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[1*], T. DOBOSI VIOLA[2], T. BIRÓ KATALIN[2], SZILÁGYI VERONIKA[1], MARÓTI BOGLÁRKA[1]

[1] MTA Energiatudományi Kutatóközpont, 1121 Budapest, Konkoly Thege út 29-33.

[2] Magyar Nemzeti Múzeum, 1088 Budapest, Múzeum krt. 14-16.

[*] E-mail: 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 kőeszköz-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 kollekció 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 járuljunk 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 kőeszköz-nyersanyag adatbázisát. Korábban a PGAA módszert sikerrel alkalmaztuk kárpát-medencei obszidián régészeti leletek eredet-meghatározásában (Kasztovszky & T. Biró 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 $cm^{-2}s^{-1}$ termikus ekvivalens intenzitású hidegneutron-nyalábjánál telepített PGAA mérőrendszerrel végeztük. A PGAA a neutronok atommagokba történő befogódását követő prompt-gamma sugárzás detektálásán alapszik.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



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

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

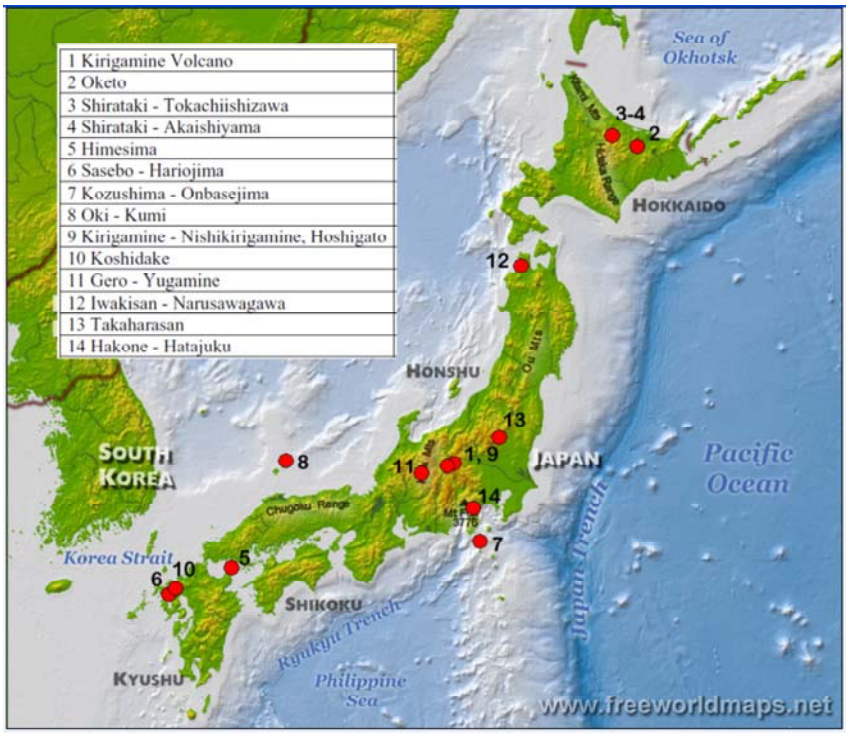
A kibocsátott gammasugárzás energiája jellemző a kibocsátó atommagra (kémiai elemre), intenzitása pedig az adott kémiai elem mennyiségére, a koncentrációjára a mintában. Mivel a neutronok több cm mélyen behatolnak a mintába, a vizsgálat a „bevilágított" térfogatról átlagos összetételi adatot szolgáltat. 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^2 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 hatásfok 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 analizátorral gyűjtött prompt-gamma spektrumokat saját fejlesztésű HYPERMET PC programmal értékeltük (Révay et al. 2005), a koncentrációkat a PGAA-könyvtár, valamint hatásfokmérések adatainak felhasználásával, a PROSPERO makró segítségével számítottuk (Révay 2009).

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



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 SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, CaO, Na_2O, K_2O, H_2O 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 kimutatási 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. táblázatban 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 estetek többségében (Amagi Kashiwatoge, Gero Yugamine, Iwakisan, Koshidake, Kozushina 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 diagrammon ábrázoltuk az általunk vizsgált japán és a kárpáti-mediterrán mintákat (**5. ábra**), továbbá elkészítettük a PGAA-val mért koncentráció adatokból a főkomponens analízis (PCA) diagrammját (**6. ábra**).

Az **5. ábra** szerint a japán obszidiánok tipikusan alacsony vagy közepes bór- és klórtartalmúak. Többségük a kárpáti és mediterrán (Szardínia, Mélosz) 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).

