

# 北九州市，城野遺跡に露出する阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の全岩化学組成

Whole-rock Chemical Compositions of Pumices from the Aso-4 Pyroclastic Flow Deposits at the Jono Remains, Kitakyushu City

柚原雅樹\* 梅崎恵司\*\*

Masaki Yuhara\* and Keiji Umezaki\*\*

平成29年6月1日受理

\* 福岡大学理学部地球圏科学科  
〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1  
Department of Earth System Science, Faculty of  
Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma,  
Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

\*\* 公益財団法人北九州市芸術文化振興財団埋蔵文化財調査室  
〒803-0816 北九州市小倉北区金田1-1-3  
Archaeological Research Office, Kitakyushu City  
Foundation for Promoting Arts and Culture, 1-1-  
3 Kanada, Kokurakita-ku, Kitakyushu 803-0816,  
Japan

Corresponding author; M. Yuhara,  
yuhara@fukuoka-u.ac.jp

## Abstract

We analyzed for major and trace element compositions of pumices from the Aso-4 pyroclastic flow deposits at the Jono Remains, Kitakyushu City, by using X-ray fluorescence spectrometry. In addition, we collected pumices from some points as follows: Aka, Yokose and Denboji, Fukuoka Prefecture. Pumices at the Jono Remains are light ocher, whereas those from other area are dark gray to gray. The chemical compositions of pumices from the Jono Remains are with in rage of pumices from the Aso-4 pyroclastic flow deposits in northern Kyusyu. The argillization of pumices decrease contents of Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O, and increase that of TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, Ba, Pb, Th, Zn, Zr.

Key Words: Jono Remains, Aso-4 pyroclastic flow deposits, pumice, X-ray fluorescence analysis, major and trace element, argillization.

## はじめに

火山ガラスの化学組成はテフラの同定に大きく貢献するだけでなく、給源マグマの化学的性質を知る上でも重要なデータである。柚原ほか(2010)は、北部九州に広く分布する阿蘇-4 火砕流堆積物を対象として、蛍光 X 線分析法による火山ガラスの化学分析の有効性と、それに基づいたマグマの化学組成の検討を試みた。その結果、火山ガラスの化学分析の主流となっている EPMA による分析結果と整合的であり、火山ガラスの平均化学組成を示していることが明らかとなった。加えて、採取地点がかなり広範囲にわたるにもかかわらず極めて狭い範囲に集中することを明らかにした。黒川(2005)によっても指摘されているように、火山ガラスの平均組成は、噴火直前のマグマの液体相の組成を近似していると考えられている。このことから、阿蘇-4 火砕流として噴火したマグマの液体相の化学組成は、極めて均質であったことが示唆された。さらに、軽石の化学組成も報告し、火山ガラスに比べ幅広い組成範囲を示すことが明らかとなった。軽石の化学組成は、液体相とその中に存在していた結晶粒(すなわち斑晶)からなるマグマ全体の組成を示していると考えられる。柚原ほか(2010)は、軽石が火山ガラスよりも SiO<sub>2</sub> 含有量が低いことから、均質な液体相とより SiO<sub>2</sub> 含有量の低い輝石や角閃石などの結晶粒

が任意の割合で混合しているためであると考えた。しかし、より詳細な解析のためには、より広範囲にわたる火山ガラスや軽石の化学組成のデータの蓄積が必要である。

今回、我々は北九州市の城野遺跡 (Fig.1) から平成 21 年の発掘調査で採取された阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の化学組成を分析する機会を得た。これらの軽石は地下水の影響を受け粘土化が著しい。そのため、粘土化による軽石の化学組成の変化を検討するのに有用である。また、八女軽石流堆積物や鳥栖オレンジ軽石流堆積物のように、阿蘇-4 火砕流堆積物は、その上部や遠隔地の層厚の薄いところでは、風化によって粘土化し火山灰土の外観を示すこともある(町田・新井, 2003)。したがって、そのような風化火山灰における対比や組成変化の検討にも貢献すると考えられる。本論文では、これらの軽石の化学組成を報告すると共に、他地域の阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石との比較と粘土化による化学組成変化の検討をおこなう。

## 城野遺跡の地質概略

城野遺跡は、北九州市小倉南区城野に位置し、弥生時代後期終末の方形周溝墓、竪穴式住居跡、鉄刀の破片、炭化米などが出土しており、弥生時代後期終末における有力者層の集落であると考えられている(財

