center for Conservation Sciences and Restoration Techniques, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo.

Anonymous eds. (2010): International Training Program: "The Preservation and Restoration of Urushiware, Reimei Co.Ltd. Department of Restoration Techniques, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo.

Anonymous eds. (2009): Textbook Japanese Lacquer – Intermediate, Shibundo Publishing Co. Ltd.

Anonymous eds. (2005): National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo.. The 27th International Symposium on the Conservation and Restoration of Cultural Property, The Role of Urushi in International Exchange, NRICPT

WEBB, M. (2000):. Lacquer Technology and Conservation, Butterworth Heinemann





# BALATONŐSZÖD – TEMETŐI DŰLŐ RÉZKORI LELŐHELY HOMOKKŐ NYERSANYAGÚ KŐESZKÖZEINEK KÖZETTANI ÉS GEOKÉMIAI VIZSGÁLATA

## PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF STONE TOOLS MADE OF SANDSTONE FROM THE SITE BALATONŐSZÖD - TEMETŐI DŰLŐ (HUNGARY)

PÉTERDI BÁLINT

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Földtani és Geofizikai Gyűjteményi Osztály

E-mail: [peterdi.balint@mfgi.hu](mailto:peterdi.balint@mfgi.hu), [peterdib@freemail.hu](mailto:peterdib@freemail.hu)

### Abstract

*The present study reports results of petrographical and geochemical analyses on stone tools from the archaeological site Balatonőszöd – Temetői dűlő (Hungary). Balatonőszöd – Temetői dűlő is the largest excavated and longest-lived site of the Baden Culture in Hungary (more than 200.000 m<sup>2</sup>). In the site objects of the Balaton-Lásinja Culture (Middle Copper Age) and the Boleraz Culture were found too. Altogether 500 finds (made of stone) turned up. The present study reports the results of the investigation of 205 finds, all made of sandstone. Most of the finds made of sandstone belong to the Baden Culture. Almost all finds made of sandstone are grinding stones (on a few of them, traces of mineral paint were noticeable), grinders and polishers, but objects whose function is not known, elaborated and non-elaborated fragments, boulders of raw material are also in the studied set.*

*According to their macroscopic and microscopic features three types of sandstone can be separated among the finds. Some of the finds – because of their intensively weathered state – could not be grouped to these three types.*

*Applying detailed petrographical and geochemical methods as well as comparing published data, I concluded that the overwhelming majority (89%) of the sandstones – red (or bleached, white) sandstones (I type) – made of the Red Sandstone and Aleurolite Member of the Balaton Highland Sandstone Formation, especially from the mature type sandstone in which quartz is predominant, and it is almost free of feldspar. This type is characteristic of the confines of the Southern Balaton Highland and the lower part of the formation in the Northern Balaton Highland. The raw material of a minor part (2.5%) of the red sandstones (II type) originates from the sandstones of the Jakabhegy Sandstone Formation (Western Mecsek Mts.). I did not undertake the task of locating the source of the raw material of the grey-coloured, mica-rich, sparite-cemented, young sandstones (III type, 2.5%) because of the great number of the a geological localities with the same type of sandstone.*

### Kivonat

*Balatonőszöd - Temetői dűlő lelőhely a badeni kultúra Magyarországon eddig feltárt legnagyobb és leghosszabb életű települése (területe meghaladta a 20 hektárt). A lelőhelyen a Balaton-Lásinja kultúrájának és a Boleráz kultúrájának is kerültek elő önálló objektumai. Az ásatás során 500 kőzet-anyagú lelet került napvilágra. Jelen cikk a homokkő nyersanyagú kőeszközök (205 db) vizsgálatának eredményeit mutatja be. A homokkő nyersanyagú kőeszközök régészeti kora túlnyomó részben badeni. Homokkőből általában őrlőkövek (egész és töredékes, főleg alsó- és kevesebb felső őrlőkő, egyes darabokon festéknyomokkal) és csiszolókövek készültek. A szerszámkövekkel együtt tárgyalom az egyéb megmunkált (de ismeretlen rendeltetésű) töredékeket, nyersanyagtömböket és megmunkálatlan, kőzetanyagú leleteket is.*

*Makroszkópos, és főként polarizációs mikroszkópban való megjelenésük alapján a régészeti leletek között három homokkő-változatot különítettem el, néhány erősen mállott lelet azonban ezekbe a csoportokba nem volt biztonságosan besorolható.*

*Mikroszkópos tulajdonságaik (ásványos összetétel, szövet, törmelékes elegyrészek aránya) valamint teljes-kőzet kémiai összetételük alapján a homokkővek túlnyomó többségét (89%-át) kitevő vörös (és kifakult, fehér) homokkő anyagú leletek (I. csoport) nyersanyaga a Balatonfelvidéki Homokkő Formáció Vörös homokkő és aleurolit tagozatába sorolt homokkővek közül került ki, a szinte földpátmentes, kvarc és kőzettörmelék túlsúlyával jellemezhető érettebb homokkő típusból. Ez a típus a déli Balaton-felvidék peremi területein és az északi Balaton-felvidéken a formáció alsó részére jellemző. A vörös homokkővek kis részének (2,5%-ának) (II. csoport) nyersanyaga a Nyugati-Mecsekből, a Jakabhegyi Homokkő Formáció felsőbb szintjeiben megjelenő homokkővek közül eredeztethető. A III. csoportba sorolt szürke, csillámos, pátitos kötőanyagú, fiatal homokkővek (2,5%) nyersanyagforrásának pontosabb meghatározására a nagyszámú, hasonló kőzetanyagú lelőhely miatt nem vállalkoztam.*

KEYWORDS: COPPER AGE, BADEN CULTURE, STONE TOOL, GRINDING STONE, PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY, SANDSTONE, BALATONŐSZÖD

KULCSSZAVAK: RÉZKOR, BÁDENI KULTÚRA, SZERSZÁMKŐ, ŐRLŐKŐ, PETROGRÁFIA, GEOKÉMIA, HOMOKKŐ, BALATONŐSZÖD

### **Bevezetés, régészeti háttér, a kutatás célja**

Balatonőszöd-Temetői dűlő lelőhely a késő rézkori badeni kultúra Magyarországon eddig feltárt legnagyobb és leghosszabb életű települése. A feltárt és a hozzá kapcsolódó regisztrált lelőhely együttes területe meghaladta a 20 hektárt (**1. ábra**). Északon a Boleráz kultúra településének magja, délebbre az átmeneti és a klasszikus badeni kultúra településének magja található. A lelőhelyen a középső rézkori Balaton-Lasinja kultúrának és a Boleráz kultúrának is kerültek elő önálló objektumai. A Balaton-Lasinja kultúra és a Baden kultúra anyaga több helyen keverve került elő, anélkül, hogy a metszetben későbbi beásás vagy bolygatás nyoma lett volna megfigyelhető. (Horváth et al. 2006, Horváth 2010)

A továbbiakban a különböző kultúrák csiszolt kőeszközeit (és szerszámköveit) együtt, összevonva tárgyalom, mivel bármelyik itt tárgyalt korszak csiszolással megmunkált leleteiről annyira keveset tudunk, hogy az eszközök szétválasztása tipológiailag vagy nyersanyag alapján egyelőre nem lehetséges, a lelőhelyen pedig a legtöbb korszak a késő rézkorral átfedésben jelentkezett, vagyis a néhány, potenciálisan a középső rézkorba vagy korai bronzkorba is sorolható lelet kora és kulturális besorolása bizonytalan.

Az ásatás során 500 kőzet-anyagú lelet került napvilágra. Ezek régészeti tipizálását Horváth Tünde végezte el (Horváth & Péterdi 2012). Jelen tanulmány a leletanyag közel felét kitevő (205 db, azaz 41 %) homokkő-nyersanyagú kőeszközök vizsgálatának eredményeit mutatja be. A Balatonőszöd–Temetői dűlő lelőhelyről előkerült szerszámkövek általában egész és töredékes őrlőkövek (főleg alsó- és kevesebb felső őrlőkő, egyes darabokon festéknymokkal), csiszológövek és fenőkövek. Mivel nyersanyagukat tekintve hasonlóak, a szerszámkövekkel együtt tárgyalom az egyéb megmunkált (de ismeretlen rendeltetésű) töredékeket, nyersanyagtömböket és megmunkálatlan, kőzetanyagú leleteket.

Munkám célja a Balatonőszöd – Temetői dűlő lelőhelyről előkerült kőeszközök részletes közettani és geokémiai vizsgálata; a nyersanyagok származási helyére vonatkozó következtetések levonása.

A magyarországi leletanyagok archeometriai vizsgálataiban ez ideig csak kevés esetben foglalkoztak homokkő nyersanyagú eszközökkel (Szakmány 1996; Szakmány & Nagy 2005; Palágyi et al. 2006; Szakmány et al. 2008; Piros 2010).



**1. ábra:** Balatonőszöd-Temetői dűlő. Az ásatási terület és közvetlen környezete. Készítette: Viemann Zsolt ([www.szekely-kiado.hu](http://www.szekely-kiado.hu) ortofotó háttérkép alapján, Horváth et al. 2006).

**Fig.1.:** The archaeological site (Balatonőszöd – Temetői dűlő) and its surroundings (by Zsolt Viemann, on the basis of the orthophoto of [www.szekely-kiado.hu](http://www.szekely-kiado.hu), Horváth et al. 2006)

A munkát nehezíti, hogy a Kárpát-medencében felszínen található rendkívül sokféle homokkő részletes közettani-geokémiai feldolgozásával még adós a hazai geológia: csak néhány területről állnak rendelkezésre elemzések (például a Hárshgyi Homokkő Formáció (Báldi et al. 1976), a Lábatlani Homokkő Formáció (Bagolyné Árgyelán 1993, 1995, 1996), a Pétervásárai Homokkő Formáció (Sztanó & Józsa 1996), a Balatonfelvidéki Homokkő Formáció (Fülöp 1990; Majoros 1963, 1998; Csernussi 1984) és a nyugat-mecseki perm-triász törmelékes összlet (Fazekas 1987, 1989; Barabás & Barabás-Stuhl 1998; Máthé 1998; Árkai et al. 2000; R. Varga et al. 2005, Varga et al. 2006, 2007, Varga 2009; Bodor & Szakmány 2009, Bodor et al. 2012) kőzeteiről).

### **Vizsgálati módszerek**

A leleteket makroszkópos (azaz szabad szemmel és kézi nagyítóval végzett) megfigyelések révén nyersanyaguk alapján csoportokba soroltam.

**1. táblázat:** Mintadarabok és elvégzett vizsgálatok.**Table 1.:** Samples and analyses

Objektum	Lelet	Mintajel	Kőzet	Vékonycsiszolat	ICP-ES, ICP-MS
B 1124	őrlőkő-töredék	BOT 2	Homokkő (I/1 alcsoport)	+	
B 1563	őrlőkő-töredék	BOT 3	Homokkő (II csoport)	+	+
R-925 (50/11 szelvény)	őrlőkő-töredék	BOT 4	Homokkő (I/1 alcsoport)	+	+
R-925 (50/11 szelvény)	őrlőkő-töredék	BOT 5	Homokkő (I/2 alcsoport)	+	+
B 1558	őrlőkő-töredék	BOT 10	Homokkő (I/2 alcsoport)	+	
B 1496	azonosíthatatlan kőtöredék	BOT 13	Homokkő (III csoport)	+	
R-925 (46/5 szelvény) (egy darabja)	őrlőkő-töredék (festékes)	BOT 14	Homokkő (I/2 alcsoport)	+	+
B 1449	azonosíthatatlan kőtöredék	BOT 15	Homokkő (I/2 alcsoport)	+	
B 2341 (54/29 szelvény)	őrlőkő-töredék	BOT X1	Homokkő (átmenet I/1 és I/2 alcsoport között)	+	

A csoportok egy, vagy néhány jellemző (és régészeti szempontból kevésbé értékes, töredékes) példányából vékonycsiszolatot készítettem a részletes, petrográfiai (polarizációs) mikroszkópos vizsgálatokhoz. A mintakiválasztás során a nagyszámú leletet magába foglaló csoportokból több mintát is választottam, a nyersanyag szín- és szemcseméretbeli változatosságát reprezentálандó. A mikroszkópos vizsgálatok során a leletek ásványos összetételét, szövetét, a törmelékes elegyrészek arányát szávszámlálással határoztam meg (Chayes 1956; Dickinson 1970; Dickinson & Suczek 1979). Eredményeimet geokémiai vizsgálatokkal (teljes kémiai vizsgálatokkal) egészítettem ki.

A teljes kémiai elemzések ICP-ES, illetve ICP-MS segítségével készültek a vancouveri ACME Analytical Laboratories Ltd. laboratóriumában. A kapott adatokat új gyűjtésből származó Balaton-felvidéki összehasonlító minták összetételéről nyert adatokkal (**2. táblázat**), valamint a szakirodalomban közölt korábbi elemzések (Csernussi 1984, Varga 2009) adataival vettem össze. Az összehasonlítás megkönnyítése érdekében a fő- és nyomelem-összetételi adatokat a felső kontinentális kéreg (FKK) átlagos

összetételéhez (Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001), a ritkaföldfém-tartalom adatait a kondrit-összetételhez (Sun and McDonough 1989) hasonlítottam.

A vizsgált mintákról és az elvégzett vizsgálatokról az **1. táblázat** tájékoztat. Az áttekinthetőség érdekében a továbbiakban a mintapéldányokra – a bonyolultabb objektum és szelvénytípus helyett – a táblázat „mintajel” oszlopában található jellel, vagy a kőzetváltozat megnevezésével hivatkozom. Ugyancsak az áttekinthetőség érdekében a teljes kőzet kémiai összetételi eredményeket összesítő táblázatban közlöm (**2. táblázat**).

### **Makroszkópos csoportosítás**

Szabad szemmel és kézi nagyítóval megfigyelhető jellegzetességeik alapján a homokkő leleteket 3 csoportba soroltam. A könnyebb áttekinthetőség érdekében az I. és II. csoportot („vörös homokkövek” összefoglaló cím alatt), a III. csoporttól (szürke, csillámos, karbonátos kötőanyagú homokkő) különválasztva tárgyalom.

12 példány erősen mállott állapota miatt nem volt biztonsággal egyik fent említett csoportba sem besorolható.



**2. táblázat:** A kiválasztott minta-darabok és Balaton-felvidéki összehasonlító minták teljes-kémiai (ICP-ES, ICP-MS) elemzésének eredményei

**Table 2.:** Bulk-rock chemistry: ICP-ES and ICP-MS results of the archaeological finds and comparative samples from the Balaton-Highland

Főelemek (w%)	Homokkő (I/1. alcsoport)	Homokkő (I/2. alcsoport)	Homokkő (I/2. alcsoport)	Homokkő (II. csoport)	Páلكőve 1	Páلكőve 2	Páلكőve 3	Páلكőve 4	Páلكőve 5	Páلكőve 6
	BOT 4 R 925 (50/11.sz.)	BOT 5 R 925 (50/11.sz.)	BOT 14 R 925 (46/5. sz.)	BOT 3 B 1563	VHK-1	VHK-2	VHK-3	VHK-4	VHK-5	VHK-6
SiO <sub>2</sub>	74,94	86,93	85,10	88,70	83,24	84,03	79,40	75,85	67,42	69,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,31	8,26	9,50	5,62	9,80	8,70	11,78	13,99	16,83	16,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,52	0,71	0,54	0,96	2,32	3,28	3,11	3,36	6,85	5,50
MgO	0,16	0,06	0,10	0,13	0,05	0,03	0,07	0,13	0,25	0,21
CaO	1,97	0,08	0,29	0,16	0,10	0,06	0,04	0,05	0,07	0,08
Na <sub>2</sub> O	0,06	0,02	0,05	0,13	0,02	0,02	0,03	0,06	0,07	0,07
K <sub>2</sub> O	0,68	0,43	0,47	3,35	0,47	0,41	0,66	1,11	1,62	1,45
TiO <sub>2</sub>	0,46	0,28	0,20	0,07	0,31	0,26	0,43	0,52	0,86	0,86
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18	0,04	0,12	0,13	0,14	0,08	0,05	0,06	0,08	0,06
MnO	0,22	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
LOI	5,30	3,20	3,60	0,60	3,40	3,10	4,40	4,70	5,70	5,70
SUM	99,80	100,02	100,02	99,86	99,86	99,98	99,99	99,85	99,77	99,82
Nyomelemek (ppm)										
Rb	29,90	18,50	23,10	72,60	23,80	21,40	35,50	48,90	84,30	74,50
Ba	166,90	98,40	72,90	477,40	96,50	47,70	70,80	114,40	186,50	161,50
Th	11,60	5,70	6,00	4,10	11,10	19,20	9,80	8,00	10,90	8,70
Nb	6,90	5,10	4,50	2,30	5,30	7,10	7,10	9,20	14,00	14,50
Pb	2,9	5,3	2,6	1,9	3,6	3,1	2,7	3,1	4,6	3,7
Sr	111,80	45,00	124,40	208,30	196,70	176,10	102,10	97,50	386,20	124,50
Zr	287,80	141,40	86,80	58,40	117,70	124,80	287,50	152,30	185,40	181,70
Y	24,30	13,00	10,70	6,90	17,70	110,10	32,30	20,40	30,80	19,70
Ritkaföldfémek (ppm)										
La	28,5	11	22,3	9,8	32,6	42,3	20,2	20,2	38	27,1
Ce	61,4	20,7	43,7	19,1	61,7	86,4	43,5	41,6	83,4	57,8
Pr	7,22	2,43	4,93	2,11	7,47	9,14	4,7	4,82	9,52	5,87
Nd	30,6	9,1	17,6	8	27,9	32,5	18,9	18,6	40,6	20,3
Sm	6,4	1,8	2,8	1,5	4,7	6	4,2	3,3	9,4	3
Eu	1,11	0,33	0,6	0,44	0,67	1,56	0,97	0,66	1,74	0,53
Gd	5,12	1,52	1,88	1,4	2,48	10,64	4,35	3,07	7,4	2,57
Tb	0,7	0,29	0,22	0,16	0,31	2,39	0,7	0,44	0,83	0,36
Dy	4,27	1,82	1,48	1,11	2,52	17,76	5,26	3,12	4,69	3,17
Ho	0,83	0,42	0,34	0,23	0,58	3,53	1,02	0,71	0,99	0,65
Er	2,39	1,22	0,98	0,65	1,66	10,13	3,08	2,09	2,63	1,95
Tm	0,42	0,22	0,18	0,1	0,27	1,4	0,5	0,39	0,41	0,36
Yb	2,47	1,24	1,09	0,57	1,73	8,27	3,07	2,39	2,49	2,18
Lu	0,37	0,2	0,16	0,09	0,25	1,09	0,43	0,37	0,43	0,32

**2. táblázat (folyt.):** A kiválasztott minta-darabok és Balaton-felvidéki összehasonlító minták teljes-kémiai (ICP-ES, ICP-MS) elemzésének eredményei.

**Table 2. (cont.):** Bulk-rock chemistry: ICP-ES and ICP-MS results of the archaeological finds and comparative samples from the Balaton-Highland

Főelemek (w%)	Balatonrendes 1	Balatonrendes 2	Balatonrendes 3	Alsóórs 5	Köcsi-tó 6	Balatonalmádi	Balatonalmádi
	VHK-7	VHK-8	VHK-9	VHK-10	VHK-11	VHK-12	VHK-13
SiO <sub>2</sub>	68,42	69,45	82,74	66,85	85,82	82,77	82,61
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,02	17,71	10,29	17,39	8,62	10,16	10,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,75	4,27	2,11	6,49	1,81	1,94	1,93
MgO	0,21	0,17	0,21	0,43	0,03	0,08	0,08
CaO	0,08	0,06	0,13	0,09	0,02	0,03	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,07	0,05	0,03	0,09	0,02	0,03	0,03
K <sub>2</sub> O	1,49	1,23	0,44	2,53	0,45	0,46	0,46
TiO <sub>2</sub>	0,86	0,79	0,22	0,85	0,21	0,28	0,28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,06	0,03	0,07	0,03	0,04	0,04
MnO	0,01	0,01	0,01	0,11	0,01	0,01	0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
LOI	5,80	6,10	3,80	4,90	3,00	4,20	4,20
SUM	99,80	99,91	100,02	99,81	100,02	100,00	100,00
nyomelemek (ppm)							
Rb	74,80	63,00	22,00	98,20	17,90	20,20	20,20
Ba	170,90	126,60	52,10	642,80	74,50	131,40	143,00
Th	12,60	11,00	7,00	12,90	6,30	8,20	8,90
Nb	14,20	13,50	5,20	14,80	4,90	5,70	5,60
Pb	4,5	3,3	1,5	9,2	4,2	2,3	2,3
Sr	217,50	200,60	58,90	121,80	39,30	54,00	54,10
Zr	172,80	392,40	105,40	193,90	88,50	128,20	118,80
Y	20,00	25,40	24,20	86,10	14,40	20,00	19,10
Ritkaföldfémek (ppm)							
La	36,8	45,7	15	33,2	14,7	16,7	16,7
Ce	72,2	86,7	29,4	79,1	27	35	35,4
Pr	7,57	9,98	3,67	7,55	3,21	4,33	4,41
Nd	23,8	34,4	13,4	28,5	10,9	17	17,4
Sm	3,4	5,5	2,7	7	2,2	4,1	4,3
Eu	0,8	1,15	0,56	1,68	0,39	0,82	0,84
Gd	2,7	4,15	3,31	10,2	1,98	3,39	3,2
Tb	0,4	0,5	0,57	1,69	0,31	0,57	0,59
Dy	3,08	3,74	4,12	12,32	1,82	3,22	3,46
Ho	0,68	0,83	0,8	2,47	0,49	0,67	0,67
Er	2,04	2,58	2,27	7,71	1,42	2,01	1,87
Tm	0,36	0,45	0,34	1,13	0,28	0,33	0,31
Yb	2,16	2,93	2,09	7,47	1,68	2,1	2,17
Lu	0,38	0,48	0,31	1,04	0,25	0,27	0,3





és „fehér” (szürke, kifakult) résszel egyaránt rendelkezik (**2c ábra**). Ezt a 10 leletet az I/1 alcsoporthoz számítottam.

## II. csoport (5 példány):

Lilásszürke, lila, foltokban vörös színű, durva- vagy közepes szemcsés, szemcsézű homokkövek. Fő alkotójuk a kvarc (kerekítetlen, túlnyomórészt szürke szemcsék), emellett kevés fekete, illetve vörösre, lilásra mállott szemcse (közöttörmelékek) is megfigyelhető. A durva homokszemcsék között rosszul kerekített kvarc- illetve kvarcit-kavicsok is találhatóak (akár 1,5 cm-es méretig). Fehér (esetenként halvány vörös), legfeljebb 1 mm-es, szögletes földpát-szemcsék szintén megfigyelhetők (**2d ábra**).