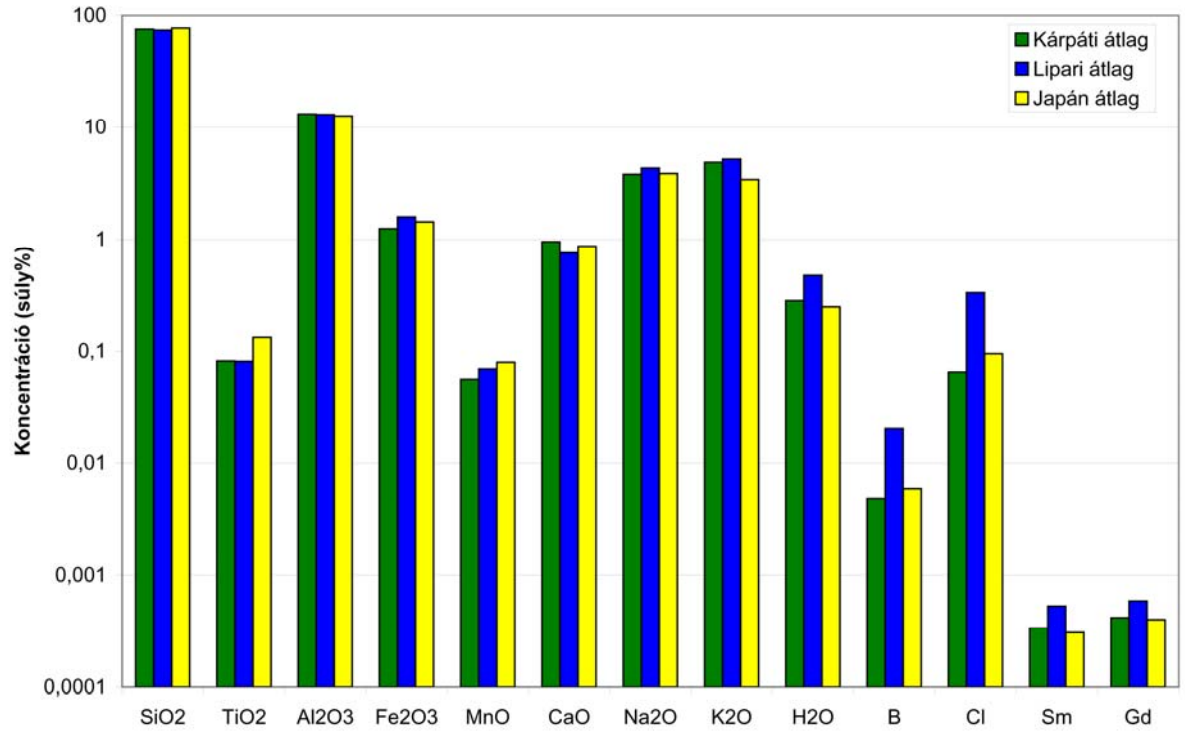
HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)

		SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	CaO	Na2O	K2O	H2O	Cl	B	Sc	Nd	Sm	Gd
	KIMUTATÁSI HATÁR	*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
KÁRPÁTI	*MAXIMUM*	*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*
	MINIMUM	*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*
	ÁTLAG	*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*
LIPARI	*MAXIMUM*	*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*
	MINIMUM	*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*
	ÁTLAG	*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*
JAPÁN	*MAXIMUM*	*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*
	MINIMUM	*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*
	ÁTLAG	*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*