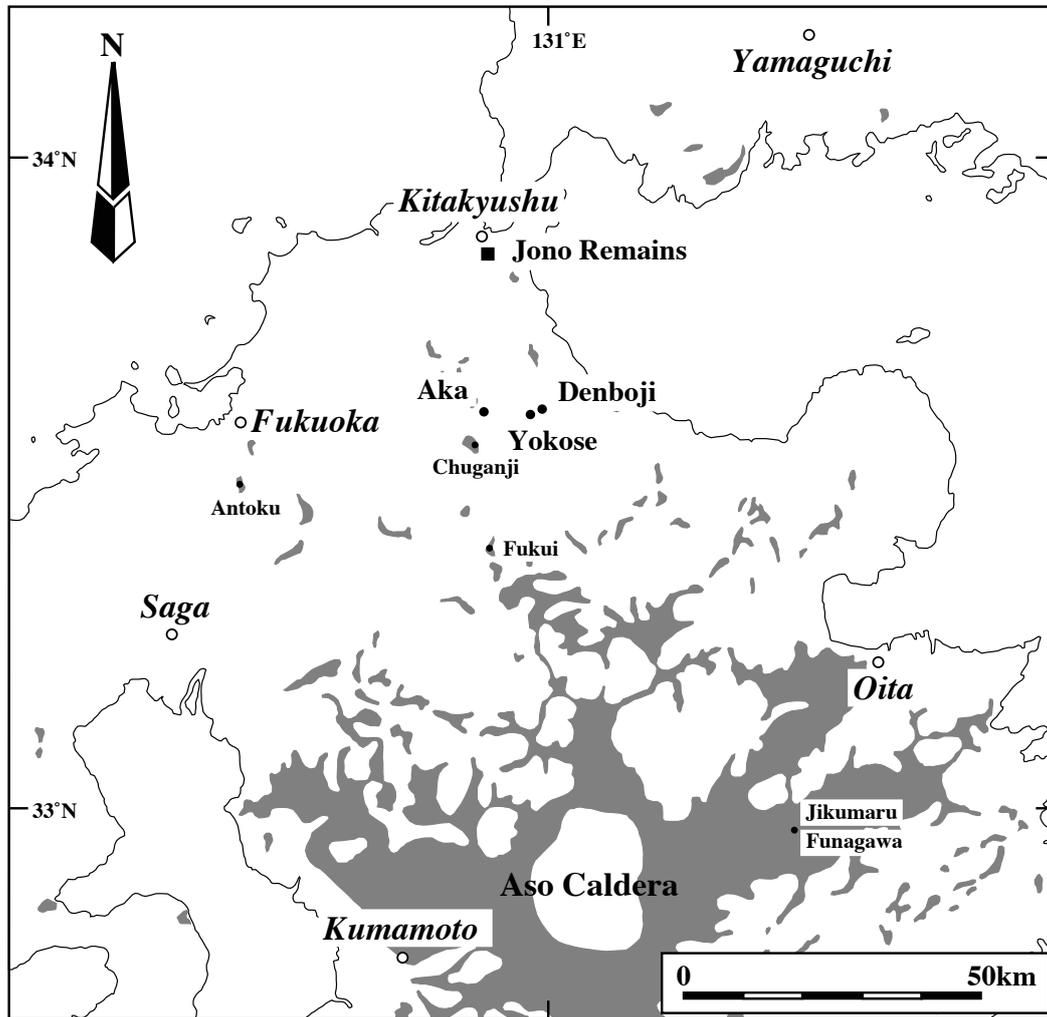
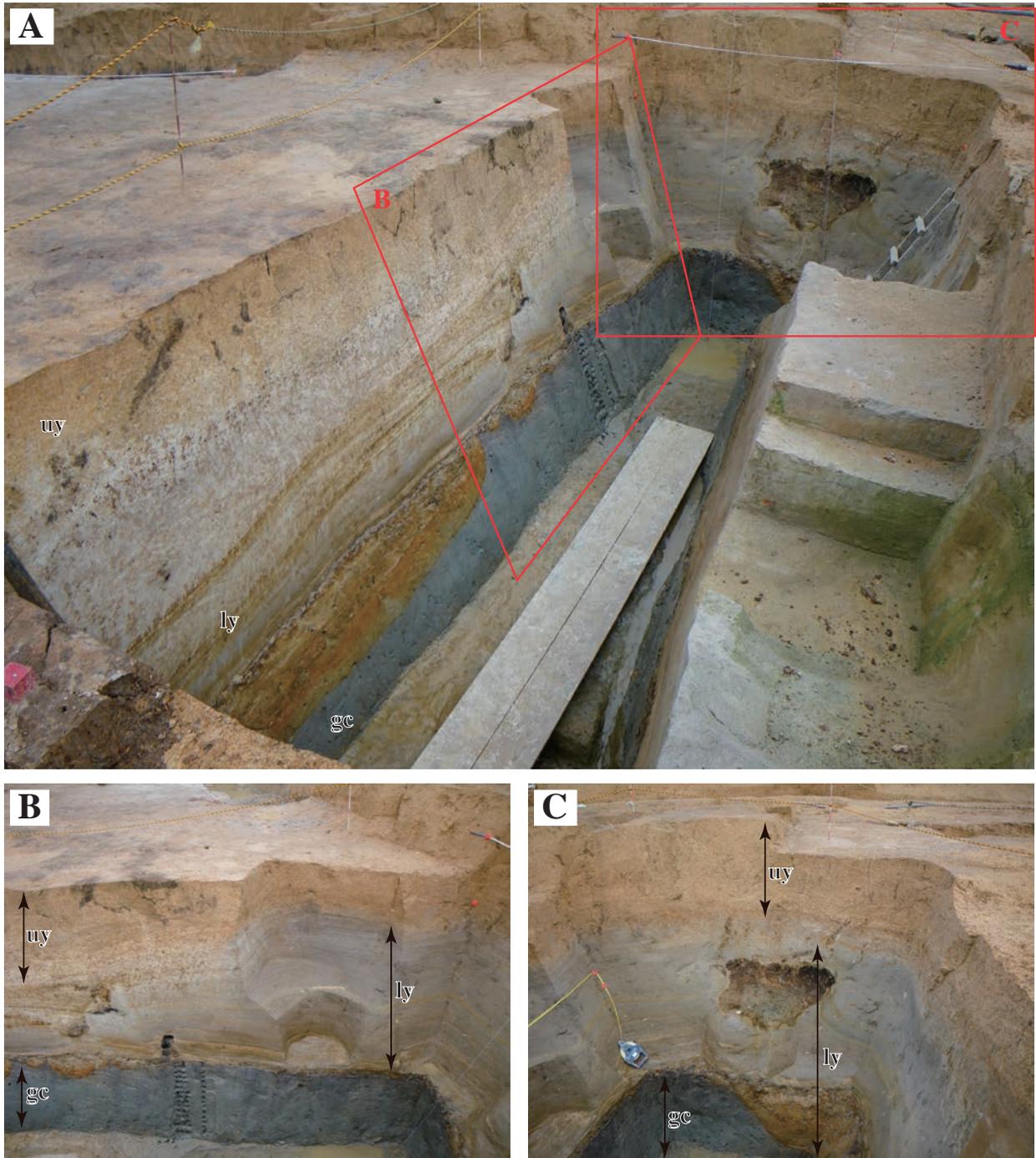


Fig.1. Distribution of the Aso-4 pyroclastic flow deposits and location of sampling points (modified from Machida and Arai, 2003).