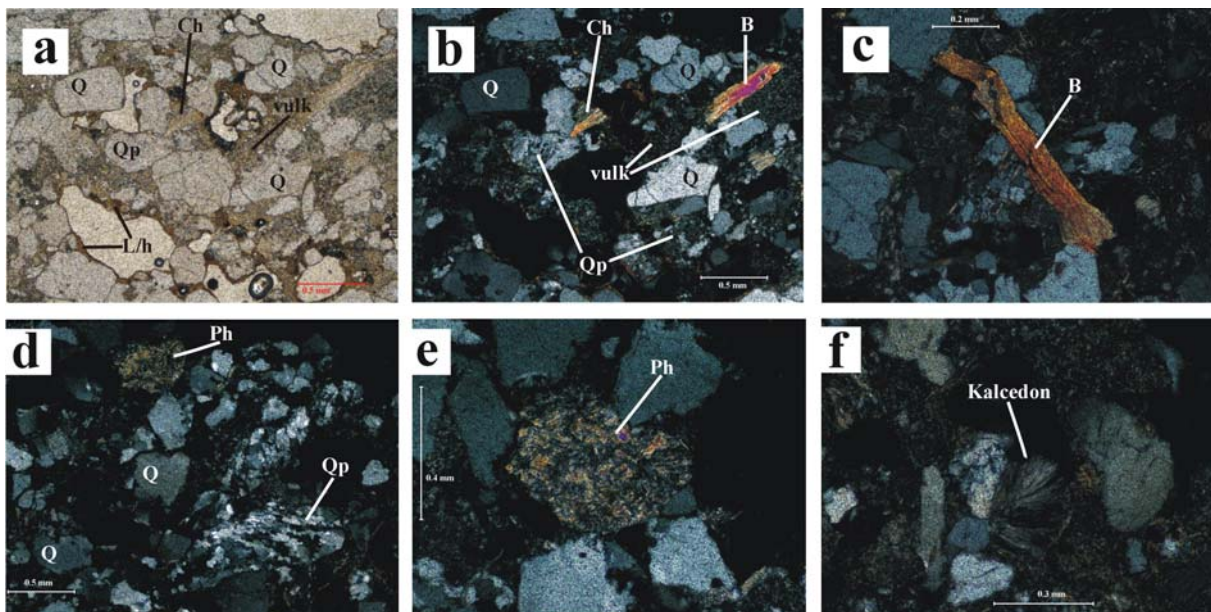
### Mikroszkópos jellemzők

#### I. csoport:

Vékonycsiszolatban a 2 alcsoport nem mutatott különbségeket. A makroszkóposan világosszürke (fehér) homokkövek eredetileg feltehetően vörös színe valószínűleg a közetté válás utáni, illetve az

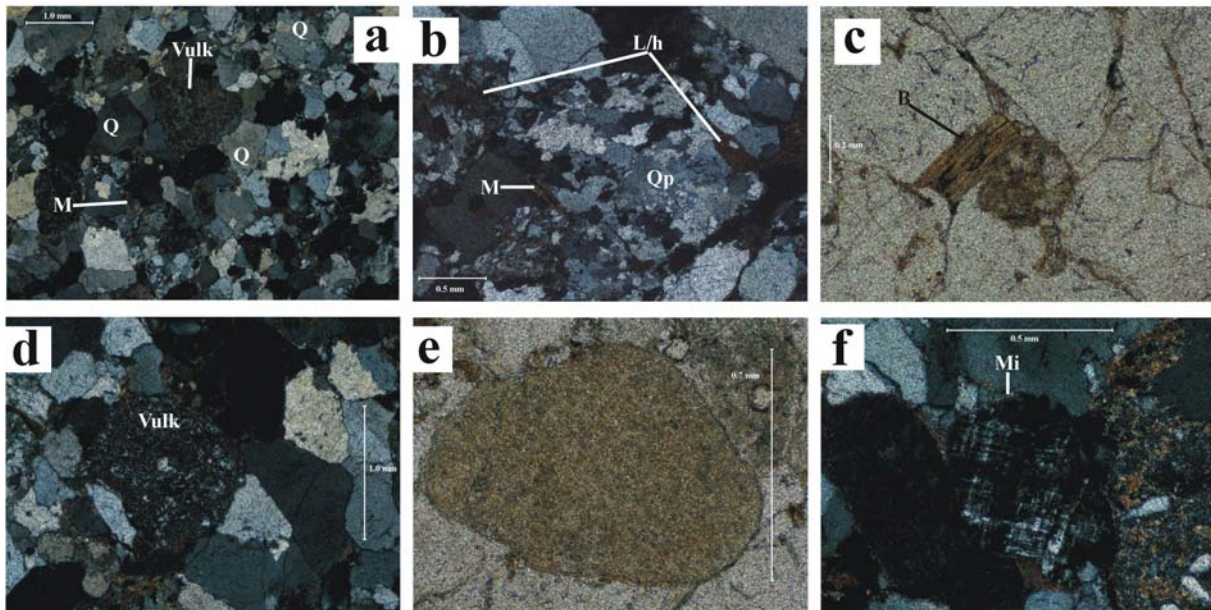
eltemetődés alatt fellépő mállási folyamatok hatására fakult ki.

A szemcsék általában egyáltalán nem vagy csak gyengén koptatottak. Jellemző a szemcsék között a törmelékes, koptatatlan (vagy csak gyengén koptatott) kvarcsemmék túlnyomó aránya; az általában a monokristályos kvarcnál jobban kerekített polikristályos kvarcsemmék jelentős mennyisége; törmelékes eredetű csillámok, elsősorban kloritosodó biotit és muszkovit; közöttörmelékek (elsősorban savanyú vulkanit és metamorf közöttörmelék); általában bontott magnetit-szemcsék megjelenése; valamint a különféle szemcsék szegélyén kéregként, illetve a kötőanyagban megjelenő limonit (hematit) (**3a-d ábra**). A savanyú vulkanit-szemcsék között főként felzites szövetű (ritkán folyásos szövetű), néhol kovásodott vulkáni alapanyag jellemző; a metamorf közöttörmelékeket irányított szövetű, szalagos polikristályos kvarcsemmék (gyakran szutúrásan érintkező, hullámos kioltású kvarckristályokkal) és néhány fillit-szemcse képviseli (**3e ábra**).



**3. ábra:** Régészeti leletek, vörös homokkövek, I. csoport. a-b) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (a: 1N, b: +N): szöveti kép monokristályos (Q) és polikristályos kvarccal (Qp), kifakult (B) és kloritosodott (Ch) biotittal, savanyú vulkanit-törmelékekkel (vulk), limonit-hematit szegéllyel (L/h) egyes szemcsék szegélyén. (BOT 10); c) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): biotit kristály (B). (BOT 2); d) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép monokristályos (Q) és polikristályos kvarccal (Qp), fillit-szemcsével (Ph). (BOT 10); e) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): a d)-n látható fillit-szemcse (Ph) nagyítva. (BOT 10); f) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): üregkitöltő kalcedon. (BOT 15)

**Fig. 3.:** Archaeological finds, red sandstones, group I. a-b) Photomicrograph (a: 1N, b: +N): rock texture with monocristalline quartz (Q) and polycristalline quartz (Qp), bleached biotite (B), chloritized biotite (Ch), altered acidic vulcanite fragment (vulk), limonite-hematite coatings on the surfaces of some of the crystals (L/h). (sample BOT 10); c) Photomicrograph (+N): biotite (B). (sample BOT 2); d) Photomicrograph (+N): rock texture with monocristalline quartz (Q) and polycristalline quartz (Qp), phyllite fragment (Ph). (sample BOT 10); e) Photomicrograph (+N): phyllite fragment (Ph), from Fig.3d). (sample BOT 10); f) Photomicrograph (+N): cavity-filling chalcedony (sample BOT 15).



**4. ábra:** Régészeti leletek, vörös homokkövek, II. csoport, BOT 3.: a) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép monokristályos (Q) és polikristályos kvarccal, csillámmal (M), savanyú vulkanit-törmelékekkel (vulk); b) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép monokristályos és polikristályos kvarccal (Qp), csillámmal (M), limonit-hematitos szegéllyel (L/h) egyes szemcsék szegélyén; c) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): biotit kristály (B); d) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): savanyú vulkanit-törmelék-szemcse (vulk); e) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): aleurolit-szemcse; f) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): mikroclin-kristály (Mi).

**Fig. 4.:** Archaeological finds, red sandstones, group II, sample BOT 3.: a) Photomicrograph (+N): rock texture with monoclinic quartz (Q) and polycrystalline quartz (Qp), mica (M), altered acidic vulcanite fragment (vulk); b) Photomicrograph (+N): rock texture with monoclinic quartz (Q) and polycrystalline quartz (Qp), mica (M), limonite-hematite coatings on the surfaces of some of the crystals (L/h); c) Photomicrograph (1N): biotite (B); d) Photomicrograph (+N): acidic vulcanite fragment (vulk); e) Photomicrograph (1N): aleurolite-grain; f) Photomicrograph (+N): microcline (Mi).

Fontos jellemző még a földpátok szinte teljes hiánya (**5. ábra**).

Az egymással érintkező monokvarc-szemcsék érintkezési felülete csak nagyon ritkán szutúrás. A mátrix jelentős részben finomszemcsés kvarc, de kizárólagosan a törmelékes szemcsék közötti réseket tölti ki, szemcsék nyomási oldódására, újbóli kiválására utaló jelek (pl. irányított továbbnövekedés) nem láthatók.

A kötőanyag limonit-hematitos, kovás, esetleg másodlagosan karbonátos. Nagyon ritkán kalcedon is megfigyelhető (**3f ábra**).

A minták porozitása csekély, szövete tömött. A kevés pórus, üreg általában kalcedonnal töltődött ki, de előfordul kloritos üregkitöltés is.

II. csoport:

Ebben a csoportban is jellemző a törmelékes, kerekítetlen (vagy csak gyengén kerekített) kvarc-szemcsék túlnyomó aránya és az általában kerekített polikristályos kvarc-szemcsék viszonylag jelentős mennyisége (**4a-b ábra**).

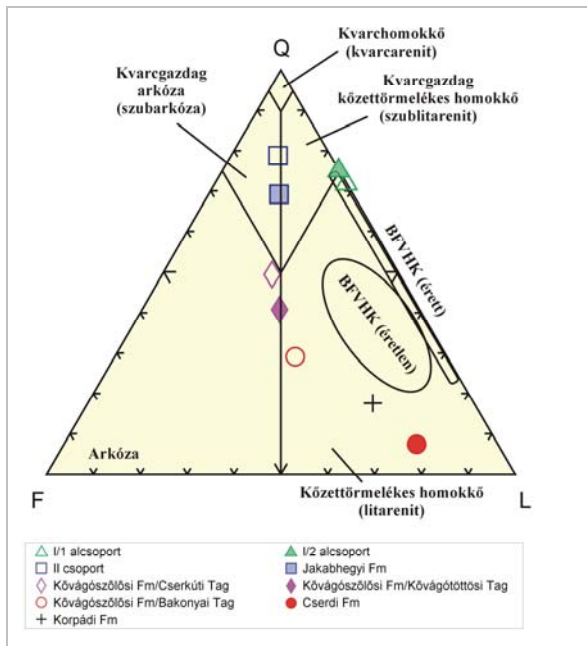
A monokristályos kvarc-szemcsék szutúrás érintkezése ebben a csoportban is csak ritkán figyelhető meg.

A törmelékes eredetű csillámok megjelenése hasonló az I. csoportban megjelenő csillámok megjelenéséhez (muszkovit, kifakult, kloritosodó biotit), de mennyiségük alárendelt, méretük kisebb, mint az I. csoportban (**4c ábra**). Szintén alárendelt mennyiségben vannak jelen vulkáni közettörmelékek (felzites szövete szemcsék: **4d ábra**, sferolitos vulkáni üveg-törmelék). Metamorf közettörmelék (szalagos, irányított szövete kvarcit) is előfordul. A magnetit szemcsemérete és mennyisége is kisebb, mint az I. csoportban.

Jellemző különbség az I. csoport anyagához képest a földpátok (mikroclin (nagy méretű, üde keresztrácsos szemcsék: **4f ábra**) és nagyon alárendelt mennyiségben plagioklász), valamint aleurolit-szemcsék (nagyon jól koptatott, kerekített szemcsék, amelyek nem tartalmaznak opakásványokat: **4e ábra**) jelenléte.

Mátrix gyakorlatilag nincs, a kőzet szövete erősen tömött, limonit üregkitöltések mindazonáltal előfordulnak.





**5. ábra:** A törmelék-szemcsék megoszlása (QFL: kvarc-földpát-kőzettörmelék háromszög-diagram): régészeti leletek, Balatonfelvidéki Fm (érett és éretlen homokkövek), mecseki „vörös” homokkövek.

**Fig. 5.:** Distribution of the framework grains (quartz-feldspar-rock fragments - diagram): archaeological finds, matured and unmatured sandstones of the Balaton-Highland Sandstone Fm, „red” sandstones from the Mecsek Mts.

#### A törmelék-szemcsék megoszlása

A vékonycsiszolatban is vizsgált „vörös homokkő” nyersanyagú leletek törmelékenes elegyrészeinek arányát sávszámlálásos módszerrel mértem ki, és a kvarc-földpát-kőzettörmelék háromszögdiagramon ábrázoltam (Pettijohn et al. 1973 alapján) (**5. ábra**).

A régészeti leletek I/1 és I/2 alcsoportját törmelékenes elegyrészeik aránya alapján kőzettörmelékenes homokkövek (litarenitek) és kvaregazdag kőzettörmelékenes homokkövek (szublitarénitek) alkotják, a régészeti leletek II. csoportját a kvaregazdag arkóza (szubarkóza) és kvaregazdag kőzettörmelékenes homokkő (szublitarénit) közötti átmeneti összetétel jellemzi.

#### Teljes kőzet kémiai összetétel

A régészeti leletek (I. és II. csoport) fő-, nyom- és ritkaföldfém-összetételei adatait ábrázoló diagramok egy részét terjedelmi okokból a mellékletben

szerepeltetem (**melléklet 1-8. ábra**), a legfontosabb diagramokat azonban itt is bemutatom (**6-11. ábra**).

Az átlagos FKK-összetételhez viszonyítva (**6-7. ábra**) a vizsgált régészeti leletek mindegyike erősen szegényedett nátriumban és magnéziumban. A másodlagosan karbonátos kötőanyagú homokkövek kivételével a régészeti leletek kalcium-tartalma is erőteljes szegényedést mutat. A leletek mindegyike gazdagodott szilíciumban.

Az I/1 alcsoport vörös homokkövei vasban és mangánban is gazdagodást mutatnak az FKK-összetételhez képest, míg kismértékű szegényedést tapasztalunk titánban és alumíniumban, erősebb szegényedést káliumban.

Az I/2 alcsoport kifakult homokkövei jelentősen szegényedtek vasban és káliumban, gyengébben szegényedtek mangánban és alumíniumban, közepesen szegényedtek titánban.

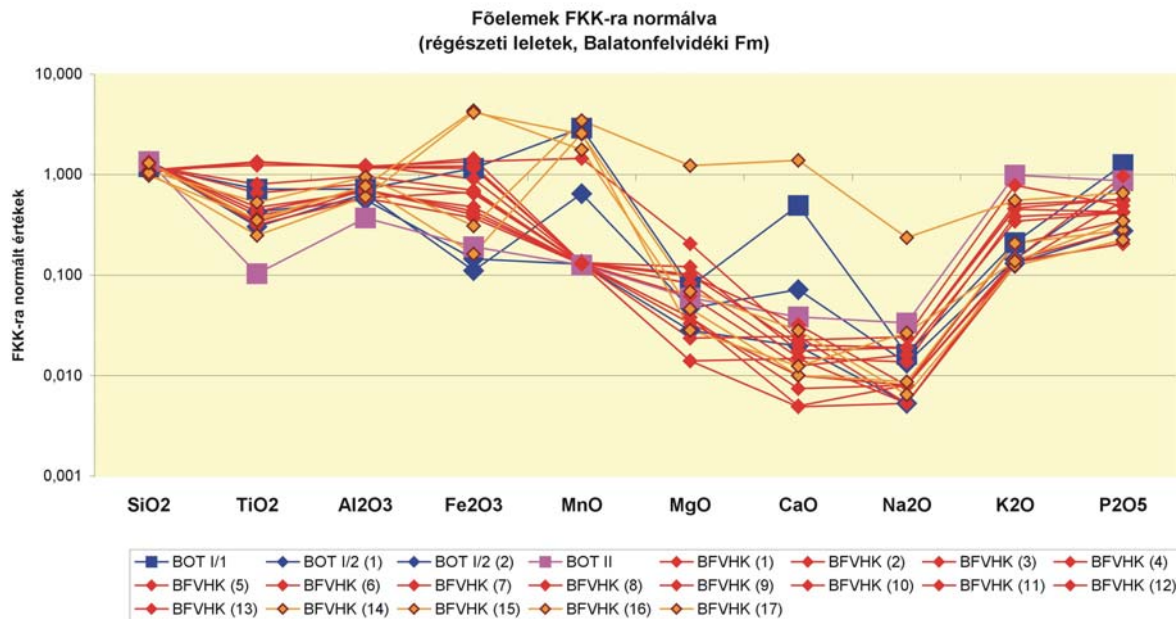
A II csoport homokköveinek káliumtartalma gyakorlatilag megegyezik az átlagos FKK-összetétellel. A gazdagodást mutató szilícium kivételével az összes főelemben szegényedés tapasztalható (alumínium- közepes; vas, mangán, titán – erősebb; magnézium, kalcium, nátrium – erőteljes szegényedés).

A foszfor-tartalom változását az elemzésben nem vettem figyelembe, mivel a régészeti leletek foszfor-tartalma az eltemetődés során jelentős mértékben megváltozhatott (pl. a talajba került műtrágya hatására). (Maggetti 2001.)

A nyomelemek átlagos FKK-összetételre normált értékeit vizsgálva (**8-9. ábra**) látható, hogy a vizsgált régészeti leletek általában minden nyomelemben szegényedést mutatnak, kivételt csak az I/1-es csoport vörös homokkőmintája jelent, amelynek Zr-, Y- és Th-tartalma kis mértékű gazdagodást mutat. Az I/2-es csoport kifakult homokkövei nyomelemben szegényebbek, mint az I/1-es csoport vörös homokkövei. Nyomelemben legszegényebb a II. csoportba sorolt homokkő-minta.

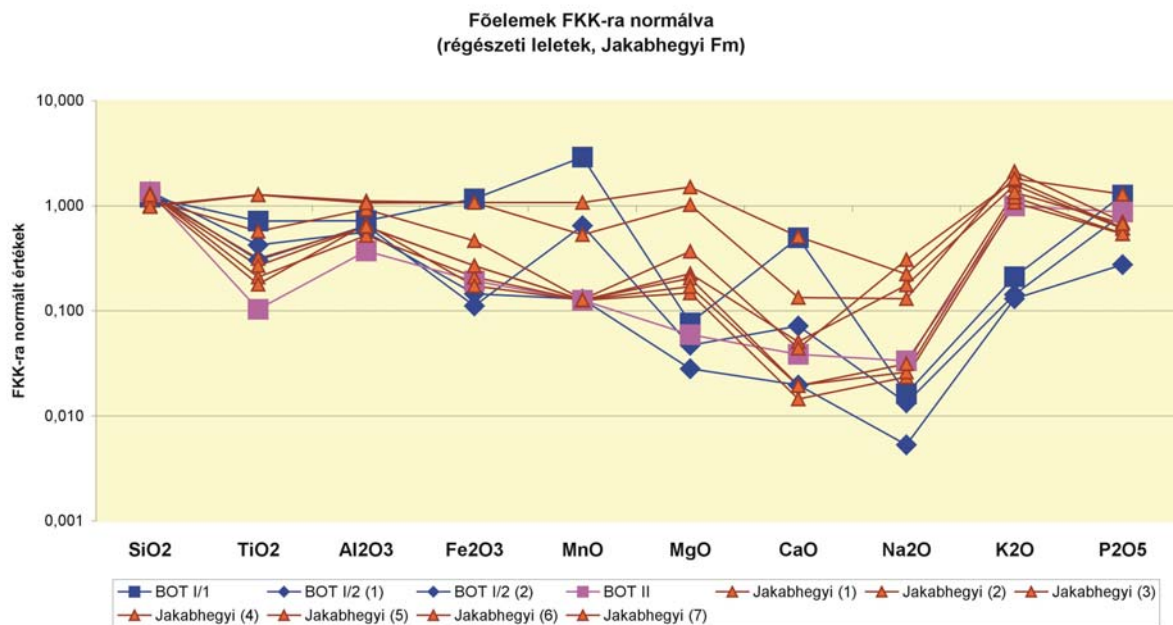
A minták ritkaföldfém-tartalmát vizsgálva (**10-11. ábra**) szintén megállapítható, hogy az I/2-es csoport kifakult homokkövei az I/1-es csoport vörös homokköveinél szegényebbek ritkaföldfémekben, de némileg gazdagabbak, mint a II. csoport homokkövei.





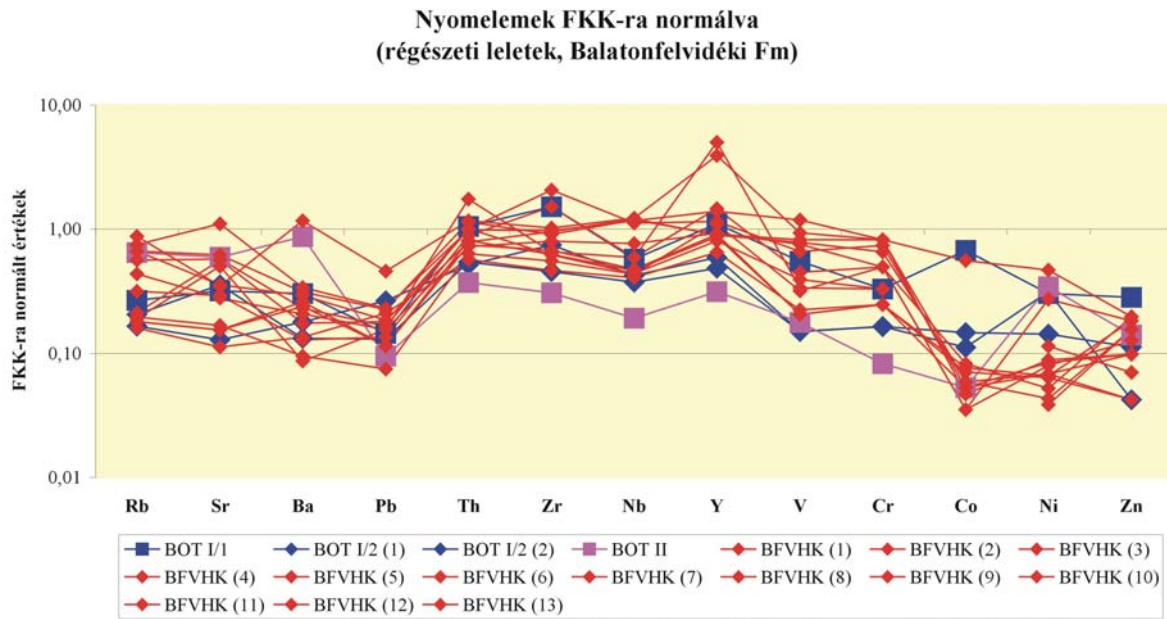
**6. ábra:** Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Balatonfelvidéki Fm.

**Fig. 6.:** UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized major element patterns: archaeological finds (red sandstones), Balaton-Highland Fm.



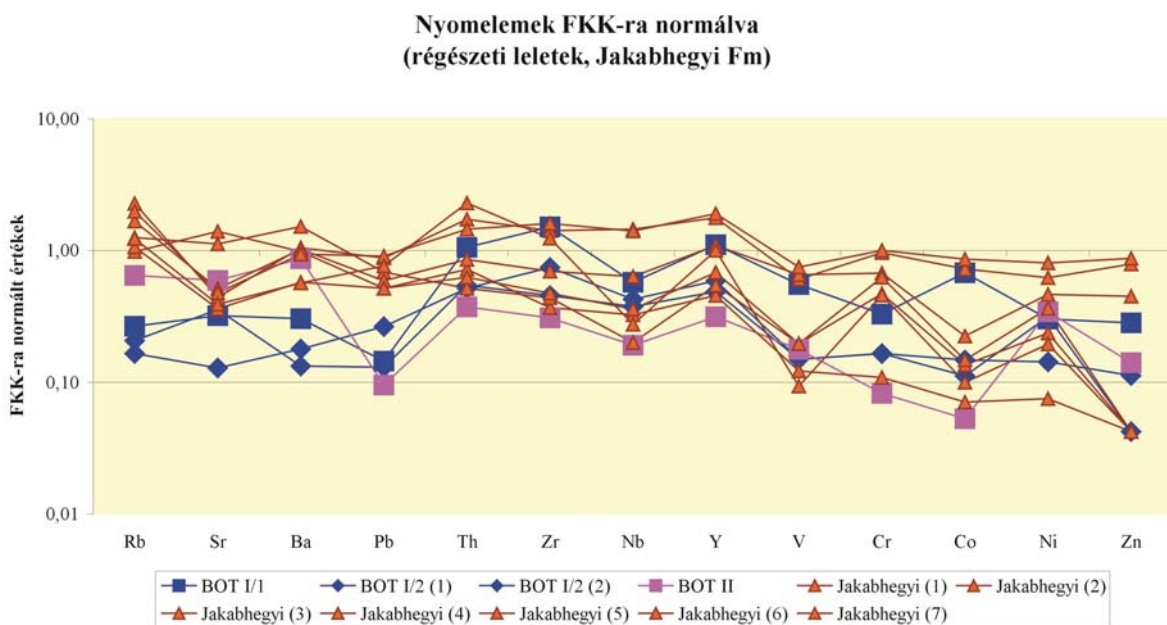
**7. ábra:** Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Jakobhegyi Fm.

**Fig. 7.:** UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized major element patterns: archaeological finds (red sandstones), Jakobhegy Fm.