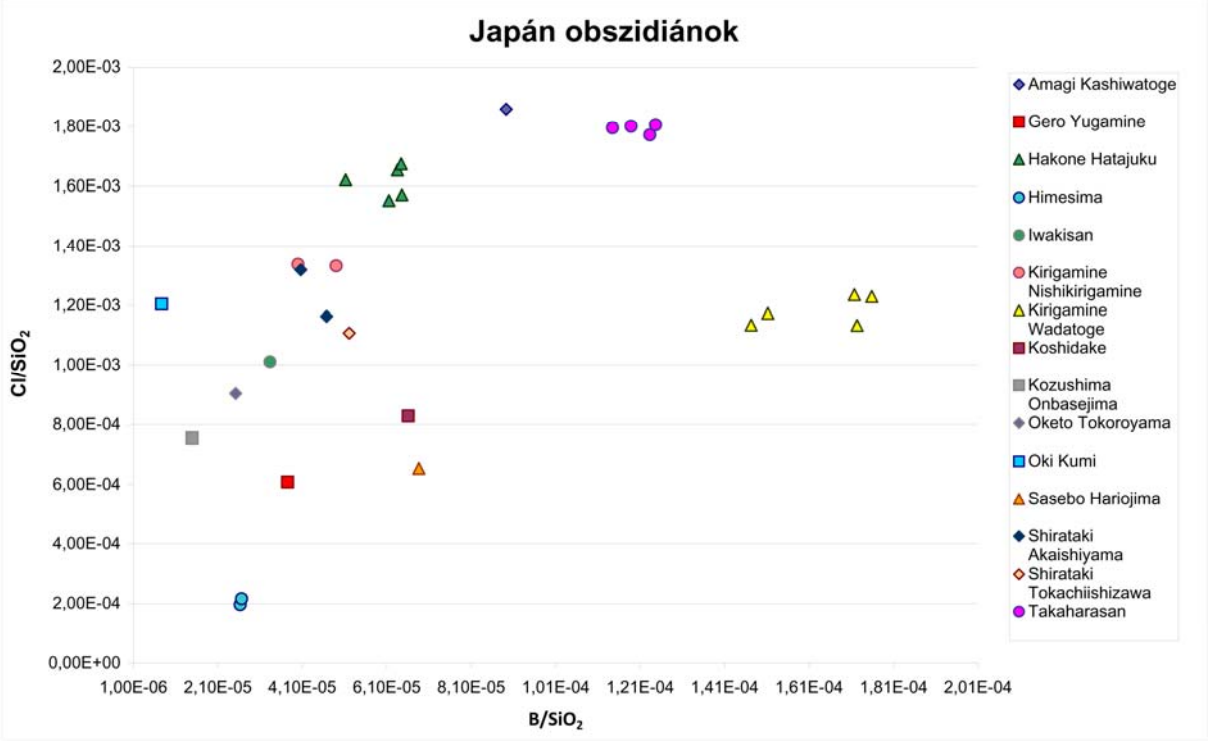
1. táblázat: A vizsgált japán obszidiánok és a kárpáti-, valamint „Lipari” obszidiánok átlagos összetétele a PGAA kimutatási határaival. Az adatok tömeg%-ban értendők.

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 ábrázoltuk és tömeg%-ban értendők

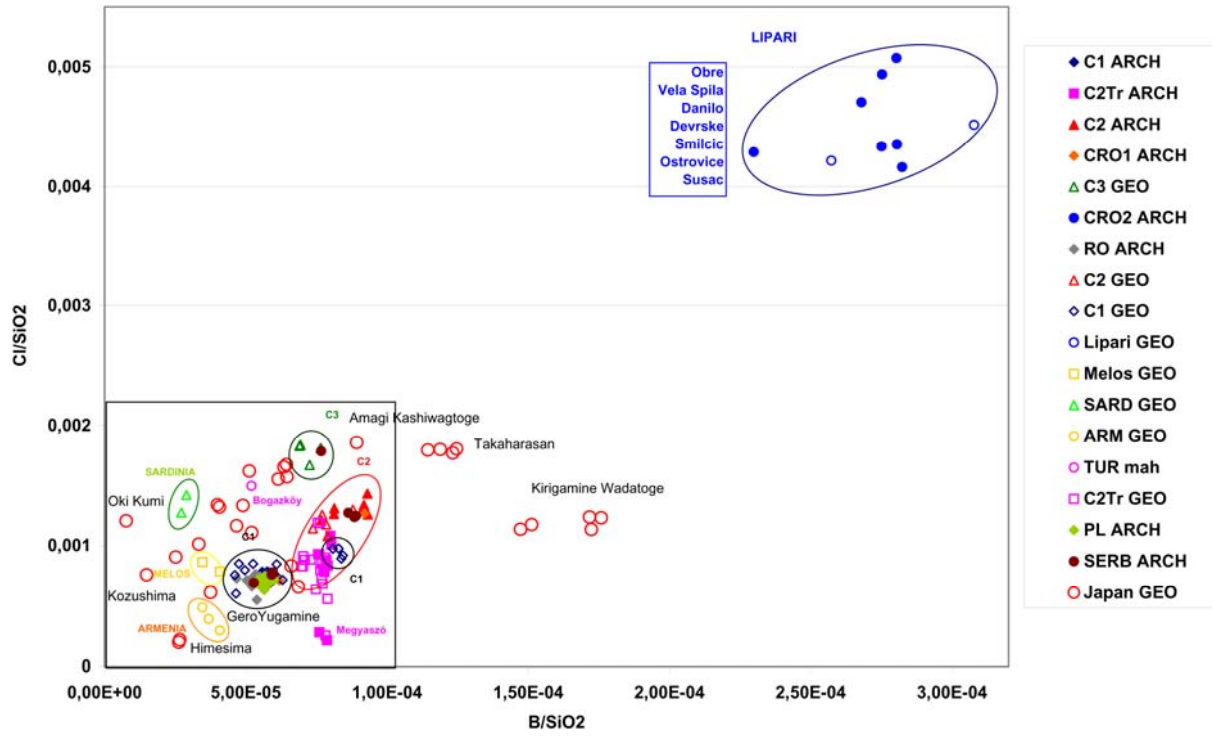
Fig. 3.: Average compositions of the investigated Carpathian, Lipari-type and Japanese obsidians. Concentration values are in weight% and plotted on logarithmic scale.