団法人北九州市芸術文化振興財団埋蔵文化財調査室, 2012).

平成 21 年に発掘調査が行われた 1C 区の地質は、下位より、砂礫層、暗灰色グライ粘土層、阿蘇-4 火砕流堆積物、自然表土層、埋め立て層からなる (財団法人北九州市芸術文化振興財団埋蔵文化財調査室, 2012)。砂礫層は、中礫サイズの亜角礫～円礫からなる砂礫層で、層厚は 40cm 以上である。礫は、珪質凝灰岩、石英斑岩、凝灰岩、安山岩、赤紫色砂岩、輝緑凝灰岩、チャートなどからなる。暗灰色グライ粘土層 (Fig.2) は厚さ約 80cm で、砂礫層を整合的に被覆する。直径 3～4cm の樹木片や同サイズの亜角礫～円礫が散点的に含まれる。これら 2 層は、中位段丘層であると考えられている。その上位の阿蘇-4 火砕流堆積物は暗灰色グライ粘土層を整合的に覆うが、境界に 1

～2cm の水酸化鉄バンドが生じている。阿蘇-4 火砕流堆積物は下位の八女軽石流堆積物と上位の鳥栖オレンジ軽石流堆積物からなる。八女軽石流堆積物の下部約 110cm は、ラミナの顕著な灰土色砂質火山灰からなる (Fig.2)。最大径 10cm の引き延ばされた軽石や炭化した小木片が散点的に含まれる。軽石の量は少ない (Figs.2B, 2C)。上部約 3.5m は白黄土色ローム質火山灰からなり、粘土化が著しい (Fig.2)。鳥栖オレンジ軽石流堆積物は厚さ約 90cm で、黄褐色ローム質火山灰からなる。基底部には弱いマンガンバンドが認められる。これら阿蘇-4 火砕流堆積物は 2 次堆積相であると考えられ、伏流水の通路となっている。八女軽石流堆積物と鳥栖オレンジ軽石流堆積物の上位の自然表土層は、厚さ 30～50cm の暗茶褐色土からなる。自然の旧地形面を示し、遺物の包含層となっている。この



**Fig.2.** Photographs of the trench at the Jono Remains (1C section).

A: a view of the trench from south. B: photograph of northern part of west wall of the trench. C: photograph of north wall of the trench.  
 gc: gley clay, ly: lower part of the Yame pumice flow deposits, uy: upper part of the Yame pumice flow deposits.

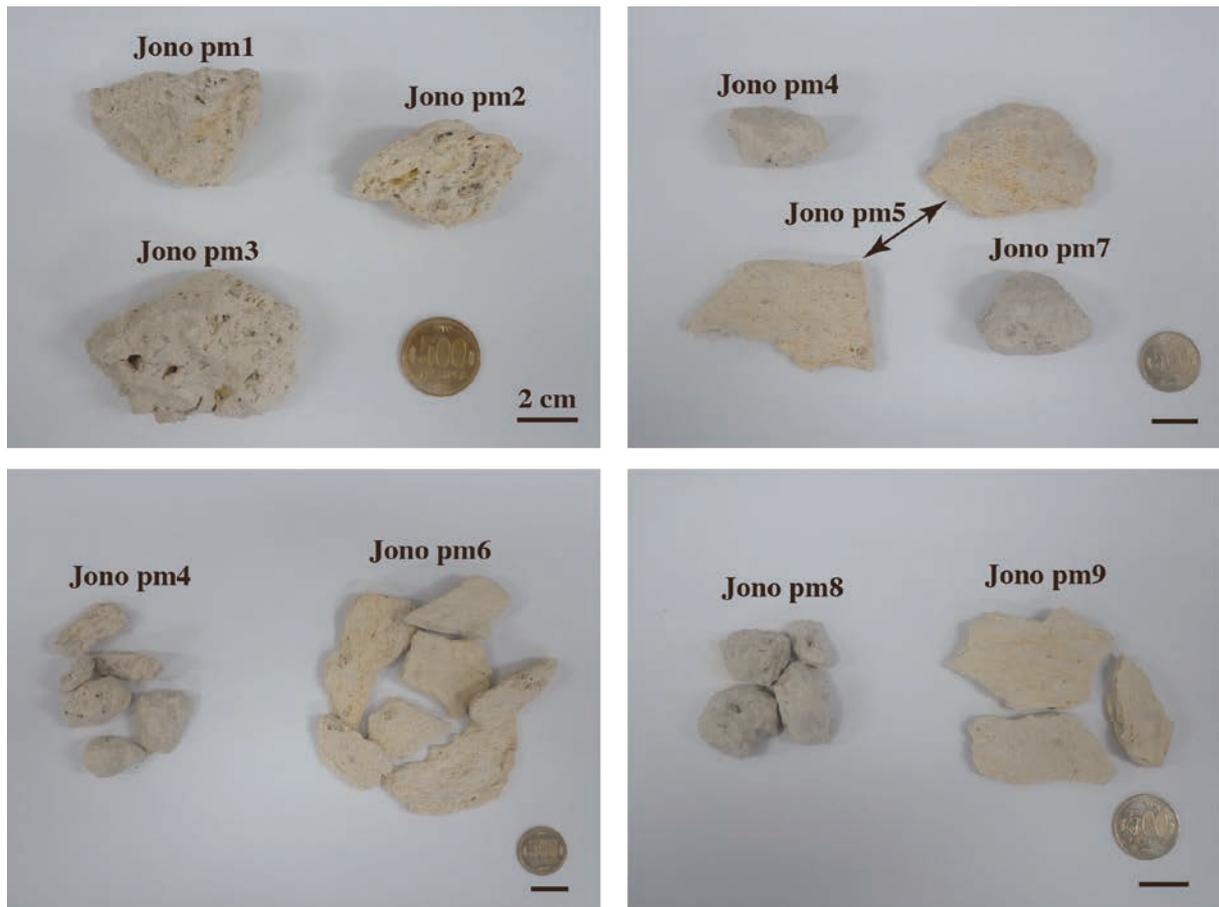


Fig.3. Photographs of pumices from the Aso-4 pyroclastic flow deposits at the Jono Remains.