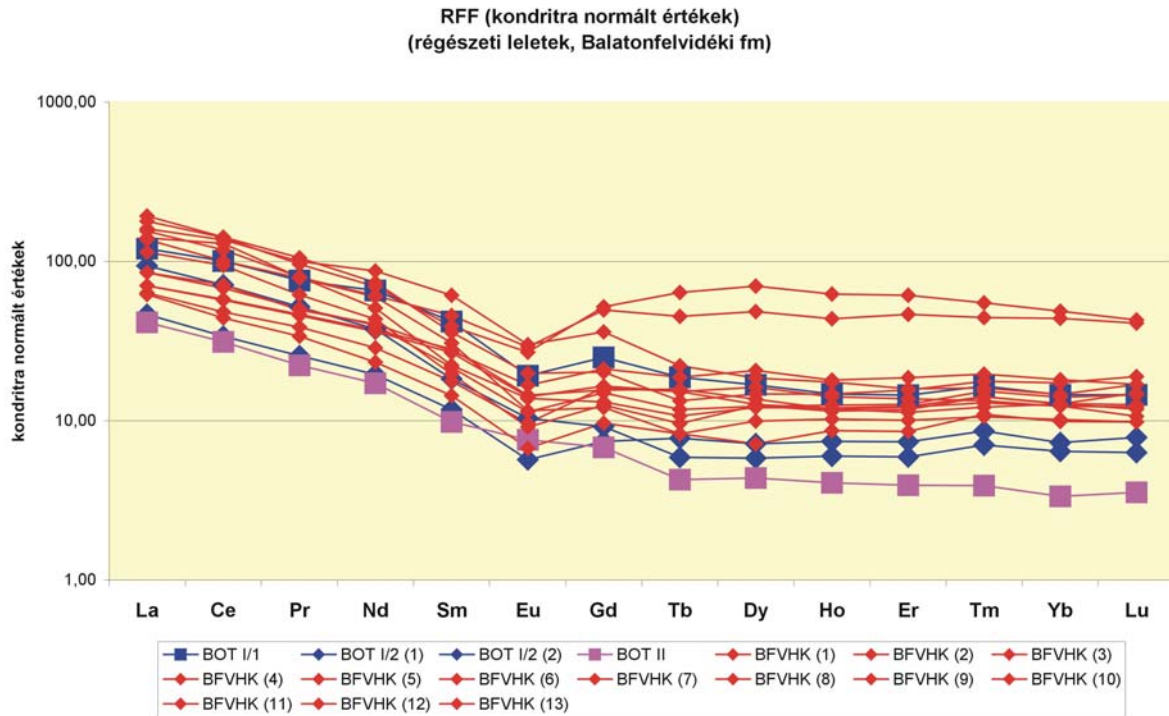
**8. ábra:** Nyomelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalt értékei: Régészeti leletek (vörös homokkövek), Balatonfelvidéki Fm.

**Fig. 8.:** UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized trace element patterns: archaeological finds (red sandstones), Balaton-Highland Fm.



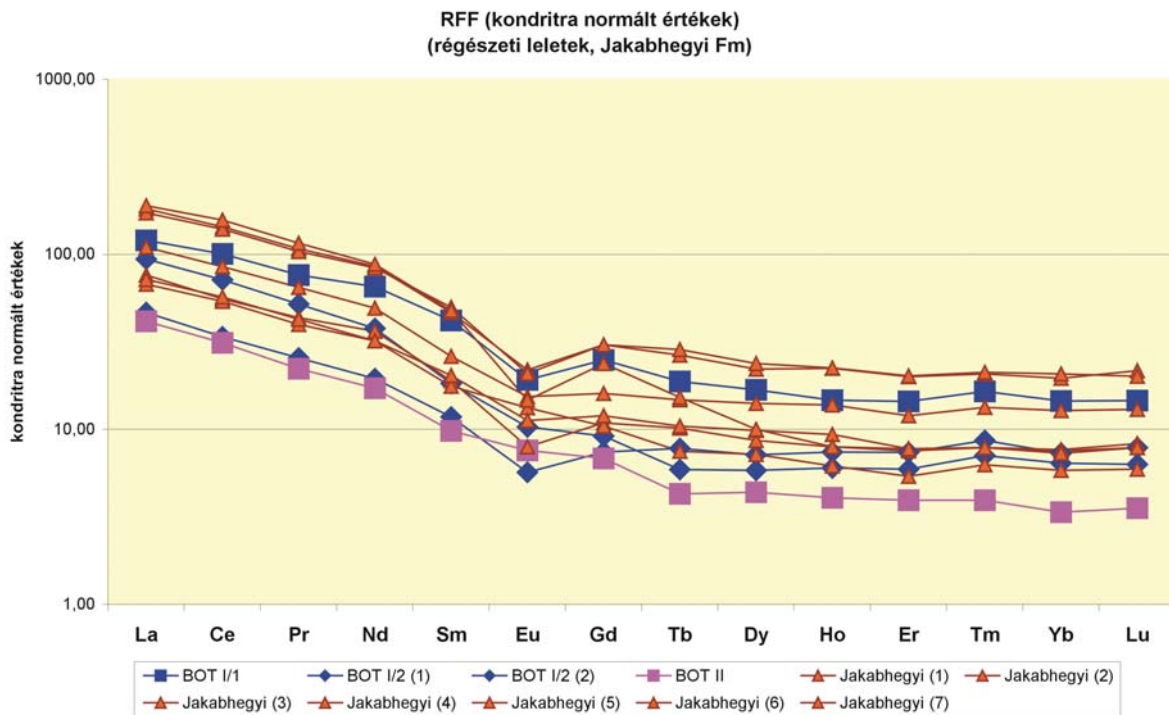
**9. ábra:** Nyomelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalt értékei: Régészeti leletek (vörös homokkövek), Jakabhegyi Fm.

**Fig. 9.:** UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized trace element patterns: archaeological finds (red sandstones), Jakabhegy Fm.



**10. ábra:** Ritkaföldfémek kondritra (Sun and McDonough 1989) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Balatonfelvidéki Fm.

**Fig. 10.:** Chondrite (Sun and McDonough 1989.) normalized rare earth element patterns: archaeological finds (red sandstones), Balaton-Highland Fm.



**11. ábra:** Ritkaföldfémek kondritra (Sun and McDonough 1989) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Jakabhegyi Fm.

**Fig. 11.:** Chondrite (Sun and McDonough 1989.) normalized rare earth element patterns: archaeological finds (red sandstones), Jakabhegy Fm.



## **A „vörös homokkövek” lehetséges forrásterületei**

1. Balatonöszödhöz elérhető közelségben két jelentősebb vörös homokkő összlet található felszíni feltárásokban.

A közelebbi a Balatonfelvidéki Homokkő Formáció, amely két nagyobb (és több kisebb) területen bukkan a felszínre a Balaton északi partján: Zánka és Badacsonyörs között mintegy 12 km hosszú és 5 km széles területen, valamint Aszófő és Balatonfüzfő között mintegy 22 km hosszú és maximálisan 3 km szélességű területen, illetve kisebb foltokban Gyulakeszi, Hidegkút és Litér környékén (Majoros 1963, Csernussi 1984, Fülöp 1990, Majoros 1998) (**12. ábra**).

A felső perm korú, folyóvízi és ártéri üledékekből keletkezett formáció három tagozatra bontható.

Az alsó, legidősebb (felső perm előtti) tagozatot (Paloznaki Fanglomerátum tagozat) helyenként vörös színű, durvatörmelékes polimikt breccsa alkotja, amely szemiarid klímán kialakult lejtőtörmelék, illetve folyóvízi törmelékű eredetű.

A formáció bázisán általánosan elterjedt a Badacsonyörsi Konglomerátum tagozat, amelynek kavicsait elsősorban a Balatoni Fillit formációcsoport anyaga (aleurolitpala, homokkőpala) és a Kékkúti Dácit Formáció anyaga (vörös és szürke kavicsok) adja, ezek mellett alárendelten kovapala, különböző metamorf kőzetek, valamint mészkő és gneisz anyagú kavicsok is előfordulnak.

A harmadik tagozat a „Vörös homokkő és aleurolit tagozat”, amelyet vörös homokkő és vörös aleurolit rétegek váltakozása épít fel. Szürke színű homokkövek a formáció peremi területein jelennek meg, illetve a tagozat alsó részének durvább szemcsés (pirit- és szervesanyag-tartalmú) kifejlődéseire, valamint az összlet felső harmadában gyakorta megjelenő intraformációs konglomerátum egyes lencsére jellemzőek (Majoros 1963, Csernussi 1984, Fülöp 1990, Majoros 1998).

Az aleurolitok, homokkövek, kavicsos homokkövek szemcsemérete tág határok (0,005mm - 30 cm) között változik (Majoros 1963, Csernussi 1984, Fülöp 1990, Majoros 1998).

A formációban előforduló homokkövek törmelék-összetétele egyhangú, területileg sem mutat nagy változatosságot: anyaga uralkodóan kvarc és kőzettörmelék, „több-kevesebb, vagy egyáltalán semmi” földpáttartalommal, muszkovittal és biotittal (Fülöp 1990). A kőzettörmelékek között ópaleozoós aleurolit, homokkő és savanyú metavulkanit a leggyakoribb, ezek mellett dácit (a

Kékkúti Dácit formáció anyagából) valamint kis mennyiségben kvarcfillit (jellegzetesen összefogazott, hullámos kioltású, orsó alakú kvarcsemcsék) és gneisz is előfordul. Saját anyagú aleurolit és dolomittörmelék is kimutatható (Majoros 1963, Csernussi 1984, Fülöp 1990, Majoros 1998).

A földpát-tartalom 20% alatti, a kőzet leggyakrabban savanyú plagioklásztt, ritkábban ortoklásztt és mikroklint tartalmaz. A földpátok gyakran szericitesedtek, ritkábban kaolinosodtak (Majoros 1963, Csernussi 1984, Fülöp 1990, Majoros 1998).

A csillámok állandóan megjelenő összetevők: muszkovit és általában elbontott, kloritosodott biotit található a kőzetekben.

Agyagásványok közül leggyakrabban illit és kaolinit fordul elő.

A kötőanyag leggyakrabban szericites, illites, diszperz eloszlású hematittal, amiben helyenként a szericitet kiszorítva dolomit (gipsz, anhidrit, esetleg magnezit) társul. A hematit a törmelékes szemcséket bevonó kéregként is gyakran megjelenik. Jelentős szerepe van a saját anyagú, illetve a lepusztulási területről származó aleurolitpala finomszemcsés törmeléke reszedimentációjának is, amikor az igen finom szemcsék a rétegterhelés hatására a nagyobb törmelék-szemcsék közé préselődnek. (Fülöp 1990)

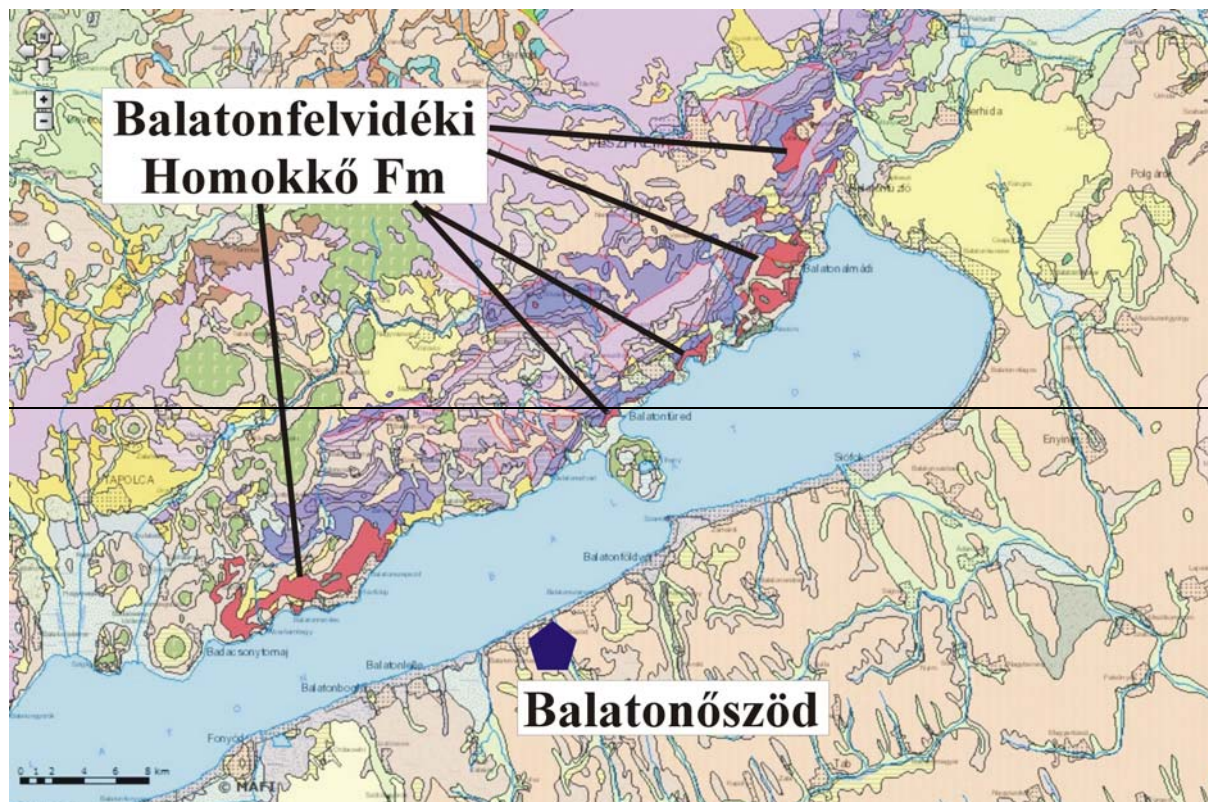
A mikrokristályos kvarc (kova) kaolinnal együtt a medenceperemi, érett homokkövek kötőanyaga. A vörös színt itt is diszperz eloszlású hematit adja, a szürke színű rétegekben a hematit helyett pirit szerepel. Utóbbi típusban megjelenhet a kvarcsemcsék diagenetikus továbbnövekedése is. (Fülöp 1990)

Ritkán előfordul dolomit (gipsz, anhidrit, magnezit) önálló cementáló anyagként is.

A Balatonfelvidéki Homokkő Formáció homokkövei két litológiai alaptípusba sorolhatók:

Az uralkodó kőzetkifejlődés kvarc, kőzettörmelék és földpát törmelékanyagú, bimodális szemcseeloszlású (azaz a törmelékszemcsék két mérettartományban fordulnak elő nagyobb mennyiségben), illites-szericites (és ezeket kiszorítva dolomitos) mátrixú, gyengén érett homokkő. (Fülöp 1990)

A másik kifejlődés a déli Balaton-felvidék peremi területein és az északi Balaton-felvidéken a formáció alsó részére jellemző. Törmelékanyagát kvarc és kőzettörmelék alkotja, általában unimodális szemcseeloszlású (azaz jól osztályozott), mikrokristályos kvarc (kova) és kaolinit kötőanyagú, érett homokkő.



**12. ábra:** Geológiai térkép (Budai & Gyalog 2010), módosítva: a régészeti lelőhellyel és a vizsgált régészeti leletek (I. homokkő csoport) nyersanyagának legvalószínűbb származási helyeivel. (Vörös szín: Balatonfelvidéki Homokkő Fm a felszínen.)

**Fig. 12.:** Geological map (Budai & Gyalog 2010), modified: with the archaeological site and the most probable places of origin of the raw material of the examined archaeological finds (group I. „red” sandstones). (Red colour: Balaton-Highland Fm. on the surface.)

Az egyes szemcsék egymással való érintkezése változatos. A finomszemcsés típusokban általában a mátrixban úszó szemcsék dominálnak, mély rétegtani helyzetben (vagy karbonátos kötőanyag esetén) azonban a szemcsék egymáshoz préselődnek (Csernussi 1984). A közép- és durvaszemcsés típusokban - rétegtani helyzetüktől függően - a pont-pont illetve a konkáv-konvex érintkezés is jellemző lehet. Szutúrás szemcsehatárok megjelenhetnek (Fülöp 1990), de egyes típusokból teljesen hiányozhatnak is (Csernussi 1984). A kompakció általában minden típusnál eltüntette az elsődleges porozitást (Csernussi 1984).

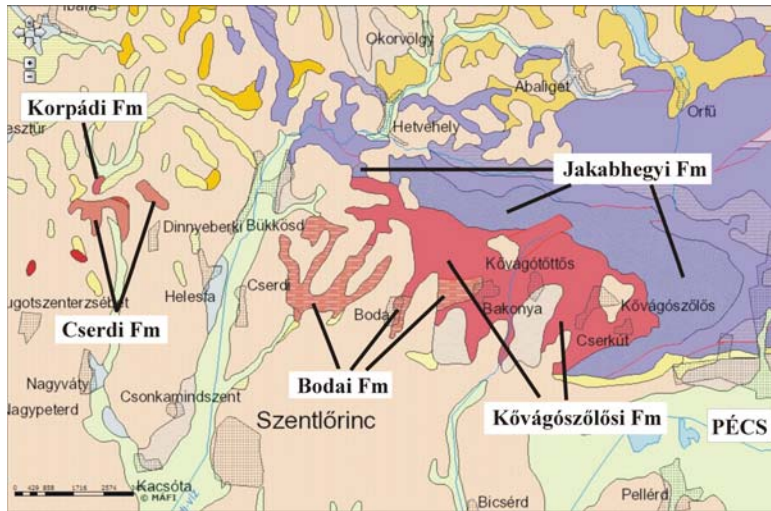
Szürke (kifakult), közép- és durvaszemcsés változatai az elterjedési terület délnyugati részén jelennek meg, valamint lokális kifejlődésként a balatonfüredi Hajógyári kőfejtőben. Ugyancsak az elterjedési terület délnyugati részén (Badacsonyörs, Őrsi-hegy) a szürke, közép- és durvaszemcsés homokkőre felül vörös, alsó felén szürke aleurolit és homokkőrétegek sorozata települ, amelyek átmenetet jelentenek a magasabb szinteken települő vörös, finomszemcsés homokkőrétegek felé (Csernussi 1984).

Méteres nagyságrendű lencsékben zöld színű (kloritos), valamint fehér (dolomitós kötőanyagú) változatai is előfordulnak, utóbbiak a perm-triász szelvényekben, közvetlenül a triász rétegek alatt jelennek meg (Csernussi 1984).

2. Balatonőszödtől távolabb, a Nyugat-Mecsek területén is található vörös homokkővek (**13. ábra**). A nagy kiterjedésű és jelentős vastagságú, perm – alsó-triász korú törmelékes összletet (amely konglomerátumokat, homokkőveket, aleurolitokat is tartalmaz) több formációba sorolták (Barabás & Barabás-Stuhl 1998).

A legidősebb (alsó-perm) Korpádi Homokkő Formáció kőzetei a legutóbbi időkig csak mélyfúrásokból voltak ismeretesek, a közelmúltban azonban néhány (Dinnyeberkitől északnyugatra található) felszíni feltárást is ebbe a formációba soroltak (Gyalog 2005, Budai & Gyalog 2010). A formáció uralkodóan vörös színű, felfelé finomodó szemcsenagyságú törmelékes kőzetekből (konglomerátumtól finomhomokos aleurolitig) álló sorozat. A kavicsok és homokkővek szemcséi kvarc, kvarcit, mélységi magmás, metamorf és vulkáni kőzettörmelék anyagúak. (Barabás & Barabás-Stuhl 1998)





**13. ábra:** Geológiai térkép (Budai & Gyalog 2010), módosítva: mecseki perm-triász törmelékes formációk a felszínen. A II. homokkő-csoport nyersanyaga a Jakabhegyi Formáció homokkövei közül eredeztethető.

**Fig. 13.:** Geological map (Budai & Gyalog 2010), modified: permo-triassic formations of the Western Mecsek Mts. on the surface. Most probable sources of the raw material of the examined archaeological finds (group II. „red” sandstones), are the sandstones of the Jakabhegy Fm.

A törmelékszemcsék között nincs, vagy nagyon kevés a káliföldpát és a mélységi magmás közettörmelék (Fazekas 1987). A földpátokat főként plagioklász képviseli, de nem zárható ki az egykori káliföldpát-szemcsék másodlagos albitosodása (Varga 2009). A csillámokat főként muszkovit és erőteljesen kloritosodott biotit képviseli (Varga 2009).

A vulkanit-törmelékek között viszonylag gyakori egy andezites összetételű (plagioklász mikrolitokat és opakásványokat tartalmazó, helyenként folyásos szövettű) típus, amely eltér a Gyűrűfői Riolitból származtatható savanyú vulkanit-törmelékektől, és az összes, a továbbiakban tárgyalt, a Korpádi Homokkőnél fiatalabb perm törmelékes összletből hiányzik. (Fazekas 1987, Barabás & Barabás-Stuhl 1998, Varga 2009). Ehhez hasonló, andezites összetételű szemcsék a vizsgált homokkő anyagú régezeti leletek anyagában sincsenek.

A Cserdi Formáció (felső perm) – amelynek csak néhány kisebb felszíni kibúvása van Gyűrűfű-Dinnyeberki és Cserdi-Boda környékén – vörösbarna (barnás-, lilásvörös) színű konglomerátum, kavicsos és durvaszemű homokkő, valamint (alarendelt mennyiségben) aleurolitos finomszemű homokkő ritmusos váltakozásából felépülő, felfelé finomodó folyóvízi sorozat. (Barabás & Barabás-Stuhl 1998, Bodor & Szakmány 2009) Általában osztályozatlan és nagyon jellemző, hogy a durvább szemű rétegek nagy mennyiségű mátrixát finomhomokos aleuritos szemcseméretű törmelékes anyag képezi. Az összletben gyakori a teljesen osztályozatlan, uralkodóan finomszemű homokkő is, amely nem koptatott, néhány mm-es homokszemeket, vagy nagyon apró, alig kerekített kvarc- vagy földpát-kavicsokat tartalmaz változó mennyiségben és rendszertelen elhelyezkedésben. (Barabás & Barabás-Stuhl 1998) A formáció idősebb képződményeinek kavicsanyaga gyakorlatilag 100%-ban vulkáni eredetű (riolit, melariolit,

riodácit és ezek piroklasztjai), amelyhez felfelé haladva fokozatosan metamorf törmelékanyag keveredik. Káliföldpát- és plagioklász-tartalma is jelentős, nátrium-tartalma ennek ellenére alacsony (feltételezhetően a plagioklászok nagyfokú bontottsága miatt). Magas kálium-tartalmát nagyrészt muszkovit-tartalma magyarázza (Fazekas 1987). Kötőanyaga lehet kovás, szericités, vas-oxidos és karbonátos, a fűrésszel feltárt rétegsorban jellemző az anhidrit megjelenése is (Bodor & Szakmány 2009; Varga 2009).

A nagy felszíni elterjedésű Bodai Aleurolit Formáció (felső perm) uralkodóan vörös, vörösbarna színű, albittartalmú aleurolit és agyagkő váltakozásából álló sorozat, alsó részén zöldesszürke homokkő, homokos aleurolit és agyagkő betelepüléseket („átmeneti rétegek”-et) is tartalmaz. (Varga et al. 2006) Fő kőzettípusai – agyagkő, aleurolit, homokkő, albitolit és dolomit – között számos átmeneti típus is megjelenik. Az uralkodó finomszemcsés üledékek között a homokkő és aleurolit rétegek általában közbetelepülésként jelennek meg. (Barabás & Barabás-Stuhl 1998, Máthé 1998, Arkai et al. 2000, R. Varga et al. 2005, Varga et al. 2006) Teljes kémiai összetételére a magas nátrium-tartalom jellemző (5-8% Na<sub>2</sub>O) (Fazekas 1987, Máthé 1998, Arkay et al. 2000).

A homokkő-betelepülések általában vörös színűek (barna, szürke és zöld árnyalattal). Szemcseméretük változó (finom-nagyszemcsés), párhuzamos rétegzés és keresztrétegzés is előfordul. Ritkán szenesedett növénymaradványokat és szürke aleurolit - agyagkő kavicsokat tartalmaznak. Részletes mikroszkópos vizsgálatuk (Varga et al. 2006) alapján elmondható, hogy a törmelékszemcsék többnyire szögletesek, esetleg gyengén koptatottak. A cement mennyisége változó, a közép- és durvaszemcsés homokkövekben uralkodóan karbonátos, kisebb



mennyiségben hematit, illit/szericit, klorit, albit és kova is megjelenik. Gyakorik a karbonátos erek.

A homokkövek 25-40% földpátot (nagyobb mennyiségű plagioklász és kevesebb alkáli-földpátot), 20-30% kvarcot (monokristályos és általában szutúrásan érintkező alkristályokból álló polikristályos kvarcot) és jelentős mennyiségű instabil, vulkáni közettörmelék (uralkodóan savanyú vulkanit törmelékeket (főként átkristályosodott vulkáni alapanyagot és vulkáni üveget), valamint neutrális és bázisos szemcséket), valamint kevés törmelékcsillámot (muszkovitot és kloritosodó biotitot) tartalmaznak. A vulkáni közettörmelék mellett metamorf közettörmelék és üledékes közettörmelék (áthalmazott sajátanyagú vörös aleurolit- és agyagkő szemcsék) is megjelenik. Akcesszóriaként (főként a finom- és aprószemcsés homokkövekben) magnetit, ilmenit, cirkon, monacit, rutil, apatit, turmalin, titanit, króm-spinell jelenik meg. (Varga et al. 2006)

A Kővágószőlősi Homokkő Formáció (felső-perm) felszíni elterjedése lényegesen nagyobb mind a Cserdi, mind a Bodai Formációénál. Változatos színű, konglomerátum, kavicsos és arkózás homokkő, aleurolit és argillit rétegek ritmusos váltakozásából felépülő összlet, felfelé finomodó, majd ismét durvuló szemcsemérettel (Barabás & Barabás-Stuhl 1998). Lerakódásának kezdetét nagy mennyiségű, a gránit-migmatit lepusztulásából származó törmelékanyag megjelenése jelzi (összetételében ezzel párhuzamosan elsősorban a metamorfitok, kisebb mértékben a vulkanitok aránya csökken): megnő a gránit-migmatitok aprózódásából származó kvarc és a káliföldpátok mennyisége. A homokkövekben felfelé haladva fokozatosan növekszik a kvarc mennyisége (Fazekas 1987).