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

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

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



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.

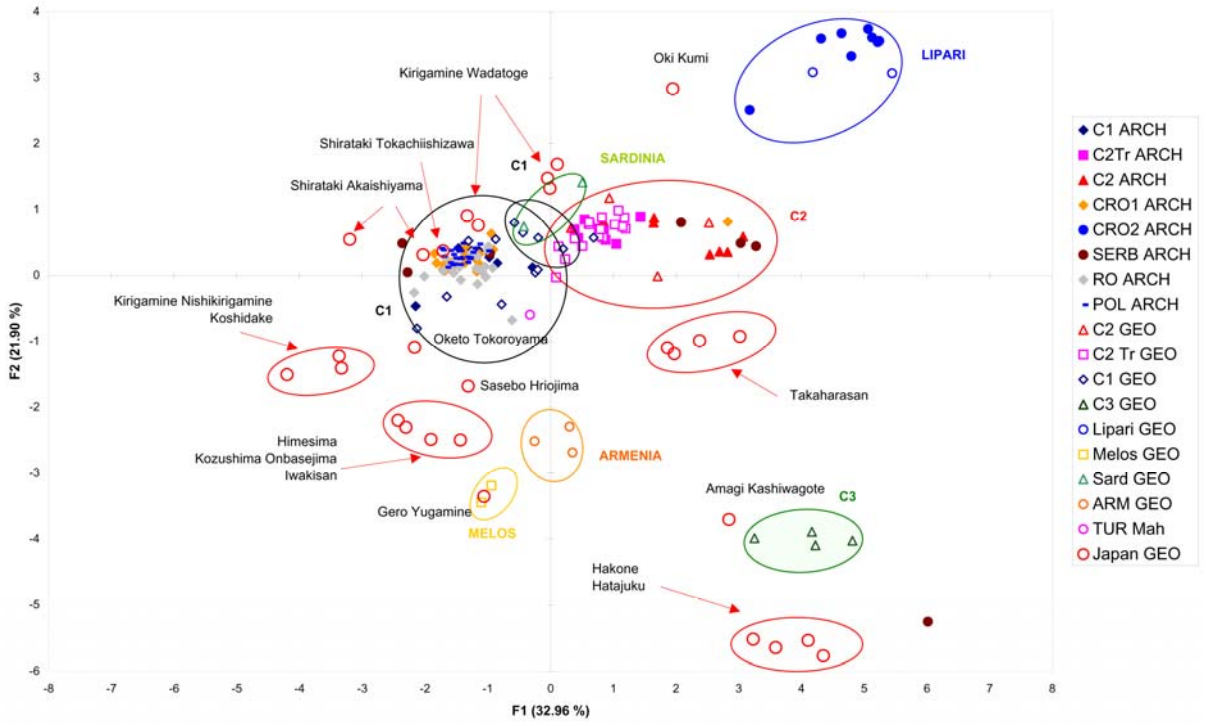
Hasonló eredményeket ad a főkomponens analízis is. A PCA szerint a Shirataki Akaishiyama, Shirataki Tokachiishizawa, a Kirigamine Wadatoke és Oketo Tokorayama lelőhelyekről származó minták összetétele hasonló a kárpáti obszidiánokéhoz. A Kirigamine Nishikirigamine-Koshidake, Himesima-Kozushima Onbasejima-Iwakisan, 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 hasonlónak adódott a méloszihoz. 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 proveniencia kutatásaihoz járulhatnak hozzá. A jövőben, a folytatódó japán-magyar együttműködés keretében – további minták összemérését tervezzük prompt-gamma aktivációs analízissel és röntgen-fluoreszcencia elemzéssel (XRF).

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)



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.

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 © by the author(s)