上位に数枚の人工的な整地・埋め立て層が認められる。

### 試料および分析方法

#### 1. 試料採取

軽石は、平成 21 年の 1C 区発掘調査の際に行われたトレンチ調査 (Fig.2A) によって、八女軽石流堆積物下部から採取された試料である (財団法人北九州市芸術文化振興財団埋蔵文化財調査室, 2012)。本軽石試料から得られた火山ガラスと角閃石の屈折率は 1.508 ~ 1.511 および 1.685 ~ 1.686 であり、これまでに阿蘇-4 火砕流堆積物から報告された値の範囲内にある (財団法人北九州市芸術文化振興財団埋蔵文化財調査室, 2012)。これらの軽石は、他地域の阿蘇-4 火砕流堆積物露頭から採取した軽石が主に暗灰色~灰色を呈するのとは異なり、灰色~淡い黄土色を呈する (Fig.3)。

このほか、柚原ほか (2010) 以降、福岡県東部の広域地質調査によって新たに見出した非溶結の阿蘇-4 火砕流堆積物露頭から軽石を採取した。試料採取は、

福岡県田川郡赤村赤、京都郡みやこ町犀川横瀬、築上郡築上町伝法寺において行った (Fig.1)。これらの試料の摂取位置を Appendix 1 に示す。以下に、各試料採取地点における産状を記述する。

#### (1)赤

15030401, 17031101 : (N33°36'43.35", E130°52'36.81")

層厚 3m+ の暗灰色軽石質火山灰で、3cm 以下の軽石を多量に含む (Fig.4)。軽石は最大 10cm に達する。

#### (2)横瀬

17012801 : (N33°36'34.42", E130°57'48.00")

層厚 6m+ の暗灰色軽石質火山灰で、3cm 以下の軽石を多量に含む (Fig.4)。軽石は最大 10cm に達する。

#### (3)伝法寺

17020201 : (N33°36'58.74", E130°59'4.57")

層厚 3m+ の暗灰色軽石質火山灰で、3cm 以下の軽石を含む (Fig.4)。赤や横瀬と比べ、軽石の大きさは小さい。

ほとんどの軽石試料は、単体の軽石を用いたが、一部は分析に必要な大きさ (重量) を確保できなかったため、小型の軽石を集め分析試料とした (Fig.5)。こ

**15030401, 17031101**



**17012801**





Fig.4. Photographs of the Aso-4 pyroclastic flow deposits at outcrops.

これらの分析試料は、柚原ほか（2010）と同様、蒸留水による超音波洗浄後、110°Cで乾燥し、タングステンカーバイト製乳鉢で粉碎した。

## 2. 分析方法

軽石に含まれる主成分 10 元素（ $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3^*$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ）と微量成分 16 元素（As, Ba, Cr, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, Rb, S, Sr, V, Th, Y, Zn, Zr）を、福岡大学理学部に設置の理学電機工業社製蛍光 X 線分析装置 ZSX100e により測定した。試料調整および測定方法は、柚原・田口（2003a, b, 2006）、柚原ほか（2004）、高本ほか（2005）に従った。なお、全鉄は  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  として扱い、“ $\text{Fe}_2\text{O}_3^*$ ”と表記する。測定結果を Tables 1, 2 に示す。

## 結果と考察

城野遺跡産の軽石の  $\text{SiO}_2$  含有量は 60.2~65.6wt.% で、他地域の阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の組成範囲（63.4~69.8wt.%：小野ほか，1977；Watanabe, 1979；

鎌田，1997；Hunter, 1998；柚原ほか，2010；本研究）に比べ、やや低い（Table 1）。これは、強熱減量（L. O. I.）が、3.4~7.3wt.% と、他地域の阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の強熱減量（2.4~5.5wt.%）に比べ高いためであると考えられ、粘土化が著しい事実と一致する。これまでに報告されている軽石の化学組成には、強熱減量が示されていないものも多いため、柚原ほか（2010）と同様、強熱減量を除いて、主成分元素の含有量の総量が 100wt.% になるように補正した化学組成を用いて比較を行った。補正值では、城野遺跡産の軽石の  $\text{SiO}_2$  含有量は、これまでに報告された他地域の阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の組成範囲内にあるが、含有量の低い傾向にある（Figs.6, 7）。

主成分ならびに微量元素の変化図（Figs.6, 7）では、 $\text{SiO}_2$  含有量の増加とともに、北部九州に分布する阿蘇-4 火砕流堆積物に含まれる軽石の  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3^*$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ , Ba, Ga, Pb, Th, V, Zn, Zr は減少し、Nb, Sr はほぼ一定、 $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Rb は増加する傾向にある。Y はばらつき、傾向は読み取れない。城野遺跡産の軽石も、これらの変化と同様な組成