Uralkodó közet szín, közettani és üledékföldtani jegyek alapján négy tagozatra osztják.

A Bakonyi Tarkahomokkő tagozat, amelynek többféle színű (zöld, szürke, vörös, foltosan tarka), de főképpen vörös rétegei uralkodóan durva szemcseméretűek (de a finomszemcsés üledékek mennyisége is jelentős). Rosszul osztályozott, a finomszemű üledékek szemcsésen szétesőek és karbonát konkréciókat tartalmaznak.

A Kővágószőlősi Szürkehomokkő Tagozat csak ritkán tartalmaz vörös (és zöld) rétegeket. Szemcsenagysága változatos (a konglomerátumtól a durva- és finomszemcsés homokköveken át az aleurolitos argillitig terjed). Szervesanyagú törmelékben gazdag.

A Cserkúti Vöröshomokkő Tagozat lilászöld vagy vörös színű, uralkodóan közepes szemcsenagyságú, szórtan kavicsos homokkő. Konglomerátum és finomszemű homokkő vagy aleurolit rétegeket is tartalmaz. Felül széles elterjedésű, több méter

vastag, vörösbarna színű (nagyon ritkán zöld-, szürke rétegecskét is tartalmazó) karbonát konkréciós homokkő réteg zárja le. Ez a vörösbarna homokkő helyenként kifakult.

A Tótvári Homokkő Tagozat („lilakavicsos homokkő”) közetei lilászöld, vagy világoslila színű, aleurolit kötőanyagú, erősen kavicsos, durvaszemű, osztályozatlan homokkövek. Jellegzetes lila színét az anyagában feldúsuló nagy mennyiségű riolit kavics és riolit közettörmelék okozza (Barabás & Barabás-Stuhl 1998).

A Jakabhegyi Homokkő a mecseki perm–alsó-triász sziliciklasztos rétegsor felszínén a legnagyobb területen és vastagságban előforduló tagja. Elsősorban a Jakabhegyen és környékén bukkanak ki a rétegei nagy vastagságban. Fazekas Via tanulmányában (Fazekas 1987) együtt tárgyalja a Kővágószőlősi Homokkő és a Jakabhegyi Homokkő (alsó triász) Formációkat, mivel köztük éles közet-összetételbeli változás, határ nincs. A homokkövekben a rétegsorban felfelé haladva fokozatosan növekszik a kvarc mennyisége, a Jakabhegyi Homokkőből a plagioklász teljesen eltűnik és jelentősen lecsökken a közet nátrium-tartalma is. A káliföldpát mennyisége gyakorlatilag változatlan, de szinte teljesen eltűnnek a kvarc-földpát összenövészek. A vulkanit-törmelékek közül főleg kovásodott riolit-változatok és tufák vannak jelen, de előfordulnak a korábbi homokkövekre jellemző riolitok is (a Gyűrűfüi Riolit Formáció lepusztulásából származó törmelékek). A legérettebb (azaz legtöbb kvarcot tartalmazó) homokkő a Jakabhegyi Formáció felső részén megjelenő, úgynevezett „irányított kavicsos”, keresztaréztű homokkő. Ettől felfelé a szemcseméret finomodik, és újra megjelenik kevés plagioklász-törmelék és biotit, valamint kissé felszaporodnak a vulkanit-törmelékek (Fazekas 1987).

A Jakabhegyi Homokkő Formáció homokkövei törmelékanyagának összetétele egyhangú: fő összetevő a kvarc, alárendelt mennyiségben felzites szövetű riolitos alapanyag-törmelékek, és káliföldpátok vannak jelen (az ikerrácsos mikroklin ritka és csak elvétve fordulnak elő kvarc-földpát összenövészek). Savanyú plagioklász-törmelékek csak kis mennyiségben a Nyugati-Mecsekben, a rétegsor felső részében jelennek meg. A homokkövek éretlenebb szintjei csillámosak (muszkovit, ritkábban biotit).

A kötőanyag illites-szericit, kovás, alárendelten karbonátos (dolomit, kalcit), néhol vörös vasoxidokkal átítatott. Előfordulnak vékony szulfátos betelepülések. A Nyugati-Mecsek kivételével mindenütt kaolinites.

A kvarc-földpát-közzöttörmelék háromszög-diagramban ábrázolva (Pettijohn et al. 1973) a Jakabhegyi Homokkő Formáció homokkövei

zömében kvarcgazdag közettörmelékes homokkővek (szublitarenitek) és kvarcgazdag arkózák (szubarkózák). Kvarchomokkő is megjelenik. Ezek a jegyek lényegesen különböznek a fentebb bemutatott felső permii homokkővektől (amelyek főleg arkózás homokkővek, azaz földpát-tartalmuk magasabb) (Fazekas 1989).

*A törmelékszemcsék megoszlása – összehasonlítva a régészeti leletekkel*

A régészeti leletek kimérési eredményei alapján készített ábrán (**5. ábra**) feltüntettem a Balatonfelvidéki Homokkő érett és éretlen változatai összetétel-mezőjét (Csernussi 1984, Fülöp 1990; Majoros 1998), valamint a mecseki perm–alsó-triász homokkővek összetételét is (átlagértékek: Fazekas 1987, 1989). A régészeti leletek I/1 és I/2 alcsoportját összetételük alapján litarenitek (közettörmelékes homokkővek) és szublitarenitek (kvarcgazdag közettörmelékes homokkővek) alkotják, összetételük a Balatonfelvidéki Homokkő érettebb, alacsony földpáttartalmú közetéhez hasonlít. A mecseki vörös homokkővek főként litarenitek, de földpát-tartalmuk magasabb, egyedül a Jakabhegyi Homokkő Formációban fordulnak elő szublitarenitek (szubarkózák és kvarc arenitek mellett). A régészeti leletek II. csoportját szubarkóza és szublitarenit közötti átmeneti összetétel jellemzi, ehhez hasonló összetételű homokkővek csak a Jakabhegyi Homokkő Formáció homokkővei között fordulnak elő.

*Teljes kőzet kémiai összetétel – összehasonlítva a régészeti leletekkel:*

A régészeti leletek (I. és II. csoport) és új gyűjtésből származó Balaton-felvidéki összehasonlító minták összetételéről nyert adatokat (**2. táblázat**), valamint korábbi elemzések eredményeit (Csernussi 1984), összevettem a fent részletezett mecseki formációk homokkőveinek és aleurolitjainak (fűrési magmintákból származó) mérési adataival (Varga 2009). (**6-11. ábra, melléklet 1-8. ábra**)

A mecseki formációkat Raucsikné Varga Andrea PhD munkájában részletesen elemezte (Varga 2009), ezért itt csak a potenciális nyersanyagforrások azonosítása szempontjából fontos részleteket emelem ki.

A balatonfelvidéki összehasonlító minták összetétele az átlagos FKK-összetételhez képest (**6. ábra, melléklet 8. ábra**) - a régészeti leletekhez hasonlóan - nátriumban, kalciumban és magnéziumban erőteljes szegényedést mutat (kivéve egy régebben készült elemzést (Csernussi 1984)). Szilíciumban gazdagodást mutatnak, vas, alumínium, titán, kálium és mangán-tartalmuk változatos, ezen elemekben gazdagodott és szegényedett minták is előfordulnak. A régészeti

leletek összetétele – különösen az I. csoporté – jó egyezést mutat a Balatonfelvidéki Formáció homokkőveinek összetételével, míg a II. csoport összetétele némileg eltérő: a II. csoport titán-tartalma alacsonyabb, kálium és nátrium-tartalma kicsit magasabb.

A Jakabhegyi Formáció (és a Korpádi Formáció egyik elemzett mintájának) kivételével valamennyi fentebb részletesebben bemutatott mecseki törmelékes formáció homokkőveinek nátrium- és magnézium-tartalma jelentősen magasabb, mint a régészeti leleteké (**7. ábra, melléklet 1-7. ábra**). A Korpádi Homokkő azonban a törmelékszemcsék összetétele és megoszlása alapján kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

A mecseki minták kálium-tartalma a II. csoport kálium-tartalmához áll közel, azaz lényegesen magasabb, mint az I. csoport homokkőveinek kálium-tartalma.

A Balatonfelvidéki és a Jakabhegyi Formáció homokkőveinek és aleurolitjainak nyomelem-összetétele változatos, mindazonáltal a normált nyomelem-összetételi görbékét összevetve a Balatonfelvidéki és a Jakabhegyi Formáció homokkőveinek és aleurolitjainak összetételével látható, hogy az I. csoport mintáinak összetétele a Balatonfelvidéki, a II. csoport összetétele inkább a Jakabhegyi Formáció mintáinak összetételéhez hasonlít. Utóbbi esetben az egyezés nem olyan jó, mint az I. csoport esetében, amit a II. csoport mintájának általános alacsony nyomelem-tartalma magyaráz, de a görbe lefutása hasonlít a Jakabhegyi Formáció mintái görbéinek lefutásához.

A Balatonfelvidéki Formáció homokkőveinek ritkaföldfém-tartalma általában magasabb, mint a Jakabhegyi Formáció homokkőveinek és aleurolitjainak ritkaföldfém koncentrációja. Az I/1-es csoport mintáinak összetétele a Balatonfelvidéki, a II. csoport összetétele inkább a Jakabhegyi Formáció mintáinak összetételéhez hasonlít, míg az I/2-es csoport kifakult homokkőveinek összetétele mindkét formáció összetételéhez hasonlít.

### ***Az eredmények értékelése (1)***

#### **A „vörös homokkővek” legvalószínűbb forrásterületei**

A vékonycsiszolt vizsgálatok eredményeit a lehetséges forrásrégiókból származó homokkővek összetételével és szöveti jellegeivel összevetve a következő megállapításokat tettem:

Az I. csoport mind ásványos összetételében, mind az egyes összetevők megjelenésében és a törmelékfajták arányában, mind pedig kémiai összetételében nagyon hasonlít a Balatonfelvidéki Homokkő Formáció Vörös homokkő és aleurolit tagozatának homokkőveire, azok közül is elsősorban a második kifejlődési típusra (szinte

földpátmentes, érett homokkő, kvarc és közettörmelék túlsúlyával a törmelékes szemcsék között (litarenitek). Ez a típus a Déli-Balaton-felvidék peremi területein és az Északi-Balaton-felvidéken a formáció alsó részére jellemző. (12. ábra)

A II. csoport mind ásványos összetételében, mind az egyes összetevők megjelenésében és a törmelékfajták arányában, mind pedig kémiai összetételében nagyon hasonlít a Jakabhegyi Homokkő Formáció vörös homokköveire, különösen a formáció felsőbb szintjeihez, amelyekben a vulkanit-törmelék és a csillámok száma újra növekedni kezd és elvértve plagioklász is megjelenik. (13. ábra)

A Nyugati-Mecsek vörös homokkövei a Jakabhegyi Homokkővet kivéve kizárhatóak a lehetséges nyersanyagforrások közül, elsősorban magas kálföldpát-tartalmuk, valamint a régészeti leletek anyagánál jelentősen nagyobb nátrium- és magnézium-tartalmuk miatt.

További kizáró tényezők az egyes formációk homokkövei esetében:

Korpádi Fm: magas közettörmelék-tartalom, a közettörmelékek között gyakori, jellegzetes megjelenésű, andezites összetételű, helyenként trachitos szövetű vulkanit-törmelék.

Cserdi Fm: magas kálföldpát és plagioklász tartalom, osztályozatlanság, nagy mennyiségű mátrix.

Kővágószőlősi Homokkő Fm:

Bakonyai Tarkahomokkő Tagozat: rossz osztályozottság, szemcsésen széteső viselkedés.

Kővágótöttösi Szürkehomokkő Tagozat: szín, magas szervesanyag-törmelék tartalom.

Cserkúti Vöröshomokkő Tagozat: jelentős földpát-tartalom.

Tótvári Homokkő Tagozat: osztályozatlanság, nagy mennyiségű riolit-törmelék.

### ***Szürke, csillámos, karbonátos kötőanyagú homokkő***

#### **(III. CSOPORT)**

Ebből a nyersanyagból csak kisszámú (5 db) lelet került elő, mindegyikük jellegtelen töredék, eredeti funkciója nem állapítható meg.

#### ***A petrográfiai vizsgálatok eredményei***

##### ***Makroszkópos jellemzők***

Finomszemcsés, jól osztályozott, világosszürke (lilás és sárgás mállási foltokkal), karbonátos kötőanyagú homokkövek (2e ábra). Fő alkotójuk a

kvarc és a csillámok (a csillámszemcsék - világos, kifakult biotit - durvább szemcseméretűek a kvarcsemméknél). A csillámok réteglapok mentén dúsulnak, ez főlialt megjelenést kölcsönöz a kőzetnek. Sok finom, fekete szemcse található a kőzetben (finomabb szemcseméretű, üdőbb biotit).

##### ***Mikroszkópos jellemzők***

A törmelékes eredetű alkotók között ebben a csoportban is a monokristályos kvarc a legjelentősebb (finom szemcseméretű, jól osztályozott, szögletes szemcsék), a polikristályos kvarc (szutúrás érintkezésű, enyhén hullámos kioltású, irányított szövetű szemcsék) mennyisége alárendeltebb (14a-d ábra).

A csillámok mennyiség-aránya nagyobb, mint az I. és II. csoportban, üde és kifakult, kloritosodott biotit-semmcsék egyaránt megtalálhatóak, az átalakulás akár egy szemcsén belül is megfigyelhető.

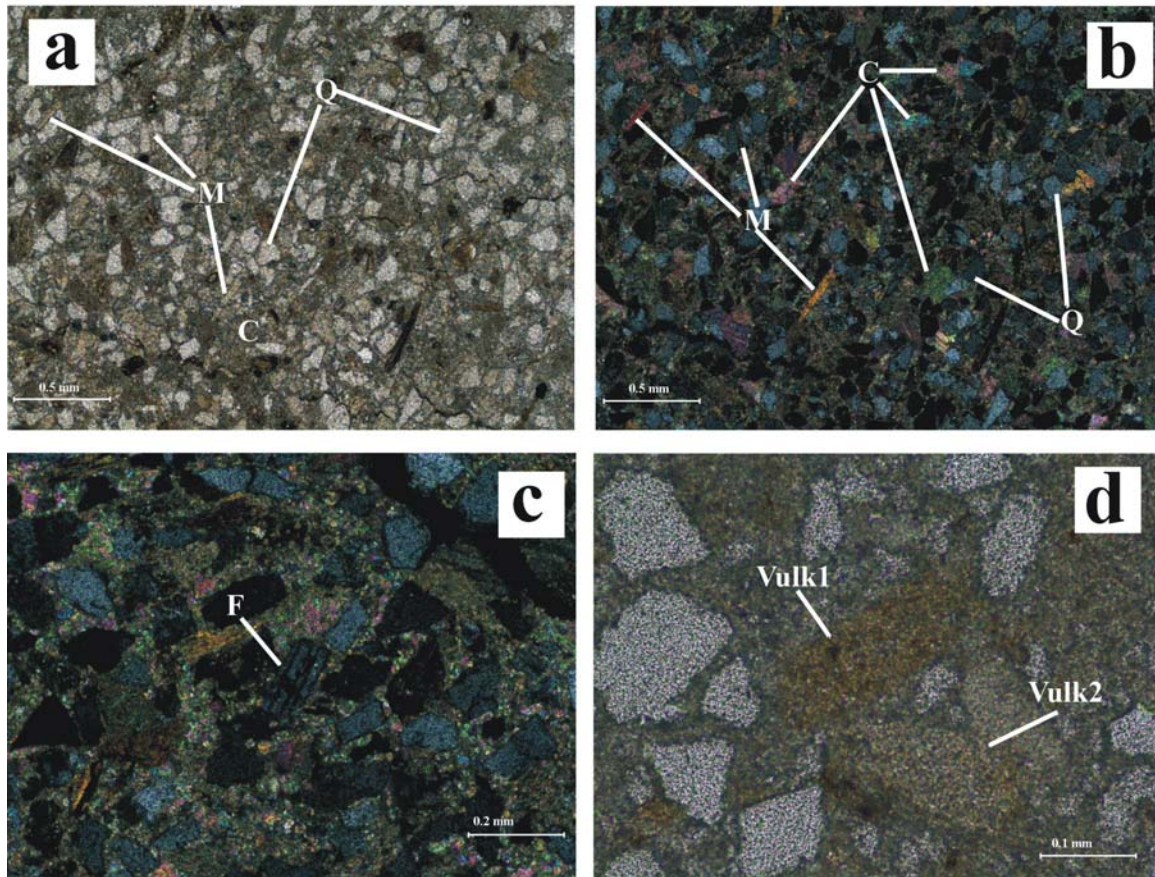
A földpátokat erősen átalakult, bontott mikroklinszemcsék (kezdődő pertitesedés nyomaival, néhol erős szericitesedéssel), valamint a kálföldpátoknál üdőbb plagioklászok képviselik (14c ábra). Savanyú vulkanit-törmelékek is megtalálhatóak (14d ábra). Jellegzetes az amfibol és az ilmenit megjelenése is a törmelékanyagban. Néhány szemcsén a korábbi csoportokban jellemző limonitos kéreg figyelhető meg. A kőzet mátrixvázú, a kötőanyag pátitos, a karbonát-semmcsék egy része ikresedett.

#### ***Az eredmények értékelése (2)***

##### **A III. csoport nyersanyagának legvalószínűbb forrásterületei**

A III. csoport homokkövei makroszkópos és mikroszkópos megjelenésükben is a régészeti lelőhely közelében sokfelé megtalálható fiatal (pannon) homokkövekre hasonlítanak. Pontosabb nyersanyagforrás meghatározására a nagyszámú, hasonló kőzetanyagú lelőhely, és az ezekről a lelőhelyekről származó homokkövek törmelék-semmcséi részletes leírásának hiánya miatt nem vállalkozhatom, mindazonáltal a homokkő magas földpát-tartalma csak rövid szállítódásra utal, az amfibol jelenléte pedig viszonylag közeli, amfibolt is tartalmazó kőzetekből álló lepusztulási területet valószínűsít. Meg kell jegyezni, hogy a régészeti lelőhely közelében, a balatonboglári bazalttufa, a balatonszemesi bazaltkavicsok és a fonyódi Várhegy bazaltja is tartalmaznak amfibolt, utóbbi ilmenitet is (Vitális 1904; Mauritz 1948; Martin and Németh 2004). A leletek jellege miatt (valószínűleg mindennapi, különleges minőségű nyersanyagot nem igénylő használati eszközök töredékei) a régészeti lelőhelyhez inkább közeli nyersanyagforrás valószínűsíthető.





**14. ábra:** Régészeti leletek, szürke, csillámos, karbonátos kötőanyagú homokkövek, III csoport, BOT 13. a-b) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (a: 1N, b: +N): szöveti kép: kvarc (Q)- és csillám-szemcsék (M) pátitos mátrixban (C – kalcit); c) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): plagioklász-kristály (F); d) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): saványú vulkanit-törmelék-szemcsék (Vulk1, Vulk2).

**Fig. 14.:** Archaeological finds, grey-coloured, mica-rich, sparite-cementized sandstones, group III, sample BOT 13. a-b) Photomicrograph (a: 1N, b: +N): rock texture: quartz (Q) and mica (M) crystals in a sparitic matrix (C – calcite); c) Photomicrograph (+N): plagioclase-feldspar (F); d) Photomicrograph (1N): acidic vulcanite fragments (Vulk1, Vulk2).

### Összefoglalás

Balatonöszöd - Temetői dűlő lelőhely a badeni kultúra Magyarországon eddig feltárt legnagyobb és leghosszabb életű települése (területe meghaladta a 20 hektárt). A lelőhelyen a Balaton-Lasinja kultúrának és a Boleráz kultúrának is kerültek elő önálló objektumai. Az ásatás során 500 kőzetanyagú lelet került napvilágra. A homokkőnyersanyagú kőszeközök (205 db, azaz 41 %) régészeti kora túlnyomó részben badeni. Homokkőből általában örlőkövek (egész és töredékes, főleg alsó- és kevesebb felső örlőkő, egyes darabokon festéknyomokkal), csiszológövek és fenőkövek készültek; ezek mellett megmunkált (de ismeretlen rendeltetésű) töredékek, nyersanyag-tömbök és megmunkálatlan, homokkő anyagú leletek is előkerültek.

Makroszkópos, és főként polarizációs mikroszkópban való megjelenésük alapján a régészeti leletek között három homokkő-változatot különítettem el,

néhány erősen mállott lelet ezekbe a csoportokba nem volt biztonsággal besorolható.

Megállapítottam, hogy a vizsgált, Balatonöszöd–Temetői dűlőről előkerült vörös (és kifakult, fehér) homokkő anyagú leletek legnagyobb részének nyersanyaga (I. csoport: 183 db) ásványos összetételük, szövetük, a törmelékfajta aránya, valamint kémiai összetételük alapján a Balatonfelvidéki Homokkő Formáció Vörös homokkő és aleurolit tagozatába sorolt homokkövek közül került ki, a szinte földpátmentes, kvarc és közettörmelék túlsúlyával jellemezhető érettebb homokkő típusból. Ez a típus a Déli-Balaton-felvidék peremi területein és az Északi-Balaton-felvidéken a formáció alsó részére jellemző (**12. ábra**).

A vizsgált homokkövek kis részének (II. csoport: 5 db) nyersanyaga a Nyugati-Mecsekből, a Jakabhegyi Homokkő Formáció felsőbb szintjeiben megjelenő homokkövek közül eredeztethető (**13. ábra**).

A III. csoportba sorolt szürke, csillámos, pátitos kötőanyagú homokkövek (5 db) nyersanyagforrásának pontosabb meghatározása a nagyszámú, hasonló kőzetanyagú lelőhely - és azok kőzetanyagának gyenge feldolgozottsága - miatt egyelőre nem lehetséges, de a leletek jellege miatt (valószínűleg mindennapi, különleges minőségű nyersanyagot nem igénylő használati eszközök töredékei) valószínű, hogy a régészeti lelőhelyhez közeli forrásból származnak.

### **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton fejezem ki köszönetemet a Balatonöszöd-Temetői dűlő lelőhely feltárását vezető Horváth Tündének, a leletanyag rendelkezésre bocsátásáért, valamint a vizsgálatok finanszírozásában nyújtott segítségért az OTKA K 62874 és K 100385 számú kutatási programjának.

### **Irodalom**

ÁRKAI, P., BALOGH, K., DEMÉNY, A., FÓRIZS, I., NAGY, G. & MÁTHÉ, Z. (2000): Composition, diagenetic and post-diagenetic alterations of a possible radioactive waste repository site: the Boda Albitic Claystone Formation, southern Hungary. *Acta Geologica Hungarica* **43** (4): 351–378.

BAGOLYNÉ ÁRGYELÁN, G. (1993): A gerecsei kréta törmelékes összlet petrográfiai és petrológiai vizsgálata (egykori óceáni képződmények rekonstrukciója törmelékes alkotók alapján). (Közöletlen doktori dolgozat, ELTE TTK, 186 pp.)

BAGOLYNÉ ÁRGYELÁN, G. (1995): A gerecsei kréta törmelékes képződmények petrográfiai és petrológiai vizsgálata. *Általános Földtani Szemle* **27**: 59–83.

BAGOLYNÉ ÁRGYELÁN, G. (1996): Geochemical investigations of detrital chrome spinels as a tool to detect an ophiolitic source area (Gerecse Mountains, Hungary). *Acta Geologica Hungarica* **39**: 341–368.

BÁLDI, T., BEKE, M., HORVÁTH, M., KECSKEMÉTI, T., MONOSTORI, M. & NAGYMAROSY, A. (1976): A Hárshegyi Homokkő Formáció kora és képződési körülményei. *Földtani Közöny* **106**: 353–386.

BARABÁS, A. & BARABÁS-STUHL, Á. (1998): A Mecsek és környezete perm képződményeinek rétegtana. In: BÉRCZI, I. & JÁMBOR, Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. MOL Rt. – Magyar Állami Földtani Intézet Kiadvány, Budapest, 187–215.

BODOR, S. & SZAKMÁNY, Gy. (2009): A felső-permi Cserdi Konglomerátum Formáció kavicsanyagának kőzettani és geokémiai vizsgálati eredményei (XV. Szerkezetkutató fűrés, Ny-Mecsek). *Földtani Közöny* **139** (4): 325–340.