**Table 1.** Chemical compositions of pumices from the Aso-4 pyroclastic flow deposits at the Jono Remains.

Sample No.	Jono pm1	Jono pm2	Jono pm3	Jono pm4	Jono pm5
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	65.13	60.19	63.43	61.63	63.97
TiO <sub>2</sub>	0.56	0.70	0.59	0.65	0.59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.27	19.71	18.58	19.68	17.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	2.59	3.84	2.68	3.10	3.49
MnO	0.15	0.09	0.09	0.15	0.11
MgO	0.61	0.65	0.51	0.58	0.60
CaO	1.50	1.72	1.36	1.66	1.70
Na <sub>2</sub> O	4.04	2.87	3.62	3.48	3.58
K <sub>2</sub> O	3.75	2.85	3.53	3.14	3.56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.10	0.07	0.10	0.10
L.O.I.	4.33	7.29	5.53	5.83	5.22
Total	100.01	100.01	99.99	100.00	99.99
As (ppm)	11	10	10	10	13
Ba	933	983	835	1085	843
Cr	8	9	8	5	5
Cu	4	8	6	9	5
Ga	19	23	21	22	18
Nb	16	18	17	18	16
Ni	8	9	8	8	7
Pb	24	25	22	24	23
Rb	129	107	121	109	124
S	101	130	99	157	117
Sr	245	259	225	277	261
Th	19	22	22	21	19
V	23	32	24	29	28
Y	39	35	43	40	35
Zn	81	77	72	89	70
Zr	300	322	326	328	285

Sample No.	Jono pm6	Jono pm7	Jono pm8	Jono pm9
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	62.26	65.63	63.05	62.34
TiO <sub>2</sub>	0.63	0.59	0.65	0.62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.02	16.25	18.60	17.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	4.02	2.87	2.99	4.19
MnO	0.11	0.13	0.13	0.11
MgO	0.57	0.83	0.60	0.60
CaO	1.76	2.25	1.43	1.78
Na <sub>2</sub> O	3.29	4.26	3.47	3.25
K <sub>2</sub> O	3.20	3.69	3.47	3.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.13	0.09	0.11
L.O.I.	6.02	3.37	5.51	5.97
Total	99.98	100.00	99.99	99.99
As (ppm)	11	9	10	
Ba	870	752	905	858
Cr	6	6	8	8
Cu	6	4	6	6
Ga	20	18	20	
Nb	17	13	18	16
Ni	4	6	8	8
Pb	25	17	23	
Rb	114	124	120	115
S	115	166	118	112
Sr	265	355	225	263
Th	19	15	21	
V	33	34	26	32
Y	34	36	45	32
Zn	75	71	82	73
Zr	302	227	324	296

\*: total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L.O.I.: loss on ignition.

**Table 2.** Chemical compositions of pumices from the Aso-4 pyroclastic flow deposits.

Location	Aka						
Sample No.	15030401pma	15030401pmb	17031101pm1	17031101pm2	17031101pm3	17031101pm4	17031101pm5
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	63.55	65.09	66.36	65.38	63.41	64.18	66.29
TiO <sub>2</sub>	0.59	0.52	0.54	0.54	0.56	0.55	0.53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.51	16.96	16.96	17.71	19.33	17.23	16.41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	2.82	2.43	2.59	2.53	2.86	2.58	2.47
MnO	0.12	0.11	0.13	0.11	0.18	0.12	0.11
MgO	0.63	0.66	0.62	0.60	0.65	0.84	0.65
CaO	1.74	1.59	1.60	1.54	1.67	1.56	1.58
Na <sub>2</sub> O	3.78	4.23	4.28	4.16	3.82	4.27	4.66
K <sub>2</sub> O	3.64	4.11	3.94	3.79	3.42	3.96	3.94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10
L.O.I.	4.65	4.45	3.67	4.24	4.91	5.49	3.95
Total	100.13	100.24	100.78	100.69	100.91	100.88	100.69
As (ppm)	9	10	10	9	10	10	10
Ba	824	1003	758	816	965	732	719
Cr	8	6	5	6	6	7	6
Cu	4	6	<4	<4	4	<4	4
Ga	20	19	18	19	20	18	17
Nb	16	15	15	16	15	15	16
Ni	8	8	6	5	4	<4	5
Pb	16	16	17	18	18	16	16
Rb	113	131	130	124	111	124	129
S	146	616	117	254	241	2090	291
Sr	292	255	261	251	282	259	258
Th	18	17	17	18	18	18	17
V	27	27	25	24	24	25	21
Y	30	35	33	34	36	31	34
Zn	57	59	61	62	66	53	61
Zr	296	285	277	299	303	279	273

Location	Aka	Yokose				Denboji	
Sample No.	17031101pm6	17031101pm7	17012801pm1	17012801pm2	17012801pm3	17012801pm4	17020201pm
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	65.78	66.21	67.95	65.89	68.18	67.10	66.47
TiO <sub>2</sub>	0.54	0.54	0.48	0.60	0.47	0.50	0.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.36	16.24	15.75	16.38	15.40	15.76	16.41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	2.60	2.63	2.19	3.03	2.24	2.31	2.90
MnO	0.12	0.12	0.11	0.14	0.11	0.11	0.12
MgO	0.66	0.73	0.59	0.86	0.60	0.66	0.75
CaO	1.64	1.71	1.54	2.24	1.62	1.56	1.89
Na <sub>2</sub> O	4.09	4.44	4.29	4.31	4.21	4.46	4.15
K <sub>2</sub> O	4.05	4.11	4.33	3.80	4.41	4.26	3.90
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.10	0.08	0.14	0.09	0.10	0.12
L.O.I.	3.99	3.99	3.19	3.28	2.87	3.75	3.64
Total	100.92	100.82	100.50	100.67	100.20	100.57	100.92
As (ppm)	10	10	10	10	10	10	9
Ba	806	756	750	697	732	724	787
Cr	<4	7	4	5	5	7	4
Cu	5	5	<4	<4	<4	<4	<4
Ga	18	17	17	17	16	17	17
Nb	15	14	15	14	14	15	14
Ni	5	5	7	6	5	8	6
Pb	16	15	16	16	12	14	14
Rb	127	132	142	126	144	139	132
S	245	486	111	295	109	422	201
Sr	267	276	251	358	262	252	298
Th	16	17	17	14	15	16	16
V	24	27	22	32	24	24	31
Y	34	32	36	35	35	37	35
Zn	58	54	60	68	52	56	69
Zr	278	264	287	252	284	286	257

\*: total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L.O.I.: loss on ignition.



Fig.5. Photographs of pumices in the Aso-4 pyroclastic flow deposits.

変化を示す。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、CaO、Srでは、それぞれ異なる2種の変化傾向が認められる。多くは、既存の報告値と本研究室での報告値の違いであるが、一部、城野遺跡産の軽石にも認められる。城野遺跡産の軽石については、後述するように、粘土化による影響がある。それ以外の軽石については、分析方法の違いによるデータの相違は認められない(柚原ほか, 2010)ので、この違いは、分布域や層序の違いによる可能性がある。

一般的に、火砕流ではより軽い軽石が遠方まで運ばれ、それらはFeやMgに乏しく、SiO<sub>2</sub>に富む傾向がある。また、一枚の火砕流堆積物でも、下部の軽石ほどFeやMgに富み、SiO<sub>2</sub>に乏しいことが知られている。したがって、さらに広範囲のデータを蓄積するとともに、同一地点での上下方向の組成変化も検討する必要がある。

城野遺跡産の軽石は、他地域の阿蘇-4火砕流堆積

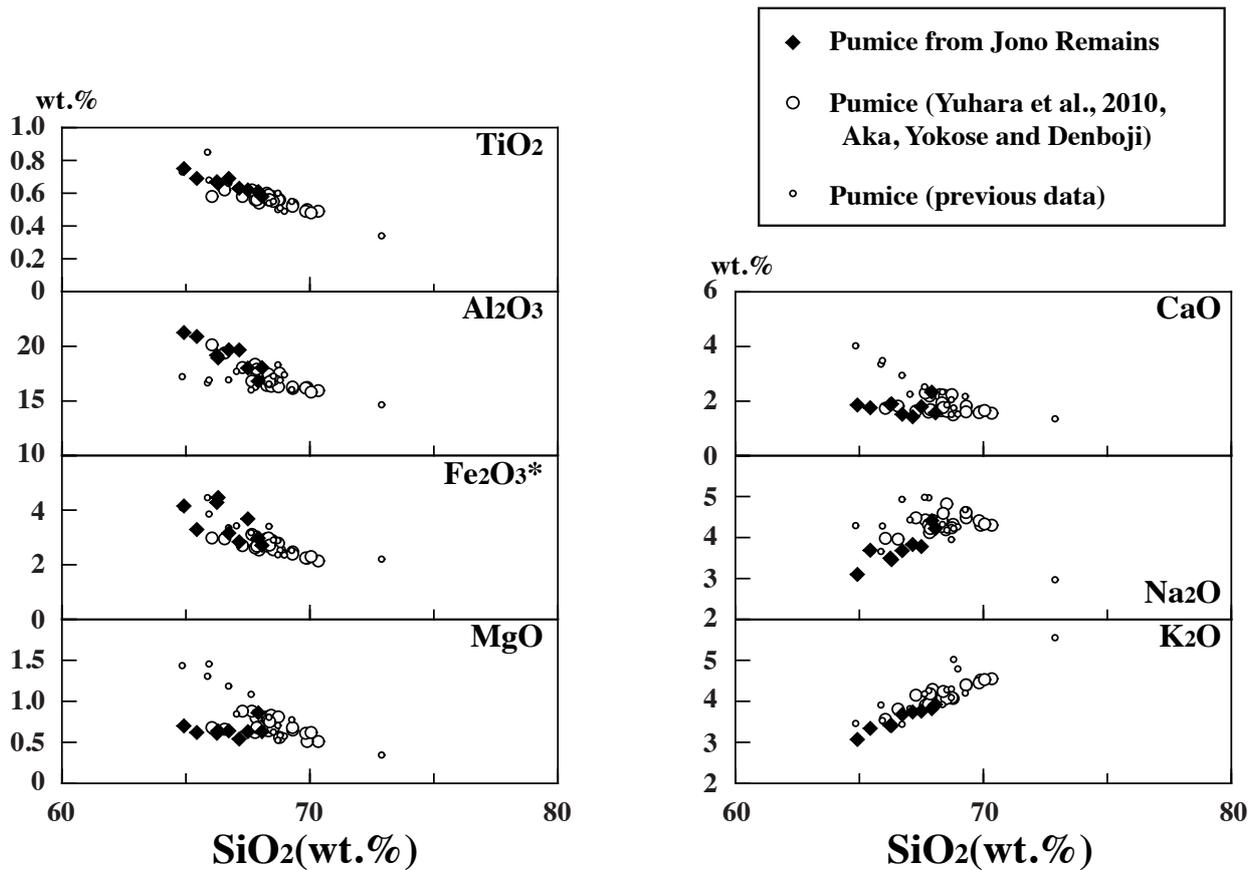


Fig.6. SiO<sub>2</sub>-oxides diagrams of pumices in the Aso-4 pyroclastic flow deposits.

Data sources: Ono et al. (1977), Watanabe (1979), Kamata (1997), Hunter (1998), Yuhara et al. (2010) and this study.  
All data were recalculated on water free basis of the original analyses.