BODOR, S., SZAKMÁNY, Gy., JÓZSA, S. & MÁTHÉ, Z. (2012): Petrology and geochemistry of the Upper Permian – Middle Triassic siliciclastic formations of the Ibafa-4 borehole (NW-Mecsek Mts., Hungary). – *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, **7**: 219–230.

BUDAI, T. & GYALOG, L. (eds.) (2010): Magyarország földtani atlasza országjáróknak. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest

CHAYES, F. (1956): Petrographical modal analysis. An elementary statistical appraisal. Wiley, New York, 113pp.

CSERNUSSI, G. (1984): Litofaciesvizsgálatok a „Balatonfelvidéki Vörös Homokkő Formáció”-ban. (Közöletlen szakdolgozat, ELTE TTK Kőzettani és Geokémiai Tsz., 127 pp.)

DICKINSON, W.R. (1970): Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Journal of Sedimentary Petrology* **40**: 695–707.

DICKINSON, W.R. & Suczek, C.A. (1979): Plate tectonics and sandstone compositions. *AAPG Bulletin* **63**: 2164–2182.

FAZEKAS, V. (1987): A mecseki perm és alsótriász korú törmelékes formációk ásványos összetétele. *Földtani Közöny* **117**: 11–30.

FAZEKAS, V. (1989): Ásvány-kőzettani megfigyelések a Jakabhegyi Homokkő Formáció DK-Dunántúli előfordulásaiban. *Földtani Közöny* **119**: 359–371.

FÜLÖP, J. (1990): Magyarország geológiája. Paleozoikum I. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 325 pp.

GYALOG, L. (ed.) (2005): Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez (az egységek rövid leírása (1:100.000) Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest

HORVÁTH, T., S. SVINGOR, É. & MOLNÁR, M. (2006): Újabb adatok a baden-pécelyi kultúra keltezéséhez. *Archeometriai Műhely* (<http://www.ace.hu/am>) **2006** (3): 19–30.

HORVÁTH, T. (2010): Megfigyelések a középső és késő rézkori kultúrák fazekasáruin Balatonöszöd–Temetői dűlő lelőhelyen. Készítéstechnikai vizsgálatok. *Archeometriai Műhely* (<http://www.ace.hu/am>) **2010** (1): 51–82.

HORVÁTH T. & PÉTERDI B. (2012): Csizolt kőeszközök, őrlőkövek, egyéb megmunkált és megmunkálatlan kőzetanyagú leletek. In: Horváth T. (szerk.): Balatonöszöd-Temetői dűlő őskori településrészei. A középső rézkori, késő rézkori és kora bronzkori települések. MTA BTK Régészeti Intézet, Budapest. ISBN 978-615-5254-00-0 [online] (<http://real.mtak.hu/2959>) p. 403–526.



- MAGGETTI, M. (2001): Chemical analyses of ancient ceramics: what for? *Chimia* **55**, 923–930.
- MAJOROS, Gy. (1963): A Balatonmelléki permiai rétegösszlet üledékföldtani vizsgálata. Egyetemi doktori értekezés, Budapest, kézirat. 57 pp.
- MAJOROS, Gy. (1998): A Dunántúli-középhegység úrpaleozóos képződményeinek rétegtana. In: BÉRCZI, I. & JÁMBOR, Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. MOL Rt. – Magyar Állami Földtani Intézet Kiadvány, Budapest, 119–147.
- MARTIN, U. & NÉMETH, K. (2004): Mio/Pliocene Phreatomagmatic Volcanism in the Western Pannonian Basin. *Geologica Hungarica Series Geologica* **26**. 193 pp.
- MÁTHÉ, Z. (ed.) (1998): A Bodai Aleurolit Formáció minősítésének rövidtávú programja, Kutatási zárójelentés 4. kötet, Ásvány-közzetani, közzetgeokémiai és izotóptranszport vizsgálatok. Kutatási jelentés. Pécs, Mecsekérc Környezetvédelmi Rt.
- MAURITZ, B. (1948): A dunántúli bazaltok közzetkeimiai viszonyai. *Földtani Közöny* **78**: 134–169.
- McLENNAN, S. M. (2001): Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* **2** (4): 1021, 24 pp. (doi:10.1029/2000GC000109)
- PALÁGYI, S., CSIRKE, O., FUTÓ, J., HLAVAY, J., RAUCSIK, B., SZABÓ, A. & VASSÁNYI, L. (2006): Mining Data from Roman Sandstone Quarries. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **57**: 395–422.
- PETTIJOHN, F. J., POTTER, P.E. & SIEVER, R. (1973): Sand and Sandstone. Springer-Verlag, New York – Heidelberg – Berlin, 618 pp.
- PIROS, L. (2010): Homokkő nyersanyagú közzetközök, szerszámkövek archeometriai vizsgálata, Gorzsa (DK-Magyarország). (Közöletlen diplomadolgozat, ELTE TTK FFI Közzet-Geokémiai Tanszék, 89 pp.)
- RAUCSIKNÉ VARGA, A., SZAKMÁNY, Gy., RAUCSIK, B. & MÁTHÉ, Z. (2005): Chemical composition, provenance and early diagenetic processes of playa lake deposits from the Boda Siltstone Formation (Upper Permian), SW Hungary. *Acta Geologica Hungarica* **48** (1): 49–68.
- SUN, S.-S. & McDONOUGH, W.F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS, A.D. & NORRY, M.J. (eds.): Magmatism in the Ocean Basins. *Geological Society, London, Special Publications* **42**: 313–345.
- SZAKMÁNY, Gy. (1996): Results of the petrographical analysis of some samples of the ground and polished stone assemblage. In: J. Makkay, E. Starnini & M. Tulok (eds.), *Excavations at Bicske-Galagonyás (part III). The Notenkopf and Sopot-Bicske cultural phases. Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, Quaderno* **6**, 224–241. Trieste.
- SZAKMÁNY, Gy. & NAGY, B. (2005): Balatonlelle–Felső-Gamász lelőhelyről előkerült késő rézkori vörös homokkő őrlőkövek petrográfiai vizsgálatának eredményei. *Archeometriai Műhely* **2005**(3): 13–21. (<http://www.ace.hu/am>)
- SZAKMÁNY, Gy., STARNINI, E., HORVÁTH, F., SZILÁGYI, V. & KASZTOVSZKY, Zs. (2008): Gorzsa késő neolitikus településről előkerült közzetközök archeometriai vizsgálatának előzetes eredményei (Tisza kultúra, DK Magyarország). *Archeometriai Műhely* **2008**(3): 13–26. (<http://www.ace.hu/am>)
- SZTANÓ, O. & JÓZSA, S. (1996): Interaction of basin-margin faults and tidal currents on nearshore sedimentary architecture and composition: a case study from the Early Miocene of northern Hungary. *Tectonophysics* **266**: 319–341.
- TAYLOR, S. R. & McLENNAN, S. M. (1985): The Continental Crust: its Composition and Evolution. *Blackwell Scientific Publications Ltd.*, 312 pp.
- VARGA, A., RAUCSIK, B., SZAKMÁNY, Gy. & MÁTHÉ, Z. (2006): A Bodai Aleurolit Formáció törmelékes közzetpusainak ásványtani, közzet- és geokémiai jellemzői / Mineralogical, petrological and geochemical characteristics of the siliciclastic rock types of Boda Siltstone Formation. *Földtani Közöny* **136** (2): 201–232.
- VARGA, A., SZAKMÁNY, Gy., ÁRGYELÁN, T., JÓZSA, S., RAUCSIK, B. & MÁTHÉ, Z. (2007): Complex examination of the Upper Paleozoic siliciclastic rocks from southern Transdanubia, SW Hungary – Mineralogical, petrographic, and geochemical study. Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry. *GSA Special Paper* **420** (0) (January 2007): 221–240.
- VARGA, A. (2009): A Dél-dunántúli paleozóos – alsó-triász sziliciklasztos közzetek közzet- és geokémiai vizsgálatának eredményei. (Közöletlen PhD dolgozat, ELTE TTK FFI Közzet- és Geokémiai Tsz., 150 pp.)
- VITÁLIS, I. (1904): Adatok a Balaton-fölvidék bazaltos közzeteinek ismeretéhez. *Földtani Közöny* **34**: 377–399.

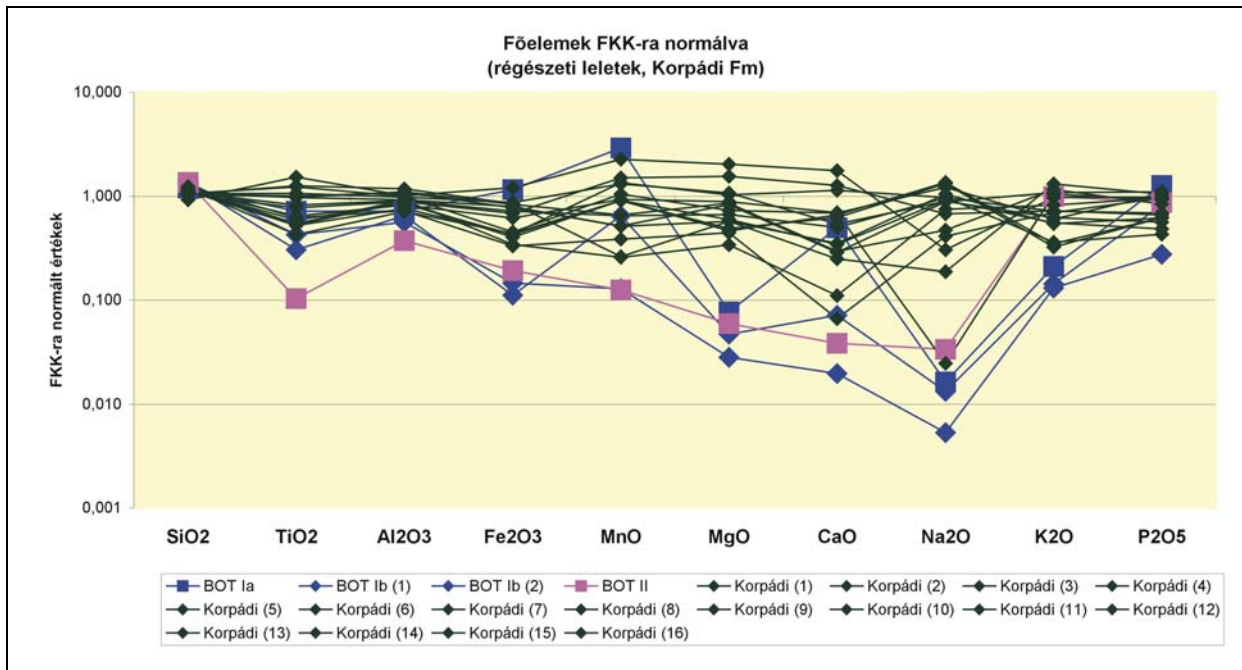




## Appendix

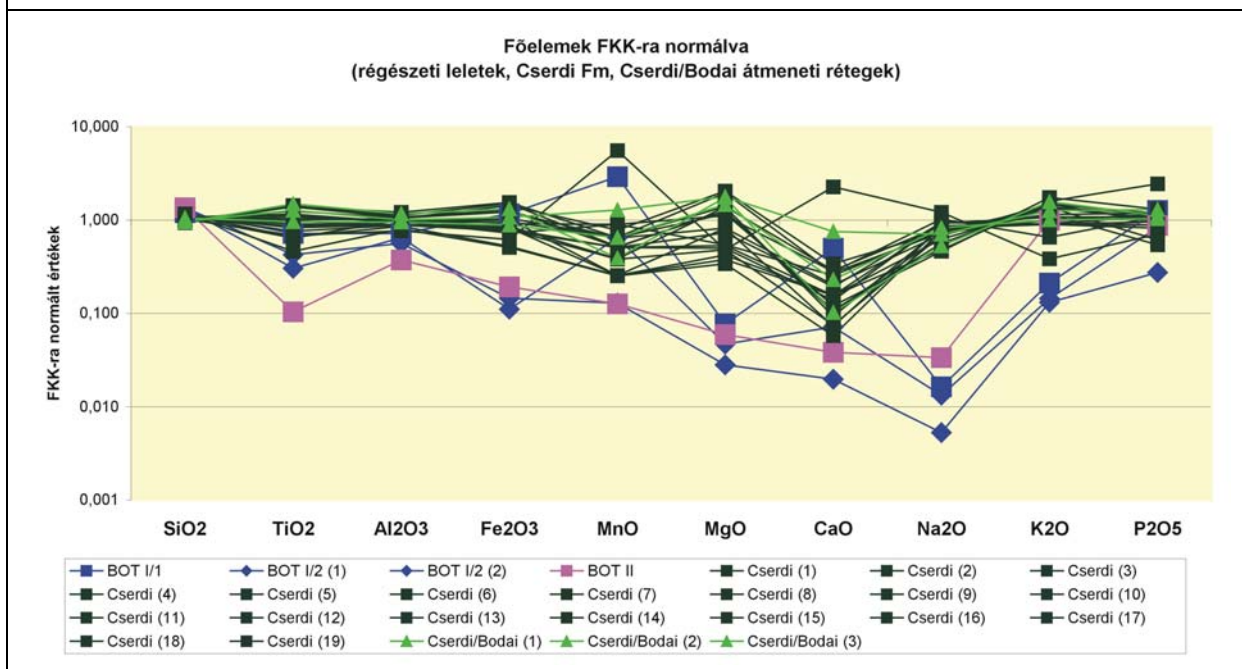
Péterdi Bálint

„Balatonöszöd – Temetői dűlő lelőhely homokkő nyersanyagú kőszközeinek kőzettani vizsgálata” c. cikkéhez (Archeometriai Műhely 2012/4)



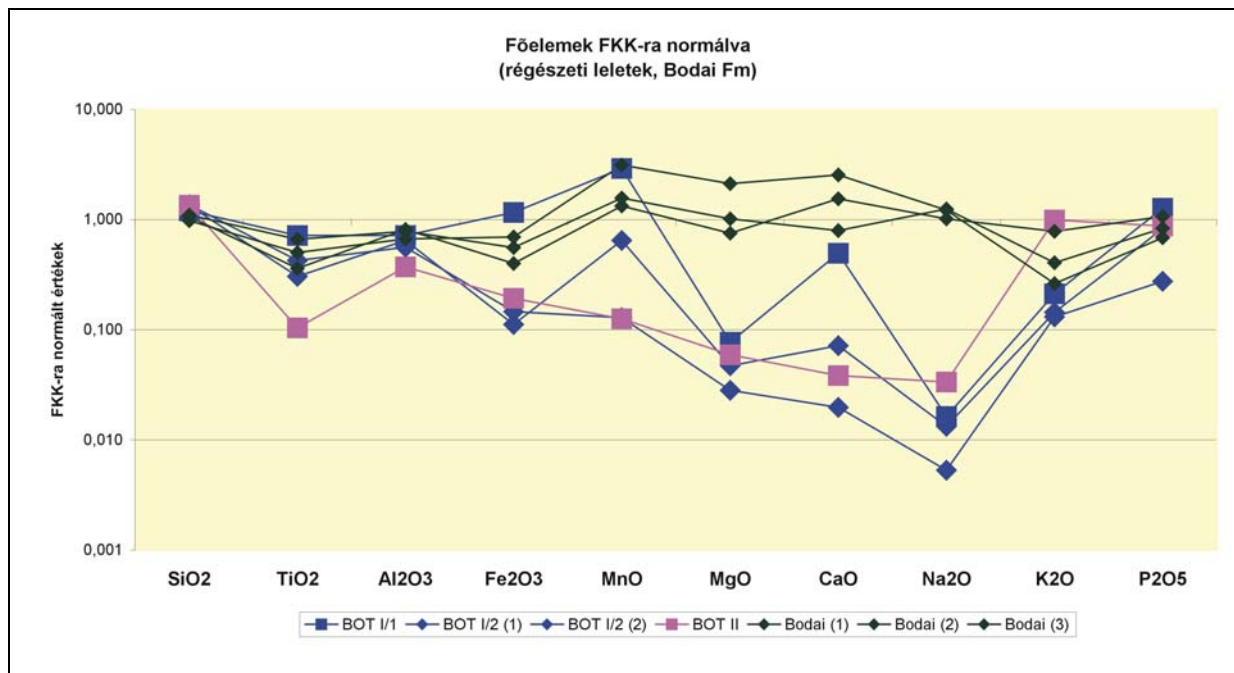
1. ábra: Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Korpádi Fm

Fig. 1.: UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized major element patterns: archaeological finds (red sandstones), Korpádi Fm.



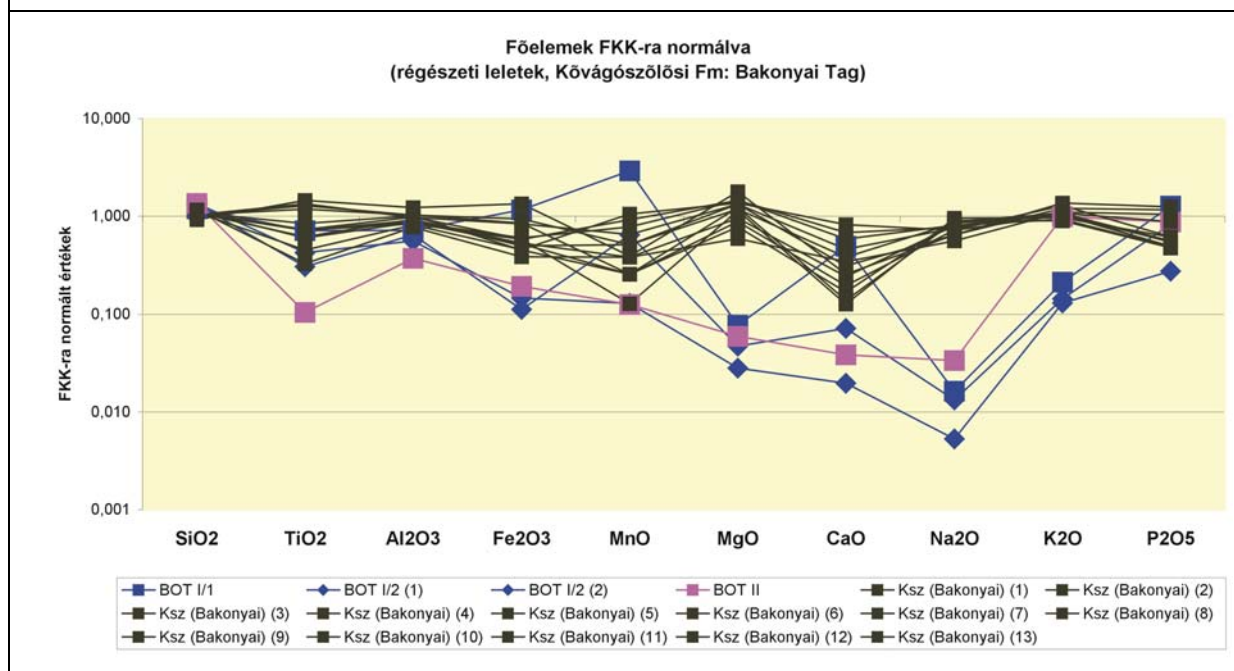
2. ábra: Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Cserdi Fm, Cserdi és Bodai Fm átmeneti rétegei.

Fig. 2.: UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized major element patterns: archaeological finds (red sandstones), Cserdi Fm, transitional layers of Cserdi and Bodai Fms.



**3. ábra:** Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Bodai Fm.

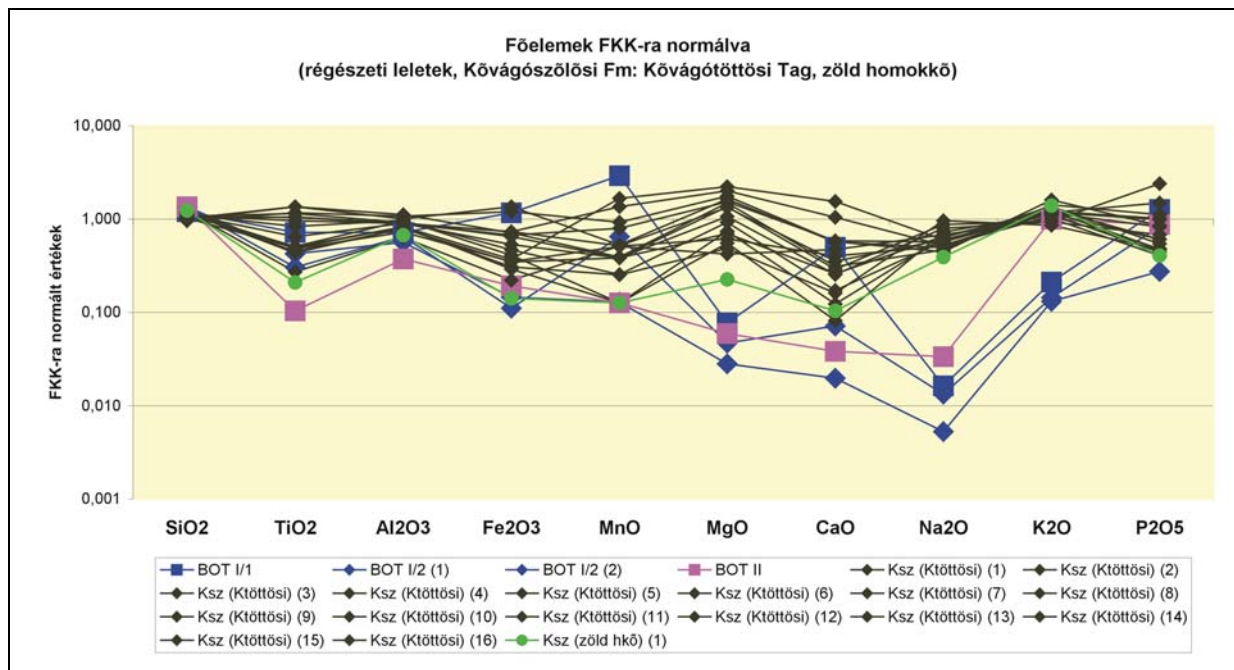
**Fig. 3.:** UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized major element patterns: archaeological finds (red sandstones), Boda Fm.



**4. ábra:** Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Kővágószőlősi Fm, Bakonyai Tagozat.

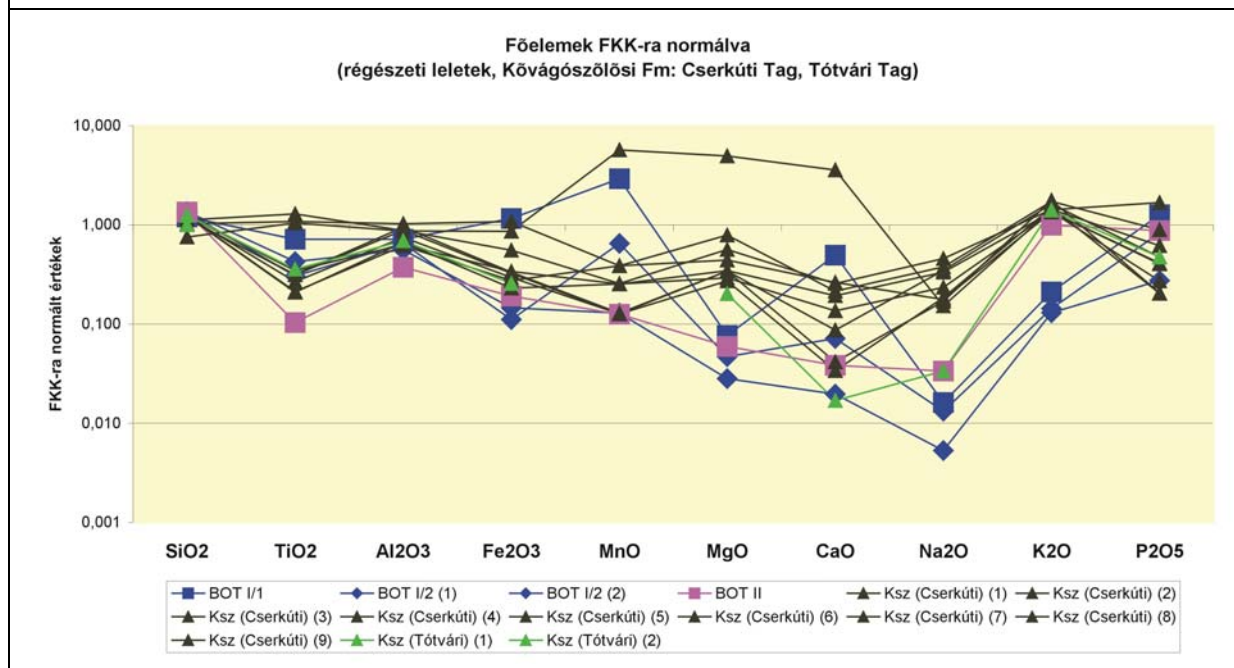
**Fig. 4.:** UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized major element patterns: archaeological finds (red sandstones), Kővágószőlős Fm, Bakonya Member.