物中の軽石とは異なり、淡い黄土色を呈する。城野遺跡に露出する阿蘇-4 火砕流堆積物は 2 次堆積相であると考えられ、伏流水の通路となっていることから、これは地下水による粘土化に伴うものであると考えられる。前述のように、城野遺跡産の軽石の強熱減量は、他地域の阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の強熱減量に比べ高い。したがって、粘土化により、軽石中の火山ガラスや鉱物が含水粘土鉱物となることで、強熱減量が増加していると考えられる。そこで、粘土化に伴う化学組成の変化を、強熱減量の変化による各元素含有量の変化として検討を行った (Figs.8, 9)。同図には、強熱減量の増加率と同じ比率で元素含有量が減少した場合の変化線を示した。この線よりも変化率が大きければ、粘土化によって含有量が増加し、小さければ減少したと考えることができる。強熱減量の増加にともない、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O は減少する。SiO<sub>2</sub>、MgO、CaO、Rb、Sr はやや減少するが、変化線とほぼ同じ変化率を示す。これに対し、TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*、Ba、Pb、Th、Zn、Zr は増加し、Ga、Nb はやや増加する。S、V、

Y はばらつきが大きく、変化傾向が読み取れない。

以上のことから、阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の粘土化にともない、多くの元素が逸脱し、構造水が増加するが、特に、Na<sub>2</sub>O と K<sub>2</sub>O が大きく減少する。これに対し、TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*、Ba、Pb、Th、Zn、Zr は増加傾向にあり、粘土化の過程で濃集することが明らかとなった。今後は、粘土鉱物の同定などを行い、化学組成の変化に関与する鉱物とその機構についても検討する必要がある。

### 謝 辞

佐賀大学教育学部の角 縁 進教授には査読をしていただき、有益な助言をいただいた。記して感謝の意を表します。

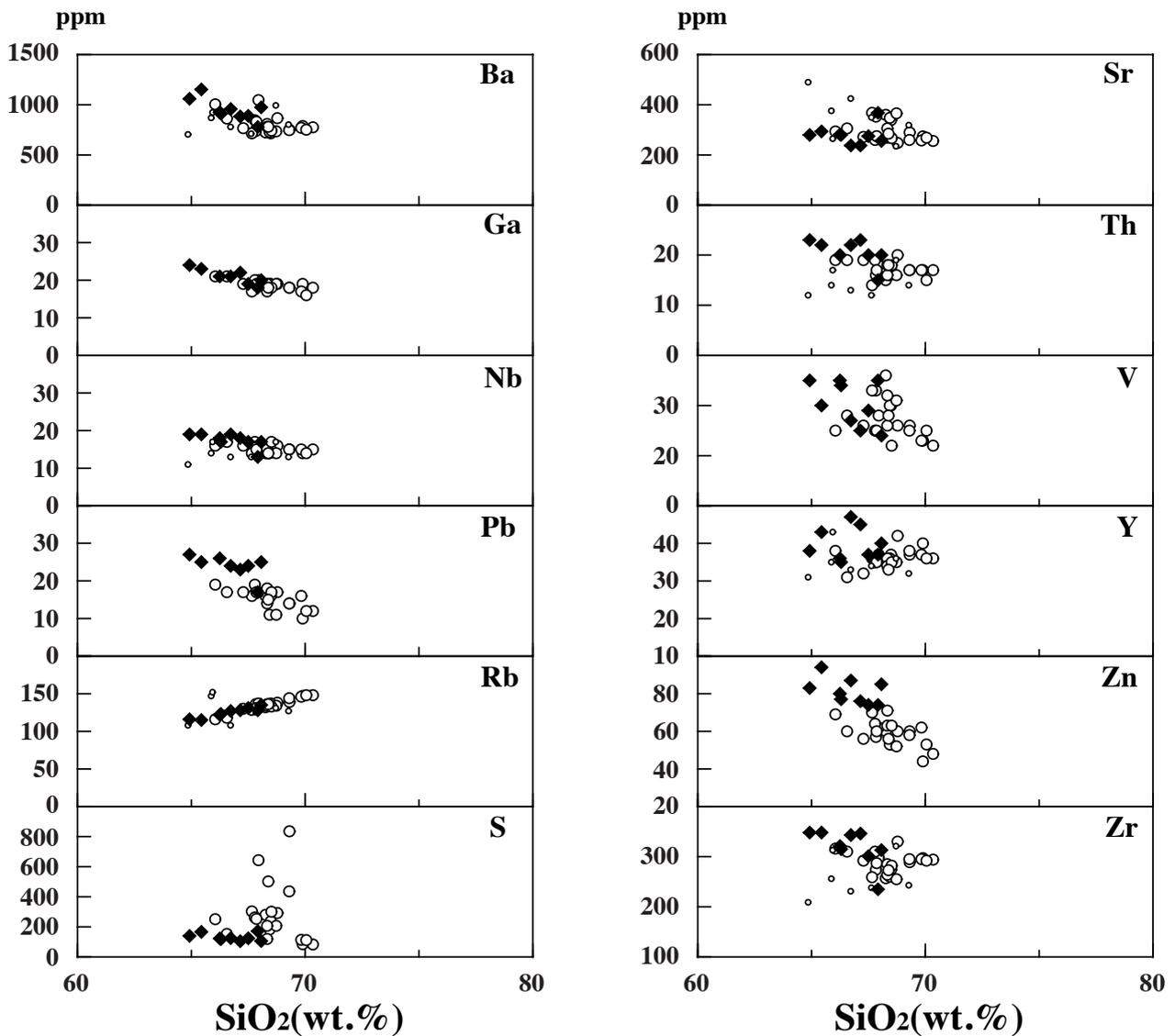


Fig.7. SiO<sub>2</sub>-minor elements diagrams of pumices in the Aso-4 pyroclastic flow deposits.

Symbols are the same as those in Figure 6.

Data sources: Hunter (1998), Yuhara et al. (2010) and this study.

All data were recalculated on water free basis of the original analyses.