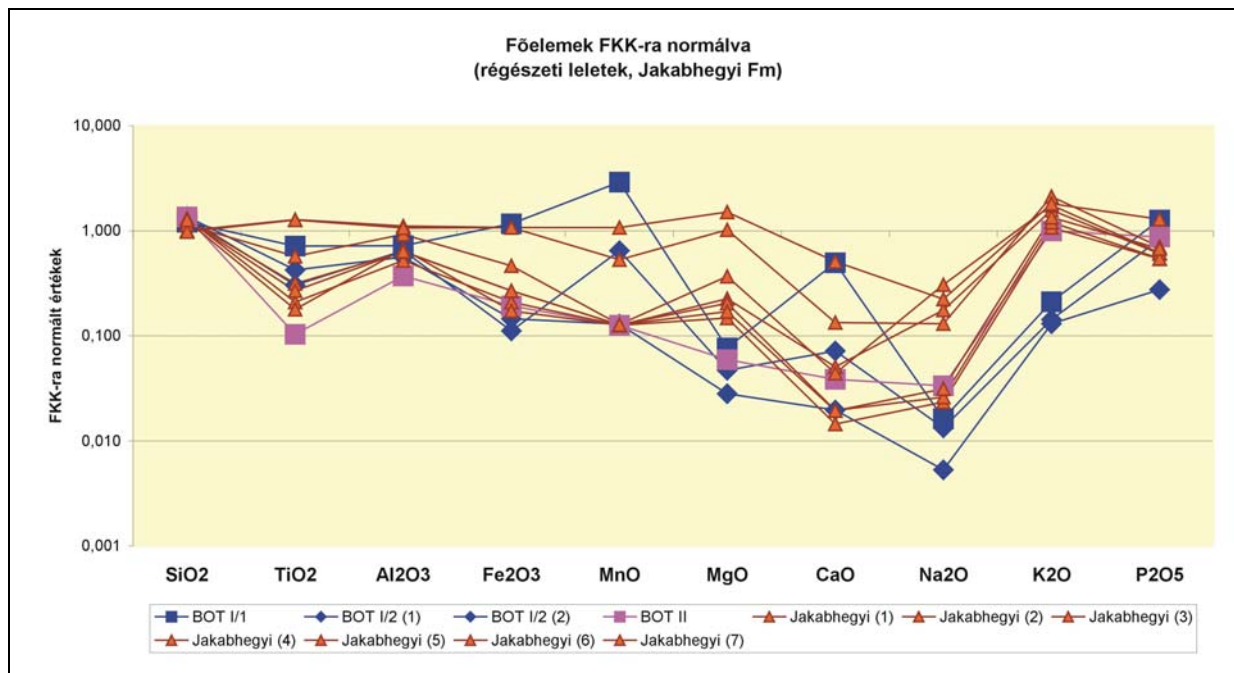
**5. ábra:** Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Kővágószőlősi Fm, Kővágótöttösi Tagozat (és „zöld homokkő”).

**Fig. 5.:** UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized major element patterns: archaeological finds (red sandstones), Kővágószőlős Fm, Kővágótöttös Member (and „green sandstone”).



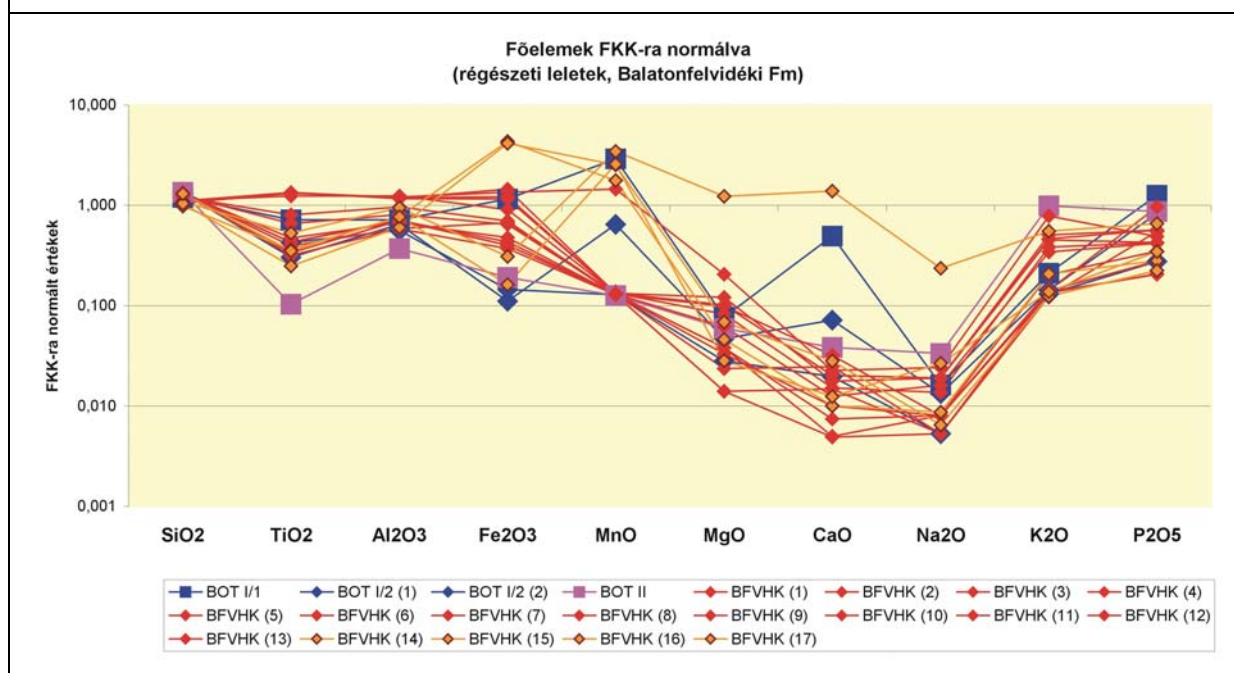
**6. ábra:** Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Kővágószőlősi Fm, Cserkúti és Tótvári Tagozat.

**Fig. 6.:** UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized major element patterns: archaeological finds (red sandstones), Kővágószőlős Fm, Cserkút Member and Tótvár Member.



**7. ábra:** Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Jakabhegyi Fm.

**Fig. 7.:** UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized major element patterns: archaeological finds (red sandstones), Jakabhegy Fm.



**8. ábra:** Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: Régészeti leletek (vörös homokkővek), Balatonfelvidéki Fm.

**Fig. 8.:** UCC (Upper Continental Crust, Taylor and McLennan 1985; McLennan 2001) normalized major element patterns: archaeological finds (red sandstones), Balaton-Highland Fm.

# THE APPLICATION OF A TRUE 3D MEDICAL STEREOPHOTOGRAMMETRY MEASURING SYSTEM IN ARCHEOLOGY

## 3D SZTEREOFOTOGRAMMETRIAI ORVOSI MÉRŐRENDSZER ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A RÉGÉSZETBEN

STUBER, ISTVÁN<sup>1</sup>, SZABÓ, LŐRINC MÁRK<sup>1</sup>, SZENTHE GERGELY<sup>2</sup>, KOROM CSABA<sup>3</sup>, VARGA ZSUZSANNA<sup>2</sup>, ELEKI, FERENC<sup>2</sup>, ELEKI, NÁNDOR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Semmelweis University Faculty of Physical Sciences and Sport Sciences

<sup>2</sup>Hungarian National Museum

<sup>3</sup>Semmelweis University Department of Diagnostic Radiology and Oncotherapy

E-mail: [i.stuber@gmail.com](mailto:i.stuber@gmail.com)

### Abstract

Recently, in the digitization of works of art, the application of fusion optic (white light) scanners and the identification of picture elements have shown a rising trend, besides laser procedures. In most cases, these procedures use the digital 2D photos of the objects for presentations and to create the surface texture of the models. They visualise the processed data in 3D perspective, which is a reason why they require a tool fleet and huge storage capacity. One of the most important characteristics of the 3D measuring system presented by us is that it enables data collection, measurement and visualisation directly in 3D. This method has adapted the methods applied by a branch of geodesy mainly to conduct a spatial measure the digital and microscopic photographs. The output device of the system is compatible with the real photo making processes either anaglyph, or stereoscopic, or polarized or shuttered. In the present paper, some fields of application of the cluster of programmes of the medical microscopic system have been analysed from an archaeological point of view.

### Kivonat

A műtárgyak digitalizálásában az utóbbi időben egyre inkább teret nyer a lézeres eljárások mellett, a fúziós optikai (pl. fehér fény) szkennerek alkalmazása, illetve a képelemek azonosítása. Az eljárások a legtöbb esetben a tárgyról készült digitális 2D fotófelvételeket prezentációs célra, a modellek felületi textúrájának kialakítására használják. Eszközpark és nagy tárolókapacitás igényük egyik oka, hogy perspektivikus 3D-ben jelenítik meg a feldolgozott adatokat. Az általunk bemutatott valódi 3D mérőrendszer legfőbb jellemzője, hogy lehetővé teszi az adatgyűjtést, mérést, és megjelenítést közvetlenül 3D-ben. A módszer a geodézia egyik ágának módszereit adaptálta – elsősorban - digitális, mikroszkópos fotófelvételek térbeli mérésére. A rendszer kimenete anaglif, sztereoszkópos, polarizációs, shutteres valódi 3D képalkotó eljárásokkal egyaránt kompatibilis. A dolgozatban az orvosi-mikroszkópos rendszer programcsomagjának néhány alkalmazási területét mértük fel, a régészet szemszögéből.

KEYWORDS: STEREO CONVERTER, 3D DATA RECORDING, 3D MEASURING SYSTEM, DIGITIZATION, MODELLING, CLOSE-RANGE STEREOPHOTOGRAMMETRY

KULCSSZAVAK: SZTEREO KONVERTER, 3D ADATFELVÉTEL, 3D MÉRŐRENDSZER, DIGITALIZÁCIÓ, MODELLEZÉS, KÖZEL – SZTEREOFOTOGRAMMETRIA

### Introduction

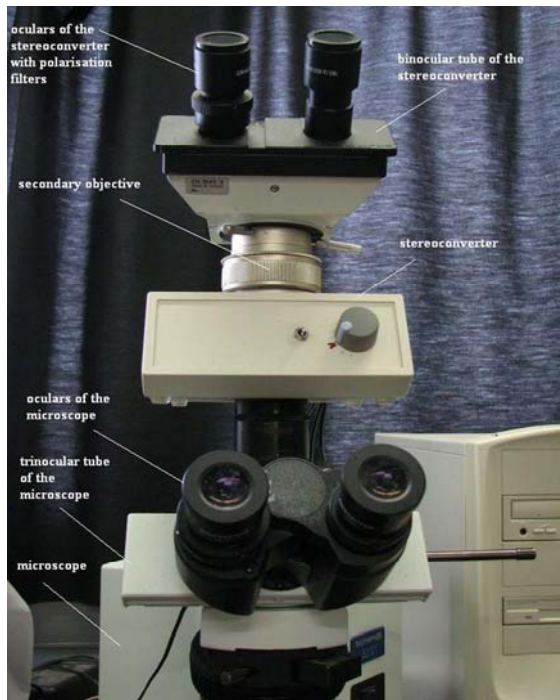
The Three-Dimensional Morphological and Movement Analysis Laboratory of Semmelweis University Faculty of Physical Sciences and Sport Sciences led by Dr. Stuber István have been developing a spatial visualization system that features measuring, modelling and navigation. This system enables the display of micro- and macroscopic structures in the form of stereo-image pairs. Thus a true 3D view is achieved, with which it is possible to conduct highly accurate spatial measurements, mathematical analysis and

modelling. Via 3D graphics the results can be presented in homogeneous, shaded and animated surfaces (Detrekői et al. 2004 102-105.).

### The working mechanism of the system

The system is based on an optical device, invented by Stuber (Reference date of the patent: P0800650): the stereo converter, which, besides being capable of increasing any optical magnification by an additional five times, overcomes a major obstacle in optics: it parallelly extends the depth of field of the given magnification by twenty-thirty times.





**Fig. 1.:** The stereo converter

**1. ábra:** A sztereo konverter

In other words, the width of the displayed layer is enhanced: as a result, it is possible to study the spatial morphology of spatial light microscopic structures (**Fig. 1**).

In case of the 3D measuring system a branch of geodesy, the stereophotogrammetry's data processing method – which is mainly employed to analyze aerial photographs – was adapted to the spatial measuring of micro- and macroscopic stereo-images (Kraus 1998 13-14, 177, 329-360.; Fekete 2006 2-9, 39-41, 53-54.). Our 3D computer workstation and the related software package basically simulate the data evaluation mechanism of optical and precision engineering appraisal tools.

The system works as a stereoscope: it displays stereo-image pairs obtained from two different angles. It facilitates work with a perfectly life-like virtual object and it's possible to carry out precise measurements. The cursors appearing on the left and right image function as a crosshair. The cursors can be moved simultaneously and freely in virtual space, can be placed at any point of the spatial structure. At this stage the cursors in the stereo-image pair overlap with the right and left projection of a given point (the so called identical points) (Alhusain et al. 2003 11-14.). This method can be applied in case of video records – in this case the process has to be repeated screenshot by screenshot in order to describe a moving object's spatial plane.

In the following, the 'traditional' 3D modelling and displaying methods will be called 2.5 D in contrast to the lifelike, true 3D view of the stereoscope. Although it is not the accurate use of the term, it

reflects the fact that 3D programs primarily aim to generate a picture suitable to be displayed on a graphical output device (e. g. monitor screen); meanwhile the mathematical modelling of a 3D item is a relatively simple and fast process. Employing a stereoscope – as this system does – offers to work directly in 3D and to avoid the numerous difficulties of generating a 2.5 D view.

As a result of measuring, a 3D point cloud is formed, which is overlapped with a mathematical cover (by the software) and is displayed via a stereoscope in the form of homogeneous, shaded, three-dimensional virtual objects. These objects can be rotated, moved, deformed as a colour animation (Alhusain et al. 2003 12.). Mathematical analysis and modelling can be executed on the texture achieved by mathematical approximation.

The system can be adapted to various fields of archaeological research; in the following you will see some possible applications and their benefits. Please note that the pictures in the current paper present only one side of the stereo-images in the stereoscope, so one might see unfitting lines on object surfaces.

### *Digitalizing collections*

Following the appearance of 3D modelling a considerable demand was expressed to digitalize collections. Thus the preservation of artefacts has arrived at a new stage, objects can be easily accessed and studied worldwide, and virtual museums are established (e. g. Balázsik et al. 2009 41-42. Szerdahelyi 2008 31.). Among the difficulties arising around digitalization, the problem of storing data files could be solved by the Stuber system.

The size of a database containing the images of an artefact captured from different viewpoints is minimal, because only 4 to 8 images are necessary. All the information required to measure and to create 3D models are contained in the photos and can be transformed at will into a 3D or 2.5 D model. The model can be displayed polygonally, and various textures (image of a real object, shaded texture, surfaces selected freely) can be added. For scientific purposes it is excellent as measuring can be carried out without generating the 2.5 D model of a given object, that would require expertise and a considerable amount of time (**Fig. 4**).

The other problem to be solved is that 2.5 D models do not reflect the original characteristics of the ceramics, among others, in a satisfactory quality (Boon et al. 2007 153-54., 156.). In this system the digital object can be presented not as merely a textured surface but as a true 3D space, with optionally detailed resolution and digital storing place.

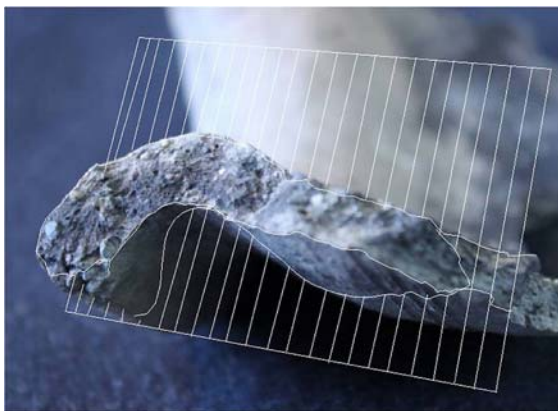
For demonstration and educational presentations a projector set is available with which the recorded object can be presented to a large audience. The projector system has been set up in the Cardiological Institute of Debrecen, Hungary.

### **3D modelling on artefact level**

On the level of artefacts, efforts are directed primarily on the rapid and accurate digitalization of ceramic fragments that are unearthed in abundance. On the one hand digital databases can facilitate new approaches; on the other hand it can substitute for the time-consuming drawing. In the overwhelming proportion of cases the data acquisition is executed with an optical or laser scanner that is more suitable for obtaining surfaces and geometric information (Lambers & Remondino 2007 31.).

An advantage of range based methods is that direct 3D points are produced; therefore modelling is significantly faster compared to using photogrammetry. Its drawback is its high cost, the required high level expertise and technological background. The final result can be influenced by the characteristics of the fabric and by the reduction of the scanned points. Methods based on distance measuring demand that a vast number of points should be measured; otherwise the edges of the object cannot be detected. Consequently, at the end of the process the point cloud has to be decreased (El-Hakim et al. 2007 43.).

The main problem that researchers had to face is related to the orientation of sherds that was lately successfully automatized (Kampel et al. 2005 570-72.). A software has been devised that generates a figure from the scanned data meeting the standards of publication. Running the program does not require expertise and it allows the user to orientate the fragment on-demand. The generated 3D model, which is presented through 2.5 D, is convenient for further measurements and typology.



**Fig. 2.:** Early Avar coarse ware made by slow-turning wheel (Daruszentmiklós, F-005)

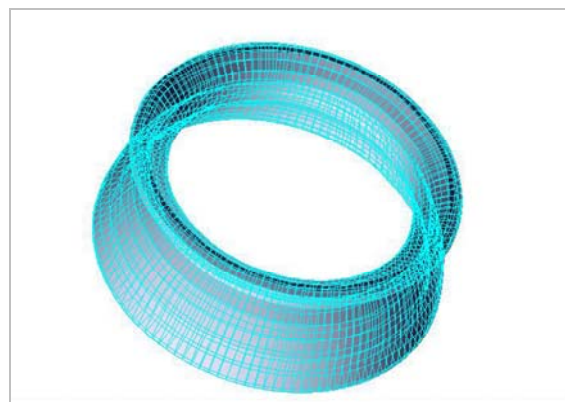
**2. ábra:** Adatfelvétel, lassú korongolt avar házi kerámiáról (Daruszentmiklós, F-005)

Our ongoing project strives to capture photographs of ceramic fragments carrying valuable archaeological data and generating profile lines that deliver professional standards. During the documentation the requirements of capturing stereo-image pairs have to be fulfilled: two identical cameras with appropriate settings and angles. To be able to make measurements the angle of the cameras has to be known and etalons have to appear on the photos. The etalon is an object with known metrical data.

The program of the system is not aimed at excluding the human factor but it promotes and corrects the user's work. Based on the methodology of photogrammetry the developed program is able to calibrate the pictures automatically. Following the calibration the measuring can begin in the images displayed in the stereoscope. For the computer the data of the 3D objects are defined by these measurements. Other measurements and calculations can be carried out on the 3D model: e. g. the diameter of the rim (**Figs. 2 and 4**).

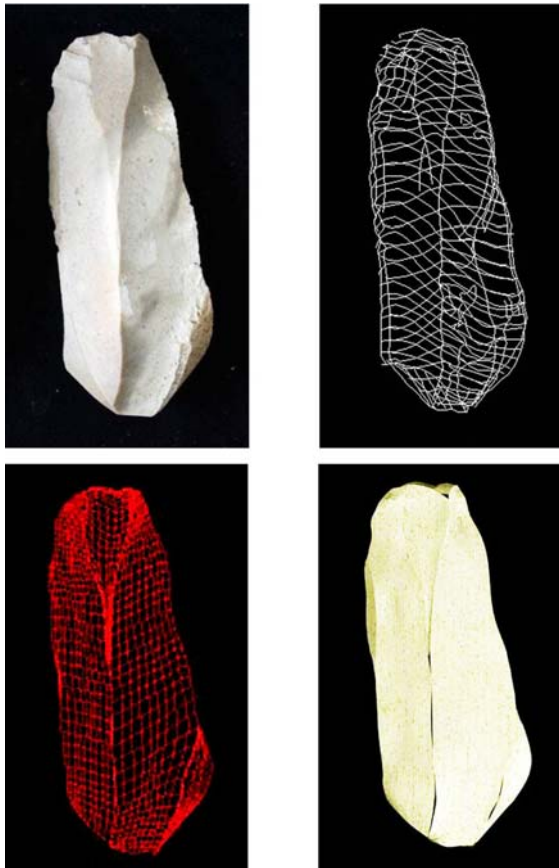
We have not yet succeeded to find the profile line automatically; however, the program is capable of generating a 3D model based on the profile line. In other words the 3D reconstruction is possible, but requires high amount of human interference at the moment (**Fig. 3**). In the case of the Stuber system the possibility of fully automatic ceramic documentation is uncertain.

New approaches can be explored in the field of morphological survey of artefacts. In case of lithic assemblages an increasing demand can be detected to study the physical data of stone objects: e. g. the flaking angle, the proportion of length and width and to examine the correlation between metric data and the applied knapping technique (Inizan et al. 1999 73-78.). The relationship between them also has been proven by experiments (e. g. Mateiciucová 2004).



**Fig. 3.:** 2.5 D model generated from the profile line of a sherd

**3. ábra:** A kerámatöredék profilvonalából generált egyik perspektivikus 2.5 D modell



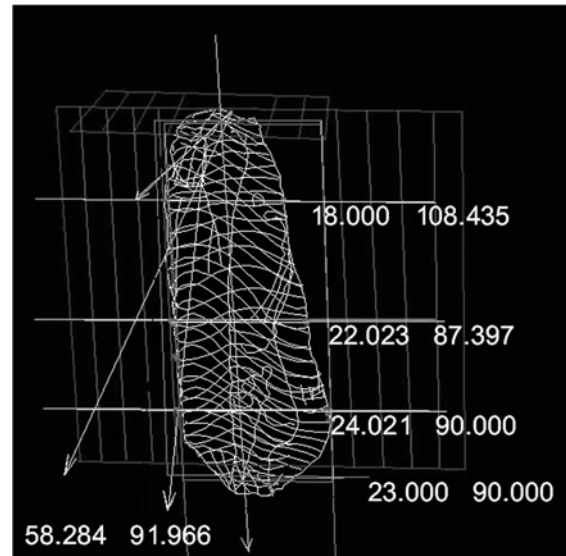
**Fig. 4.:** Neolithic blade, stray find, Linear Band Pottery Culture. Steps of creating a 2.5 D model: photo, measured points, polygon mesh and the final model (on this last step we used AutoCAD)

**4. ábra:** Szórvány neolit penge az alföldi vonaldíszes kerámia kultúrájából. A 2.5 D modell készítésének lépései ebben az esetben: (sztereo) fotó, mérőpontok, poligon háló, és a kész modell. (Az utolsó lépésnél AutoCAD-et használtunk.)

Drawing in the discussed system enables the user to measure the angles between surfaces and compare physical data. For instance, in case of a blank it is possible to determine the flaking angle or the angle du chasse, in case of a core the angle between the striking platform and the débitage surface can be calculated (**Figs. 4, 5 and 6**).

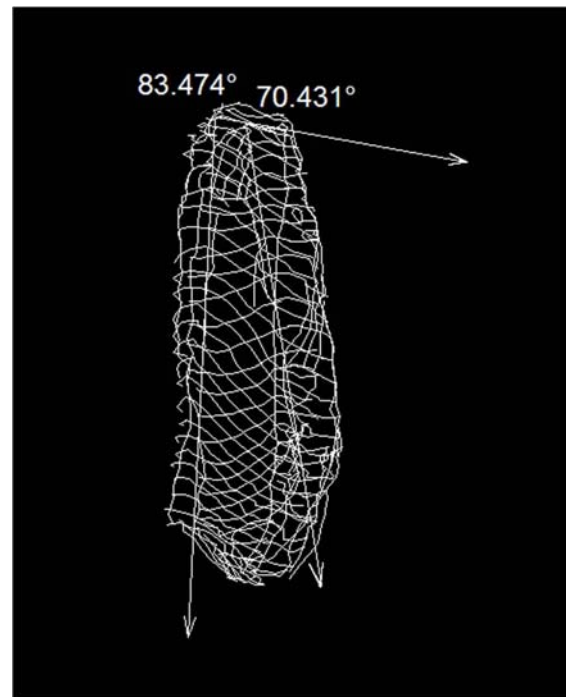
### ***The advantages of the three-dimensional measuring system***

The main benefit of the introduced measuring system derives from the fact that here measuring is not restricted to one plane; therefore a significant number of points can be defined in the course of the same operation. This way the outcome is also more accurate compared to the process of measuring the subsequent planes separately.



**Fig. 5.:** The metric data of the same blade appear in the picture: the maximum length (5.8 cm), maximum width (2.4 cm) and proximal (1.8 cm), mesial (2.2 cm), distal (2.3 cm) width

**5. ábra:** A penge méretadatai leolvashatók: legnagyobb hosszúság (5,8 cm), legnagyobb szélesség (2,4 cm), proximális (1,8 cm), mediális (2,2 cm), és disztális (2,3 cm) szélesség



**Fig. 6.:** The program is capable of measuring angles: in this case the flaking angle and the 'angle du chasse'

**6. ábra:** A program alkalmazása szögmérésre: ebben az esetben a leválasztási, és leütési szöveget ('angle du chasse') mértük meg.



A further advantage is that during measuring real shapes the software generates a virtual object to be utilized for calculations. By semi-automatizing the measuring time can be saved, nevertheless post-correction is also available. The gained data can be managed variously or can be transferred into processes already in use. Several measures of the same object can be merged, thus extending and specifying documentation.

From the viewpoint of archaeology a number of practical profits can be enlisted (e. g. Balázsik et al. 2009 43-44.). The system requirements for working with true 3D can be fulfilled with a standard computer.

Data acquisition is quite simple. The system is based on stereo-image pairs displayed in true 3D and enables data acquisition and measuring directly in 3D. The technical prerequisite for capturing stereo-images is to adjust two cameras in the appropriate angle, and an etalon demanded for calibration has to appear in the image.

Working with the measuring system basically does not call for computer expertise; the model can be manually drawn via a special tool. The data required for measuring refers to only two digital images that facilitate the handling of data: processing, storing and sharing.

Its flexibility, cost-efficiency and compatibility make this measurement system one of the picture element fitting methods that are to be used to an ever increasing extent in archaeological documentation and in the museological digitization of objects in the near future in accordance with the more and more possibilities of digital photo processing.

## References

- ALHUSAIN, O., DETREKŐI, Á., FEKETE, K., JUHÁSZ, A., RAKUSZ, Á., STUBER I., TÓTH Z. (2003): Egy közelfotogrammetriai 3D rendszer és felhasználása emberi érhálózat ábrázolására. *Geodézia és kartográfia* **55/3** 11–15..
- BALÁZSIK, V., ENGLER, P., JANCSÓ, T. (2009): A földi fotogrammetria új technológiái, és eszközei az oktatásban. *Geodézia és kartográfia* **61/11** 37–45..
- BOON, P. J., PONT, S. C., VAN ORTMERSEN, G. J. M. (2007): Acquisition and Visualization of Cross Section Surface Characteristics for Identification of Archaeological Ceramics. In: Axel Posluschny, Karsten Lambers, Irmela Herzog (eds.), *Layers of Perception: Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) 2007*. (Bonn 2008) *Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte* **10** 153–59.
- DETREKŐI, Á., FEKETE, K., STUBER, I. (2004): Geometrical Information from Medical Images. In: *Proceedings of First Hungarian Conference on Biomechanics. Budapest, 2004. 06. 11-2004. 06. 12*. Ed.: Bojár I., Műegyetemi Kiadó 102–106.
- EL-HAKIM, S. F., REMONDINO, F., GONZO, L., VOLTOLINI, F. (2007): Effective High Resolution 3D Geometric Reconstruction of Heritage and Archaeological Sites from Images. In: Axel Posluschny, Karsten Lambers, Irmela Herzog (eds.), *Layers of Perception: Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) 2007*. (Bonn 2008) *Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte* **10** 43–50.
- FEKETE, K. (2006): Közelfotogrammetria. Kivonat. In: *Fekete, K.: A közelfotogrammetria és néhány orvosi alkalmazása*. PhD dissertation (Budapest University of Technology and Economics, Department of Photogrammetry and Geoinformatics). 2006. 1–71.
- INIZAN, M. -L., REDURON-BALLINGER, M., ROCHE, H., TIXIER, J. (1999): Technology and Terminology of Knapped Stone. *Préhistoire de la Pierre Taillée* **5**. 1–191.
- KAMPEL, M., MARA, H., SABLATNIG, R. (2005): Investigation on traditional and modern ceramic documentation. In: *Vernazza G., Sicuranza G. (eds.) International Conference on Image Processing (ICIP) 2005*. (Genoa 2005) 570–73.
- KRAUS, K. (1998): *Fotogrammetria*. Tertia Kiadó, Budapest. 1–379.
- LAMBERS, K., REMONDINO, F. (2007): Optical 3D Measurement Techniques in Archaeology: Recent Developments and Applications. In: Axel Posluschny, Karsten Lambers, Irmela Herzog (eds.), *Layers of Perception: Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) 2007*. (Bonn 2008) *Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte* **10** 27–35.
- MATEICIUCOVÁ, I. (2004): Mesolithic traditions and the origin of the Linear Pottery Culture (LBK). In: *LBK Dialogues. Studies in the formation of the Linear Pottery Culture*. Ed.: Alena Lukes, Marek Zvelebil. *BAR International Series*, **1304** 91–107.
- SZERDAHELYI, A. (2008): Műemléképületek háromdimenziós fotómodelljének készítése PhotoModeler segítségével. *Geodézia és kartográfia* **60/3** 27–33.



## KÖZLEMÉNYEK

### IN MEMORIAM

#### T. Brúder Katalin

Életének abban a szakaszában, amikor még javában adta át mélyebb tudását azoknak, akikben felfedezte a szakma iránti elhivatottságot, T. Brúder Katalin ez év januárjában véglegesen elhagyta a hazai restaurátor társadalmat.

Tekintélyt parancsoló szigorúsága arra ösztönözte kollégáit, hogy hozzák ki magukból a legtöbbet, és alázattal képviseljék ezt a kicsit még ma is misztikusnak vélt és sokszor meg nem értett hivatást. A szakmát, melynek művelője spirituálisan is szoros kapcsolatban van a múlttal, de együtt dolgozva a kutatókkal, jövőt teremt a tudomány számára. Keze nyomán, a megújulás örök szimbólumaként, a múltban született alkotás ismét megmutatja hajdani alkotója szellemét. A szakma megköveteli a fegyelmet is, hiszen újat közvetve a restaurátor nem teremthet, követnie és közvetítenie kell a múltban megfogalmazott gondolatokat, törekedve a hitelességre, ahogy egykor egy tárgy megszületett.

Brúder Katalin egész munkássága alatt követte ezt a szellemiséget és rámutatott a hivatással járó felelőségekre is. Szenvedélyes felfedező volt, a különböző anyagú tárgyak vizsgálatán keresztül, igyekezett a legjobb módszert alkalmazni egy-egy műtárgy helyreállítása során.

Szinte gyerekként, közvetlenül az iskolapadból, 1960-ban került a Magyar Nemzeti Múzeum restaurátor osztályára. A Török Pál utcai művészeti szakközépiskolában ismerkedett meg először a kerámia anyagával, gyakorlati idejét a Herendi porcelán gyárban töltötte, és mint fazekas érettségizett. Nagy kihívás volt számára, amikor fiatal, kezdő restaurátorként azt a feladatot kapta, hogy állítson helyre ásatásból előkerült tárgyakat, hiszen abban az időben nem állt rendelkezésére szakirodalom a tárgyrestaurálás vonatkozásában. Jóformán mindenki magára volt utalva a munkában és főként tapasztalati úton sajátította el a szakma mesterfogásait.

Folyamatosan, kézműves mesterektől is tanulva ismerkedett meg a tárgyak anyagával és szinte autodidakta módon fejlesztette tudását e területen. Felismerte a szakma szerteágazó tudást igénylő sokrétűségét, ezért a folyamatos tanulás jellemezte. Tanulmányozta a múzeum raktáraiban a korábban begyűjtött és kezdetleges módon helyreállított tárgyakat. Tapasztalatait összegyűjtve, korszerűbb anyagokat kutatva és módszereket kidolgozva tette

le kortársaival és egykori kollégájával, Báthy Gézával együtt, a régészeti restaurálás alapjait a szakma hazai történetében.

Eközben az Eötvös Loránd Tudomány Egyetem Bölcsészkarán szerzett magyar és történelem tanári diplomát, ezzel is szélesítve látókörét. Később, amikor már beindult a Képzőművészeti Egyetem Tárgyrestaurátori szakán a képzés, tapasztalatait átadva ő maga is részt vett az oktatásban. Sok új módszert vezetett be a kerámia és fém tárgyak helyreállítása terén, amiket publikációkban tett közzé, bővítve a hazai szakirodalmat.

Egészen a nyugdíjba vonulásáig, 1976-tól a Restaurátor Főosztály, később a Műtárgyvédelmi és Restaurátor Főosztály, vezető helyettese volt. Számára azonban a munka ezzel még nem fejeződött be, továbbra is részt vett az oktatásban, tagja volt a Wartha Vince Képzőművészeti Alapítvány kuratóriumának, melynek többek között célkitűzései között szerepel a szakmai örökség gondozása, az oktató munka, valamint a szakmatörténeti kiadványok megjelentetése.

Aktívan vett részt anyagvizsgálatok eredményeinek értékelésében. Nevéhez fűződik az a technikai felfedezés is, ami a Magyar Nemzeti Múzeumban őrzött, korábban trypusként számontartott, quadripus újra restaurálása közben vált nyilvánvalóvá. A felfedezés ráirányította a régész kutatók figyelmét az 1878-ban bekerült tárgy eredetének újra vizsgálatára, mely által bizonyosságot nyert, hogy a híres Seuso-kincs egy részét képezte.

Szintén keze munkáját dicséri a tépei kora bizánci ezüsttál rekonstrukciója, vagy az eskütéri sisak, amelyek számos más tárgy mellett kiemelkedő alkotásai voltak. Több műemléki helyreállításban is közreműködött, kiállítások szervezésében vett részt. Mindig a hitelességre törekvő, kitartó, precíz és igényes munka jellemezte, magasra téve ezzel a mércét kollégái számára. Kiemelkedő munkássága többször is meghozta számára az elismerést. 1984 – ben Nívó díjban részesült, majd 1997 –ben a Ferenczy Noémi díjat nyerte el és megkapta a Régészeti Örökségért Schönvisner István emlékérmét is.

Halálával a szakma egy kiemelkedő egyéniségtől búcsúzik, kinek nevét elismerés és tisztelet övezi, pályafutása tanulságként és mintaként szolgál az őt követő restaurátor nemzedék számára.

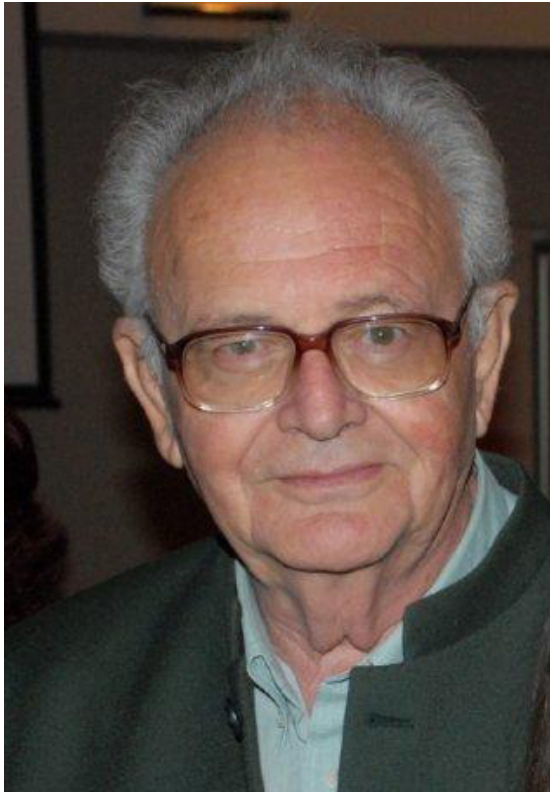
*Dombóvári Judit*

*Magyar Nemzeti Múzeum*



**Elhunyt Ivan Ordentlich**

(1934.11.18-2011.10.01)



Röviddel 77. születésnapja előtt választott hazájában, Izraelben elhunyt barátunk, kollégánk Ivan Ordentlich. 1934-ben Belényesen (Beiuş), Bihar megyében, született, kereskedő családban. Édesapja, Adolf Ordentlich 1948-ig Weisglas Lajos üzletében dolgozott, majd a "Cooperativa Victoria" nevű kereskedelmi vállalkozást vezette, szintén Belényesen. Édesanyja háztartásbeli. 1934 és 1941 között családjával Belényesen élt. Itt végezte első iskoláit, magánúton, mert a kor rasszista indíttatású rendelkezései alapján kizárták a normál általános iskolából. 1942-től 1944 augusztus 23-ig a család Gintán (Bihar megye) élt, ahová kitelepítették őket. Itt Ivan két további osztályt végzett el, magántanulónként. A család 1944-ben visszaköltözött Belényesre, ahol befejezte mind az általános iskolát, mind a középiskolát, összesen 11 osztályt. A korai tanulmányok részletes felsorolása talán banálisnak tűnik, de jellemző az adott időszakra. 1952-ben sikeres felvételi vizsgát tett a Iasi (Jászvásár) A.I. Cuza Egyetemre, ahol történelmet és régészetet tanult. 1956-ban államvizsgázott. Kiváló diákként egyetemi tanulmányai teljes időtartama alatt tanulmányi ösztöndíjban részesült.

Az őskorkutatást és azok módszereit Prof. Mircea Petrescu-Dimbovita-tól, a téma nemzetközileg is elismert szakértőjétől tanulta. Ordentlich diákként is részt vett több ásatáson – ma ezeket tanulmányi ásatásoknak neveznénk, pl. a moldovai Valea

Lupului, Truşeşti, Hangu, stb. lelőhelyeken. Bader Tiborral való ismeretsége ide köthető; Hangu lelőhelyen együtt dolgoztak diákként, és együtt vettek részt a Csalhó-hegységben és a Békási Vízározó környékén folytatott régészeti kirándulásokon. Nyitott, barátságos, fiatalember volt, akit útközben mindig a fényképezőgéppel láttunk.

Miután befejezte tanulmányait az A.I. Cuza egyetemen, 1956-tól a Körösvidéki Múzeumban dolgozott Nagyváradon, 1956-1960 között mint próbaidős muzeológus, 1961-ben mint régész-muzeológus, 1961-1965 között főmuzeológus és gyűjteményvezető, majd kivándorlása előtt, 1965 és 1975 között a múzeum történeti osztályát vezette.

1958-ban megnősült, felesége, Weis Edit, szintén a múzeum munkatársa volt. Két lányuk született, Rita (1960) és Barbara (1969).

A fiatal régészre muzeológusként és tudományos téren is komoly feladatok vártak, így állandó és időszaki kiállítások megrendezése, valamint a régészeti feltárások és eredményeiknek közzététele.

Irányításával először a régi múzeumépületben, R. Mottl grafikussal, majd az egykori püspöki palota barokk épületében a „Decorativa” nevű ismert bukaresti céggel modern állandó történeti kiállításokat rendezett. Négyszer is átszervezte a múzeum gyűjteményi szerkezetét, minden alkalommal új didaktikai koncepcióval (1958, 1960, 1962, 1968).

Doktoranduszként ismét az A.I. Cuza egyetemre nyert felvételt 1968-ban, ahol 1974-ben védte meg doktori disszertációját és megszerezte a „Történettudományok doktora” címet. Professzora, mentora az intézet tudományos igazgatója, Mircea Petrescu-Dimbovita volt. A doktori cím odaítéléséről a legismertebb akadémiai szakemberek, így Ion Nestor, Kurt Horedt és Dorin Popescu döntöttek, ami nagy büszkeséggel töltötte el. 1971-ben a bukaresti Nemzeti Történelmi Múzeum munkatársa lett. 1971 és 1975 között a Kulturális Minisztérium Kutatástechnikai és Ásatási Módszertani Osztályának megbízásából posztgraduális képzésként előadásokat tartott a régészeti feltárások gyakorlati problémáiról a régész-muzeológus kollégáknak szerte az országban. Néhány tanfolyamon Báder Tibor is részt vett Bukaresten, aki ma is jó emlékeiben őrzi például a halmok feltárásának modern módszereiről szóló előadást, a Lapus-i (Oláhlápos) ásatások alapján. Szoros kapcsolatokat ápolt kollégáival itthon és külföldön, különösen azokkal, akik bronzkorról foglalkoznak, mint Maria Gimbutas (Los Angeles), Stephen Foltiny (Princeton), Mozsolics Amália, Kovács Tibor, Kemenczei Tibor (Budapest). Tanulmányutakat tett Magyarországra, Csehszlovákiába és Jugoszláviába, hogy

megismerje az ottománi, a fűzesabonyi és más bronzkori kultúrák ottani emlékéanyagát.

1975 szeptember 12.-én költözött Izraelbe.

Ivan Ordentlich 1953 – 1975 között mintegy 20 régészeti ásatáson vett részt, illetve irányított (lásd a függelék), gyakran csapatmunkában, például Ottományban (1957-1962) Prof. K. Horedt és M. Rusu munkatársaként, Santana-Arad lelőhelyen (1963) M. Rusu-val és E. Dornierrel, Borosberenden (Berindia) lelőhelyen (1966-1967) P. Dumitrascu-val, Láposon (1968-1969) Kacsó Károllyal, Székelyhídon (Săcuieni) (1972-1973) Bader Tiborral dolgozott együtt. Az ottománi kultúra szalacsi (Sălacea) településén (1963-1969) évekig irányította a kutatásokat.

Leginkább az Ottománi kultúra kutatásával foglalkozott. Meghatározta a kultúra kiterjedését, határait Északnyugat Romániában, katalogizálta és feltérképezte a kultúra leleteit vizsgálta települési rendjét, háztípusait, időrendjét, bronzleleteit. Összefoglaló munkát és számos cikket tett közzé Szalacs lelőhelyről, Ottomány településről, és a csomafai (Ciumești) temetőről valamint Érmihályfalva (Valea lui Mihai) kerámia leleteiről. Vizsgálta a kultúra erődített településeit (Ottomány és Szalacs), ami sajnos nem került közlésre.

A múzeum történeti osztályának vezetőjeként közreműködött a Bihar megyei emlékek közzétételében, E. Chirila kolozsvári numizmatikussal együtt. Rendszeresen részt vett a Bukaresti Régészeti Intézet által szervezett tudományos találkozók és szimpóziumok, az éves ásatási beszámolókon és konferenciákon Románia számos jelentős városában (Iasi, Constanta, Craiova, Satu Mare, Zalau, és főként Nagyváradonon).

A prágai 1966-os Régészeti Világkongresszus (Union Internationale de Pré- et Protohistoire) kötetében megjelent az ottománi kultúra periodizációjáról szóló cikke. A konferencián nem tudott személyesen részt venni, mert a részvételi engedélyt nem kapta meg, ami nagyon fájdalmasan érintette.

Izraelbe költözvén korábbi témáinak kutatását abbahagyta, és ezekhez a továbbiakban nem tért vissza. Tudományos teljesítményét azonban Romániában is elismerték és méltatták. 2004-ben a "Tudományos Kutatás Érdemrendjével" tüntették ki. Izraelben az Eretz-Tel Aviv Múzeumban dolgozott, régészként. Részt vett a qumran-i ásatásokban, mintegy 25 barlangi feltárásban működött közre. 1976 és 1982 között részt vett az ún. Arabah expedíció munkájában, régészeti

kutatásokat végzett a Sinai félszigeten és közreműködött Timna őskori rézbánya feltárásában. Az ásatások eredményeit több cikkben és egy monográfiában tették közzé a Bochumi Bányászati Múzeum kiadásában. A timnai kutatócsoport tagjaként szorososan együttműködött a Bochumi Bányászati Múzeummal. B. Rothenberggel együtt, aki a timnai ásatások vezetője volt, összehasonlító kronológiai értékelést készítettek a térség (Sinai-félsziget, Palesztina és Egyiptom) leleteiről 1977 és 1980 között meghívott professzor volt a Tel Aviv-i Egyetem Régészeti Tanszékén, majd 1982-1996 igazgatója és vezető kurátora a Antiquities Museum of Tel Aviv-Yafó-nak. 1996-ban vonult vissza. Nyugdíjasként, 1997-től tagja volt az arlingtoni (Texas, USA) Vendyl Jones Kutató Intézet Senior Research Group-jának. Noha Izraelben már nem foglalkozott az ottománi kultúrával, tovább tartotta kapcsolatait régi barátaival, időről-időre hazlátogatva és elősegítette az Izraellel való együttműködésüket. Bader Tibor is tartotta vele a kapcsolatot, utoljára 2010 novemberében találkozott vele Jeruzsálemben, ahol erdélyi bronztárgyak (elsősorban lándzsahegyek) fémvizsgálati elemzését tervezték a Weizmann Tudományos Intézettel közösen.

Ivan kezdeményezésére az első vizsgálatokat, egy ún. "pilot projekt" keretében a Magyar Nemzeti Múzeum néhány magyar és erdélyi lelőhelyű réz- és bronzkori még 2001-ben megindították, a University of Oxford Department of Materials közreműködésével. Ezeknek első közlésére és bemutatására 2011-2012-ben került sor, az Archeometriai Műhely hasábjain és vitaulésán (Shalev et al. 2011, 2012). További és szélesebb körű program előkészítését megakadályozta Ivan Ordentlich halála.

Kitűnő nyelvérzéke volt: otthon magyarul beszéltek, az iskolában gyermekként románul tanult. Folyékonyan beszélt németül, Izraelben pedig angol és héber nyelven kommunikált. Becsületes ember, segítőkész kolléga volt, akit szerettek és nagyra becsültek eredeti és választott hazájában, valamint külföldön is.

Tudományos munkásságát, válogatott irodalomjegyzékét Bader Tibor összeállításában a függelékben tesszük közzé.

A búcsú mindig szomorú. Nem fogunk elfelejteni, Iván. Álljon itt Neked a szép latin idézet:

SIT TIBI TERRA LEVIS

Bader Tibor  
T. Biró Katalin

**Az Archeometriai Műhely 2012 IX. évfolyam 1-4 számainak lektorai voltak:**

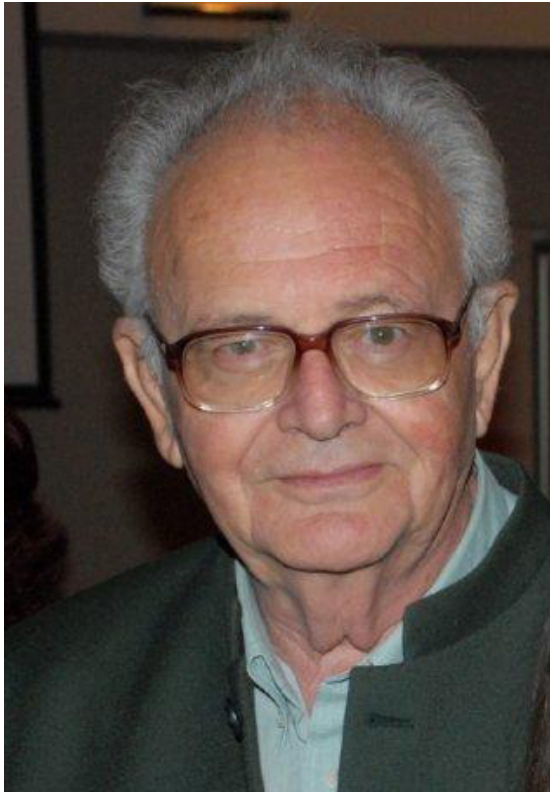
\*

anon.	Mester Zsolt, ELTE Régészeti Tanszék
Babinszki Edit, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	Mihály Judit, MTA Kémiai Kutató Intézet
Berzsényi Brigitta, archaeobotanikus	Morgós András, restaurátor
Biczó Piroska, Magyar Nemzeti Múzeum	Novotny Ágnes, ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék
Bozsó Edit, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	Patay-Horváth András, ELTE Ókortörténeti Tszk.
Dúzs Krisztina, Magyar Nemzeti Múzeum	Raucsik Béla, Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék
Győry Hedvig, Szépművészeti Múzeum	Sipos Enikő, Magyar Nemzeti Múzeum
Horváth Tünde, MTA Régészeti Intézete	Svingor Éva, MTA ATOMKI, Debrecen
Holl Balázs, Magyar Nemzeti Múzeum	Szabó Géza, Wosinsky Mór Múzeum, Szekszárd
Ilon Gábor, MNM-NÖK Szombathelyi Regionális Iroda	Szakmány György, ELTE TTK Kőzetan-Geokémiai Tanszék
Járó Márta, Magyar Nemzeti Múzeum	Szeverényi Vajk, MTA Régészeti Intézete
Kasztovszky Zsolt, MTA Energiatudományi Kutatóközpont	Szilágyi Vera, MTA Energiatudományi Kutatóközpont
Kelemen Éva, Debreceni Egyetem Ásvány és Földtani Tanszék	T. Dobosi Viola, Magyar Nemzeti Múzeum
Kiss Viktória, MTA Régészeti Intézete	Tabarev, Andrei V. Institute of Archaeology & Ethnography, Novosibirsk
Költő László, SMMI	Török Béla, Miskolci Egyetem
László Attila, prof. emeritus, Alexandru Ioan Cuza Tudományegyetem, Iași	Vaday Andrea, MTA Régészeti Intézete
Márton Péter, ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék,	Vásárhelyi Tamás, Magyar Természettudományi Múzeum
Medzihradzky Zsófia, Magyar Természettudományi Múzeum	Uzonyi Imre, MTA ATOMKI
	Zöldföldi Judit, Tübingen / Stuttgart



**Elhunyt Ivan Ordentlich**

(1934.11.18-2011.10.01)



Röviddel 77. születésnapja előtt választott hazájában, Izraelben elhunyt barátunk, kollégánk Ivan Ordentlich. 1934-ben Belényesen (Beiuş), Bihar megyében, született, kereskedő családban. Édesapja, Adolf Ordentlich 1948-ig Weisglas Lajos üzletében dolgozott, majd a "Cooperativa Victoria" nevű kereskedelmi vállalkozást vezette, szintén Belényesen. Édesanyja háztartásbeli. 1934 és 1941 között családjával Belényesen élt. Itt végezte első iskoláit, magánúton, mert a kor rasszista indíttatású rendelkezései alapján kizárták a normál általános iskolából. 1942-től 1944 augusztus 23-ig a család Gintán (Bihar megye) élt, ahová kitelepítették őket. Itt Ivan két további osztályt végzett el, magántanulónként. A család 1944-ben visszaköltözött Belényesre, ahol befejezte mind az általános iskolát, mind a középiskolát, összesen 11 osztályt. A korai tanulmányok részletes felsorolása talán banálisnak tűnik, de jellemző az adott időszakra. 1952-ben sikeres felvételi vizsgát tett a Iasi (Jászvásár) A.I. Cuza Egyetemre, ahol történelmet és régészetet tanult. 1956-ban államvizsgázott. Kiváló diákként egyetemi tanulmányai teljes időtartama alatt tanulmányi ösztöndíjban részesült.

Az őskorkutatást és azok módszereit Prof. Mircea Petrescu-Dimbovita-tól, a téma nemzetközileg is elismert szakértőjétől tanulta. Ordentlich diákként is részt vett több ásatáson – ma ezeket tanulmányi ásatásoknak neveznénk, pl. a moldovai Valea

Lupului, Truşeşti, Hangu, stb. lelőhelyeken. Bader Tiborral való ismeretsége ide köthető; Hangu lelőhelyen együtt dolgoztak diákként, és együtt vettek részt a Csalhó-hegységben és a Békási Vízározó környékén folytatott régészeti kirándulásokon. Nyitott, barátságos, fiatalember volt, akit útközben mindig a fényképezőgéppel láttunk.

Miután befejezte tanulmányait az A.I. Cuza egyetemen, 1956-tól a Körösvidéki Múzeumban dolgozott Nagyváradon, 1956-1960 között mint próbaidős muzeológus, 1961-ben mint régész-muzeológus, 1961-1965 között főmuzeológus és gyűjteményvezető, majd kivándorlása előtt, 1965 és 1975 között a múzeum történeti osztályát vezette.

1958-ban megnősült, felesége, Weis Edit, szintén a múzeum munkatársa volt. Két lányuk született, Rita (1960) és Barbara (1969).

A fiatal régészre muzeológusként és tudományos téren is komoly feladatok vártak, így állandó és időszaki kiállítások megrendezése, valamint a régészeti feltárások és eredményeiknek közzététele.

Irányításával először a régi múzeumépületben, R. Mottl grafikussal, majd az egykori püspöki palota barokk épületében a „Decorativa” nevű ismert bukaresti céggel modern állandó történeti kiállításokat rendezett. Négyszer is átszervezte a múzeum gyűjteményi szerkezetét, minden alkalommal új didaktikai koncepcióval (1958, 1960, 1962, 1968).

Doktoranduszként ismét az A.I. Cuza egyetemre nyert felvételt 1968-ban, ahol 1974-ben védte meg doktori disszertációját és megszerezte a „Történettudományok doktora” címet. Professzora, mentora az intézet tudományos igazgatója, Mircea Petrescu-Dimbovita volt. A doktori cím odaítéléséről a legismertebb akadémiai szakemberek, így Ion Nestor, Kurt Horedt és Dorin Popescu döntöttek, ami nagy büszkeséggel töltötte el. 1971-ben a bukaresti Nemzeti Történelmi Múzeum munkatársa lett. 1971 és 1975 között a Kulturális Minisztérium Kutatástechnikai és Ásatási Módszertani Osztályának megbízásából posztgraduális képzésként előadásokat tartott a régészeti feltárások gyakorlati problémáiról a régész-muzeológus kollégáknak szerte az országban. Néhány tanfolyamon Báder Tibor is részt vett Bukaresten, aki ma is jó emlékeiben őrzi például a halmok feltárásának modern módszereiről szóló előadást, a Lapus-i (Oláhlápos) ásatások alapján. Szoros kapcsolatokat ápolt kollégáival itthon és külföldön, különösen azokkal, akik bronzkorról foglalkoznak, mint Maria Gimbutas (Los Angeles), Stephen Foltiny (Princeton), Mozsolics Amália, Kovács Tibor, Kemenczei Tibor (Budapest). Tanulmányutakat tett Magyarországra, Csehszlovákiába és Jugoszláviába, hogy

megismerje az ottománi, a fűzesabonyi és más bronzkori kultúrák ottani emlékéanyagát.

1975 szeptember 12.-én költözött Izraelbe.

Ivan Ordentlich 1953 – 1975 között mintegy 20 régészeti ásatáson vett részt, illetve irányított (lásd a függelék), gyakran csapatmunkában, például Ottományban (1957-1962) Prof. K. Horedt és M. Rusu munkatársaként, Santana-Arad lelőhelyen (1963) M. Rusu-val és E. Dornierrel, Borosberenden (Berindia) lelőhelyen (1966-1967) P. Dumitrascu-val, Láposon (1968-1969) Kacsó Károllyal, Székelyhídon (Săcuieni) (1972-1973) Bader Tiborral dolgozott együtt. Az ottománi kultúra szalacsi (Sălacea) településén (1963-1969) évekig irányította a kutatásokat.

Leginkább az Ottománi kultúra kutatásával foglalkozott. Meghatározta a kultúra kiterjedését, határait Északnyugat Romániában, katalogizálta és feltérképezte a kultúra leleteit vizsgálta települési rendjét, háztípusait, időrendjét, bronzleleteit. Összefoglaló munkát és számos cikket tett közzé Szalacs lelőhelyről, Ottomány településről, és a csomafai (Ciumești) temetőről valamint Érmihályfalva (Valea lui Mihai) kerámia leleteiről. Vizsgálta a kultúra erődített településeit (Ottomány és Szalacs), ami sajnos nem került közlésre.

A múzeum történeti osztályának vezetőjeként közreműködött a Bihar megyei emlékek közzétételében, E. Chirila kolozsvári numizmatikussal együtt. Rendszeresen részt vett a Bukaresti Régészeti Intézet által szervezett tudományos találkozók és szimpóziumok, az éves ásatási beszámolókon és konferenciákon Románia számos jelentős városában (Iasi, Constanta, Craiova, Satu Mare, Zalau, és főként Nagyváradonon).

A prágai 1966-os Régészeti Világkongresszus (Union Internationale de Pré- et Protohistoire) kötetében megjelent az ottománi kultúra periodizációjáról szóló cikke. A konferencián nem tudott személyesen részt venni, mert a részvételi engedélyt nem kapta meg, ami nagyon fájdalmasan érintette.

Izraelbe költözvén korábbi témáinak kutatását abbahagyta, és ezekhez a továbbiakban nem tért vissza. Tudományos teljesítményét azonban Romániában is elismerték és méltatták. 2004-ben a "Tudományos Kutatás Érdemrendjével" tüntették ki. Izraelben az Eretz-Tel Aviv Múzeumban dolgozott, régészként. Részt vett a qumran-i ásatásokban, mintegy 25 barlangi feltárásban működött közre. 1976 és 1982 között részt vett az ún. Arabah expedíció munkájában, régészeti

kutatásokat végzett a Sinai félszigeten és közreműködött Timna őskori rézbánya feltárásában. Az ásatások eredményeit több cikkben és egy monográfiában tették közzé a Bochumi Bányászati Múzeum kiadásában. A timnai kutatócsoport tagjaként szorosan együttműködött a Bochumi Bányászati Múzeummal. B. Rothenberggel együtt, aki a timnai ásatások vezetője volt, összehasonlító kronológiai értékelést készítettek a térség (Sinai-félsziget, Palesztina és Egyiptom) leleteiről 1977 és 1980 között meghívott professzor volt a Tel Aviv-i Egyetem Régészeti Tanszékén, majd 1982-1996 igazgatója és vezető kurátora a Antiquities Museum of Tel Aviv-Yafó-nak. 1996-ban vonult vissza. Nyugdíjasként, 1997-től tagja volt az arlingtoni (Texas, USA) Vendyl Jones Kutató Intézet Senior Research Group-jának. Noha Izraelben már nem foglalkozott az ottománi kultúrával, tovább tartotta kapcsolatait régi barátaival, időről-időre hazlátogatva és elősegítette az Izraellel való együttműködésüket. Bader Tibor is tartotta vele a kapcsolatot, utoljára 2010 novemberében találkozott vele Jeruzsálemben, ahol erdélyi bronztárgyak (elsősorban lándzsahegyek) fémvizsgálati elemzését tervezték a Weizmann Tudományos Intézettel közösen.

Ivan kezdeményezésére az első vizsgálatokat, egy ún. "pilot projekt" keretében a Magyar Nemzeti Múzeum néhány magyar és erdélyi lelőhelyű réz- és bronzkori még 2001-ben megindították, a University of Oxford Department of Materials közreműködésével. Ezeknek első közlésére és bemutatására 2011-2012-ben került sor, az Archeometriai Műhely hasábjain és vitaulésén (Shalev et al. 2011, 2012). További és szélesebb körű program előkészítését megakadályozta Ivan Ordentlich halála.

Kitűnő nyelvérzéke volt: otthon magyarul beszéltek, az iskolában gyermekként románul tanult. Folyékonyan beszélt németül, Izraelben pedig angol és héber nyelven kommunikált. Becsületese ember, segítőkész kolléga volt, akit szerettek és nagyra becsültek eredeti és választott hazájában, valamint külföldön is.

Tudományos munkásságát, válogatott irodalomjegyzékét Bader Tibor összeállításában a függelékben tesszük közzé.

A búcsú mindig szomorú. Nem fogunk elfelejteni, Iván. Álljon itt Neked a szép latin idézet:

SIT TIBI TERRA LEVIS

Bader Tibor  
T. Biró Katalin

## Ordentlich-nekrológ appendix

Ivan Ordentlich tudományos munkássága

*Ásatásvezető, illetve ásatás résztvevője romániai ásatásokon*

Moldova: Trușești (neolit telep, 1953, 1954); Valea Lupului-Iași (neolit telep, Cucuteni kultúra, eneolitikus halomsírok, 1955, 1956); Hangu (neolit telep, Cucuteni kultúra, 1957); Dănești (7-10 sz. település, 1957); Bihar megye: Otomani (Ottomány) (erődített település, bronzkor, ottományi kultúra, 1957-1962); Oradea-Salca (Nagyvárad) (neolit telep, középkori falu és temető, 1958-1961); Salonta (Szalonta) (bronzkori település, 1959); Girișul de Criș (bronzkori település, 1961); Sălacea (Szalacska) (erődített település, halomsír, bronzkor, 1963-1969); Săcuieni (neolit temető és telep, Criș kultúra, 1964; bronzkori település, 1971-1973); Roșiori (kora-Hallstatt kori telep, 1968, 1971); Răbăgani (neolit telep, 1971); Tășad (dák település, 1971); Diosig (bronzkori temető); Arad megye: Sântana (erődített település, kora-Hallstatt kor, 1963); Șimand (szarmata temető, 1963); Olari (eneolitikus temető, bronzkori település, Ottományi kultúra, 1964, 1966); Berindia (dák telep, 1966, 1967); Bezirk Maramureș: Lăpuș (halomsíros temető, bronzkor és kora-Hallstatt kor, 1961, 1968, 1969); Szerbia: Kikinda (bronzkori temető, 1969).

## Bibliográfia

\* A bibliográfiai adatok összeállításában segítségemre voltak Iván leányai, Rita és Barbara, valamint László Attila professzor a jászvásári egyetemről (A. I. Cuza egyetem, Iași), aki az egyetemi archívumból talált fontos dokumentumokat.

## Romániában kiadott munkák

Săpăturile de la Otomani/Раскопки в Отомани/Les fouilles d'Otomani, *Mat. Cerc. Arh.* 8, 1962, 317- 324 (K. Horedt, M. Rusu)

Поселения в Отомани в свете последних раскопок/Poselenija v Otomani v svete poslednih raskopoj, *Dacia* 7, 1963, 115-138

Depozitul de bronzuri de la Sălard (raionul Oradea, reg. Crișana)/Клад бронзовых предметов в Сэларде (р-н Орадя обл. Кришана)/Le dépôt d'objets en bronze de Sălard, *Arh. Mold.* 2-3, 1964, 475-485

Organizarea expoziției de bază - epoca feudală - la Muzeul Regional Crișana, *Rev. Muzeelor* 4, 1964, 81-85 (N. Chidioșan)

Un depozit de vase de tip Otomani de la Valea lui Mihai/Ein Verwahrfund von Gefäßen vom Typ Otomani aus Valea lui Mihai, Region Crișana, *Stud. Com. Arheologie-Istorie* 12, Sibiu 1965, 181-197

Descoperiri monetare antice în Transilvania/Antike Münzfunde in Transylvania. *Acta Mus. Nap.2*, 1965a, 645-647 (E. Chirilă, V. Lucăcel, Z. Milea)

Sistemul de fortificație în stațiunea eponimă Otomani, *Rev. Muzeelor* număr special, 1965b, 420

Săpăturile de la Sălacea, *Familia*, Oradea, Nr. 2 1965

Sistemul de fortificare a așezării de la Sălacea, *Revista Muzeelor* 2, 1966, 550-552

Medalioane figurale din bronz din colecția muzeului orădean, *Familia*, Oradea Nr. 3, 1966 (N. Chidioșan)

Două statuete cu „cap mobil“ descoperite la Sălacea/Deux statuettes à tête mobile” découvertes à Sălacea, *Stud. Cerc. Ist. Veche* 18, 1967, 147-154

Tezaurul de monede dace de la Feniș, Oradea 1967a, 59 S. Mit Abb. (E. Chirilă, N. Chidioșan)

Sinteze istorice crișene, *Familia*, Oradea Nr. 5, 1967 (N. Chidioșan)

Anordnung und Bau der Wohnungen im Rahmen der Otomanikultur in Rumänien, *Dacia* 12, 1968, 141-153

Depozitul de bronzuri de la Otomani/Der Bronzedepotfund aus Otomani, *Acta Mus. Nap.* 5, 1968a, 397-404

Probleme der Befestigungsanlagen in den Siedlungen der Otomanikultur in deren rumänischen Verbreitungsgebiet, *Dacia* 13, 1969, 457-474

Contribuții la cunoașterea ritului de înmormântare practicat în necropola tumulară de la Lăpuș (județul Maramureș)/ Contribution à la connaissance du rite d'enterrement practiqué dans la nécropole tumulaire de Lăpuș, *Marmația* 1, 1969, 11-15 (C. Kacsó)

Descoperiri monetare antice în Transilvania (VII)/Antike Münzfunde in Siebenbürgen. *Acta Mus. Nap.* 7, 1970, 507-509 (E. Chirilă, V. Lucăcel, I. Némethi)

Die chronologische Gliederung der Otomanikultur auf dem rumänischen Gebiet und ihre wichtigsten Merkmale, *Dacia* 14, 1970a, 83-97

Cimitirul din epoca bronzului de la Ciumești/La nécropole de l'âge du bronze de Ciumești, *Stud. Cerc. Ist. Veche* 21, 1970b, 49-63 (C. Kacsó)

Die innere Periodeneinteilung der Otomanikultur in Rumänien, In: Actes du VII<sup>e</sup> Congrès International des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques Prague, 21-27 août 1966 (Réd. J. Filip) 1, Prague 1970c, 619-622 Taf. 21

Aria de răspândire a culturii Otomani pe teritoriul României/Die Verbreitung der Otomanikultur in Rumänien, *Marmația* 2, 1971, 19-35+Karte

Muzeul Țării Crișurilor, *Rev. Muzeelor* 3, 1971, 202-206

Contribuția săpăturilor arheologice de pe „Dealul Vida“ (comuna Sălacea, județul Bihor) la cunoașterea culturii Otomani (1)/Die Beiträge der archäologischen Ausgrabungen am Dealul Vida (Gemeinde Sălacea, Kreis Bihor) zur Kenntnis der Otomani-Kultur, *Satu Mare Stud. Com.* 2, 1972, 63-84+Abb. und Taf.



Der Münzhort von Șilindia, Oradea 1972a (E. Chirilă, N. Chidioșan, N. Kiss)

Tezaurul de monede dacice de la Șilindia, jud. Arad, Oradea 1972 (E. Chirilă, N. Chidioșan, N. Kiss)

Ghidul Expoziției Secției de Istorie a Muzeului Țării Crișurilor (partea comuna primitivă), Oradea 1972 (N. Chidioșan, V. Faur, I. Marinescu), 1-20

Săpăturile arheologice de la Cetatea Taurului (Săcuieni), *Crișana*, Oradea, 8. iunie, 1972

Un secol de activitate expozițională a secției de istorie a muzeului orădean. In: *Centenar muzeal orădean*, Oradea 1973, 65-67

Săpăturile arheologice de la Berindia/Die archäologischen Ausgrabungen von Berindia, *Crisia* 3, 1973, 47-95 (S. Dumitrașcu)

Un tezaur dacic de argint descoperit la Oradea. *Crisia* 3, 1973, 97-107 (N. Chidioșan)

Cercetările arheologice de la Otomani și Sălacea și locul lor în contextul culturii Otomani  
Teza de doctorat – Rezumat – Universitatea “Al. I. Cuza” Iași Facultatea de Istorie Filozofie,  
Conducător științific: Prof. Dr. Doc. M. Petrescu-Dîmbovița, 1973, 19 S.

Cercetările arheologice de la Otomani și Sălacea și locul lor în contextul culturii Otomani  
Teza de doctorat – Rezumat – Universitatea “Al. I. Cuza” Iași Facultatea de Istorie Filozofie,  
Conducător științific: Prof. Dr. Doc. M. Petrescu-Dîmbovița, 1973, Partea I-a Text,  
290+38+14 S. Partea II-a Figuri+Planșe (Mss.). Zugänglich: Universitatea “Al. I. Cuza” Iași  
Facultatea de Istorie Filozofie; Bibliothek T. Bader, Hemmingen, Deutschland.

Aspecte privind cultura Otomani/Aspects concerning the culture Otomani, *Crisia* 1974, 136-151

Un templu-megaron din epoca bronzului de la Sălacea/Ein in Sălacea entdeckter Megaron-Tempel der Bronzezeit, *Crisia* 5, 1975, 15-26 (N. Chidioșan)

Cărucioare miniatură din lut aparținând culturii Otomani (epoca bronzului) de pe teritoriul României/Summary, *Crisia* 5, 1975, 27-44 (N. Chidioșan)

Fortificația de pământ la Sântana-Arad în contextul arheologic contemporan/Die Erdfestung von Sântana-Arad im zeitgenössischen archäologischen Kontext, *Ziridava* 19-29, 1996, 15-26+ 17 Tafel (M. Rusu, E. Dörner)

Die Erdburg von Sântana-Arad in dem zeitgleichen archäologischen Kontext, In: *Transsilvanica* Archäologische Untersuchungen zur älteren Geschichte des südöstlichen Europa Gedenkschrift für Kurt Horedt (Hrsg. N. Boroffka/T. Soroceanu), Internationale Archäologie Studia Honoraria 7, Rahden/Westf., 1999, 143-165 (M. Rusu, E. Dörner)

Izraelben kiadott munkák

A comparative chronology of Sinai, Egypt and Palestine, *Bull. Inst. Arch.* London Nr. 16, 1979, 233-237 (B. Rothenberg)

Timna -Tal. Untersuchungen zur Bergbautechnik und ihre Interpretation. In: *Der Anschnitt* 1, 1980, 69-94 (H. G. Conrad/L. Foer/A. Hauptmann/W. Lieder/G. Weisberger)

Timna -Tal. Beschreibung der untersuchten Grubenbaue. In: *Der Anschnitt* 1, 1980, 95-167 (dies.)

Timna -Tal. Die Funde aus den freigelegten Bergbaureligten. In: *Der Anschnitt* 1, 1980, 169-180 (B. Rothenberg)

The early pottery of the Arabah. In: B. Rothenberg/H. G. Bachmann (Hrsg.), *Archeological survey of the western Arabah*. Institut Archeo-Metalurgical Studies, London 1990 (J. Glass)

Archeological Sites in Tel Aviv-Jaffa and its vicinity, Eretz Israel Museum, Tel-Aviv (Even Or /Ivan Ordentlich, Etan Ayalon, Zvi Shacham, Shimshon Feder, Sarel Shalev)

Investigation of Copper and Early Copper Alloy axes from the Carpathian Basin (S. Shalev/T. Kovács/K. Biró/F. Gogâltan), in Vorbereitung

#### *Életrajz*

J. Filip (Hrsg.), *Enzyklopädisches Handbuch zur Ur- und Frühgeschichte Europas* 2, Prag 1969, 972

#### *Gyászjelentés*

Sever Dumitrașcu/Ioan Crișan, In memoriam Ivan Ordentlich. *Crisia* 41, 2011, 301-302

#### Rövidítések

Arh. Mold. = Arheologia Moldovei, Iași

Bull. Inst. Arch. London = Bulletin of the Institute of Archeology, London

Crișana = Crișana, Oradea

Crisia = Crisia, Oradea

Dacia = Dacia, București

Der Anschnitt 1, 1980 = DER ANSCHNITT. Beiheft 1 Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Nr. 20. Antikes Kupfer im Timna-Tal 4000 Jahre Bergbau und Verhüttung in der Arabah (Israel) Bearbeiter: Hans Günter Conrad, Beno Rothenberg, Schriftleitung: Werner Kroker, Bohum 1980

Familia = Familia, Oradea

Marmația = Marmația, Baia Mare

Mat. Cerc. Arh. = Materiale și Cercetări Arheologice, București

Rev. Muzeelor = Revista Muzeelor, București

Satu Mare Stud. Com. = Satu Mare Studii și Comunicări, Satu Mare

Stud. Cerc. Ist. Veche = Studii și Cercetări de Istorie Veche, București

Ziridava = Ziridava, Arad

**Az Archeometriai Műhely 2012 IX. évfolyam 1-4 számainak lektorai voltak:**

\*

anon.	Mester Zsolt, ELTE Régészeti Tanszék
Babinszki Edit, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	Mihály Judit, MTA Kémiai Kutató Intézet
Berzsényi Brigitta, archaeobotanikus	Morgós András, restaurátor
Biczó Piroska, Magyar Nemzeti Múzeum	Novotny Ágnes, ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék
Bozsó Edit, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	Patay-Horváth András, ELTE Ókortörténeti Tszk.
Dúzs Krisztina, Magyar Nemzeti Múzeum	Raucsik Béla, Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék
Győry Hedvig, Szépművészeti Múzeum	Sipos Enikő, Magyar Nemzeti Múzeum
Horváth Tünde, MTA Régészeti Intézete	Svingor Éva, MTA ATOMKI, Debrecen
Holl Balázs, Magyar Nemzeti Múzeum	Szabó Géza, Wosinsky Mór Múzeum, Szekszárd
Ilon Gábor, MNM-NÖK Szombathelyi Regionális Iroda	Szakmány György, ELTE TTK Kőzetan-Geokémiai Tanszék
Járó Márta, Magyar Nemzeti Múzeum	Szeverényi Vajk, MTA Régészeti Intézete
Kasztovszky Zsolt, MTA Energiatudományi Kutatóközpont	Szilágyi Vera, MTA Energiatudományi Kutatóközpont
Kelemen Éva, Debreceni Egyetem Ásvány és Földtani Tanszék	T. Dobosi Viola, Magyar Nemzeti Múzeum
Kiss Viktória, MTA Régészeti Intézete	Tabarev, Andrei V. Institute of Archaeology & Ethnography, Novosibirsk
Költő László, SMMI	Török Béla, Miskolci Egyetem
László Attila, prof. emeritus, Alexandru Ioan Cuza Tudományegyetem, Iași	Vaday Andrea, MTA Régészeti Intézete
Márton Péter, ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék,	Vásárhelyi Tamás, Magyar Természettudományi Múzeum
Medzihradzky Zsófia, Magyar Természettudományi Múzeum	Uzonyi Imre, MTA ATOMKI
	Zöldföldi Judit, Tübingen / Stuttgart