## 文 献

- Hunter, A. G., 1998, Intracrustal controls on the coexistence of tholeiitic and calc-alkaline magma series at Aso Volcano, SW Japan. *Jour. Petrol.*, **39**, 1255-1284.
- 鎌田浩毅, 1997, 宮原地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 地質調査所, 127p.
- 黒川勝己, 2005, テフラ学入門-野外観察から地球環境史の復元まで-. 地学団体研究会, 205p.
- 町田 洋・新井房夫, 2003, 新編 火山灰アトラス[日本列島とその周辺]. 東京大学出版会, 336p.
- 小野晃司・松本 隼夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信

- 和, 1977, 竹田地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 地質調査所, 145p.
- 高本のぞみ・柚原雅樹・古川直道, 2005, 福岡県東部, 今川・祓川流域の元素濃度分布. 福岡大学理学集報, **35** (2), 41-66.
- Watanabe, K., 1979, Studies on the Aso pyroclastic flow deposits in the region to the west of Aso caldera, Southwest Japan, II: petrology of the Aso-4 pyroclastic flow deposits. *Mem. Fac. Educ. Kumamoto Univ.*, no. 28, 75-112.
- 柚原雅樹・古川直道・田口幸洋, 2004, 粉末ペレット法による珪酸塩・炭酸塩岩石の微量元素の蛍光 X線

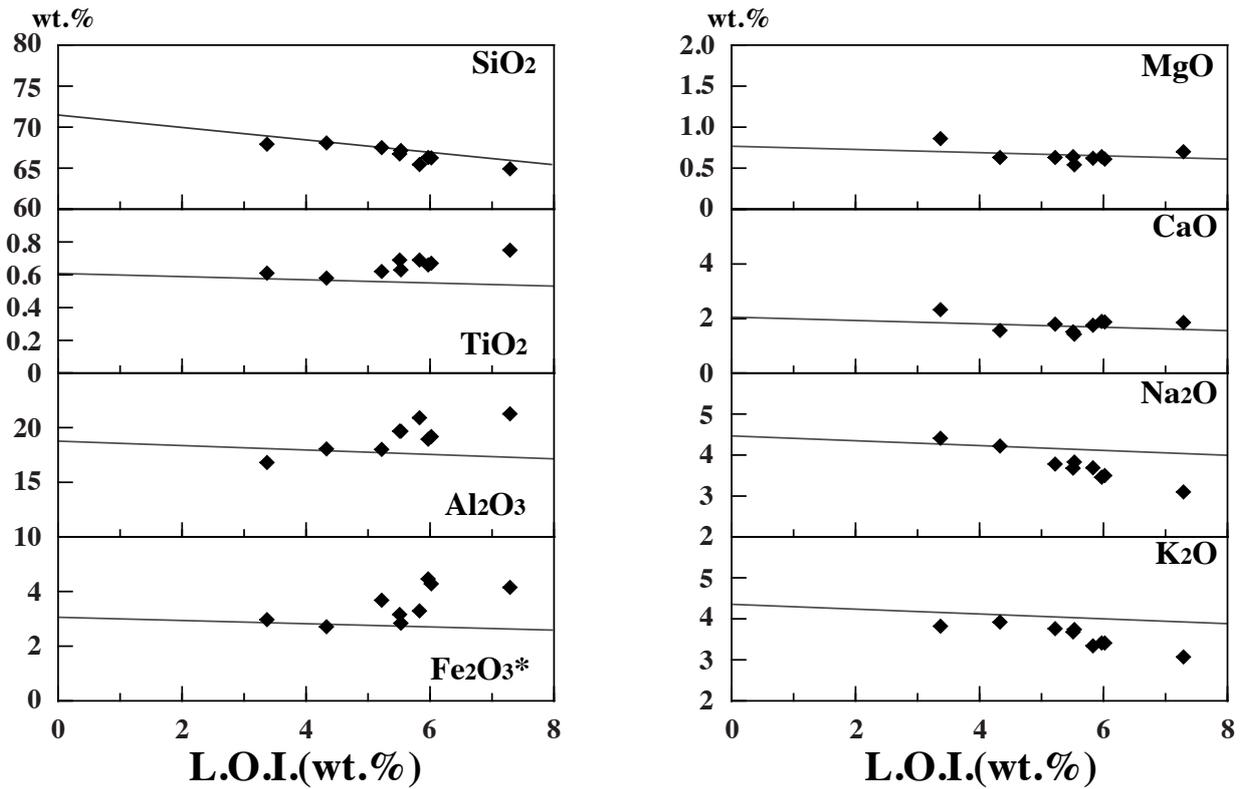


Fig.8. Loss on ignition (L. O. I.) - oxides diagrams of pumices in the Aso-4 pyroclastic flow deposits at the Jono Remains.

Symbols are the same as those in Figure 6.

All data were recalculated on water free basis of the original analyses.

分析. 福岡大学理学集報, 34 (1), 43-49.  
 柚原雅樹・松田芳諒・平塚晃大・宮崎桂輔, 2010, 阿蘇-4 火砕流堆積物中の火山ガラスと軽石の蛍光 X 線分析. 福岡大学理学集報, 40, 217-231.  
 柚原雅樹・田口幸洋, 2003a, 蛍光 X 線分析装置 ZSX100e による珪酸塩岩石の主成分および微量元素の定量分析. 福岡大学理学集報, 33 (1), 25-34.  
 柚原雅樹・田口幸洋, 2003b, ガラスビード法による珪酸塩岩石の Co および S の蛍光 X 線分析. 福岡大

学理学集報, 33 (2), 77-81.  
 柚原雅樹・田口幸洋, 2006, ガラスビード法による炭酸塩岩石の主成分および微量元素の蛍光 X 線分析. 福岡大学理学集報, 36 (2), 29-35.  
 財団法人北九州市芸術文化振興財団埋蔵文化財調査室, 2012, 城野遺跡 2 (1C 区の調査) - 国有地内埋蔵文化財発掘調査業務に伴う埋蔵文化財調査報告 2 - . 北九州市埋蔵文化財調査報告書第 469 集, 42p.

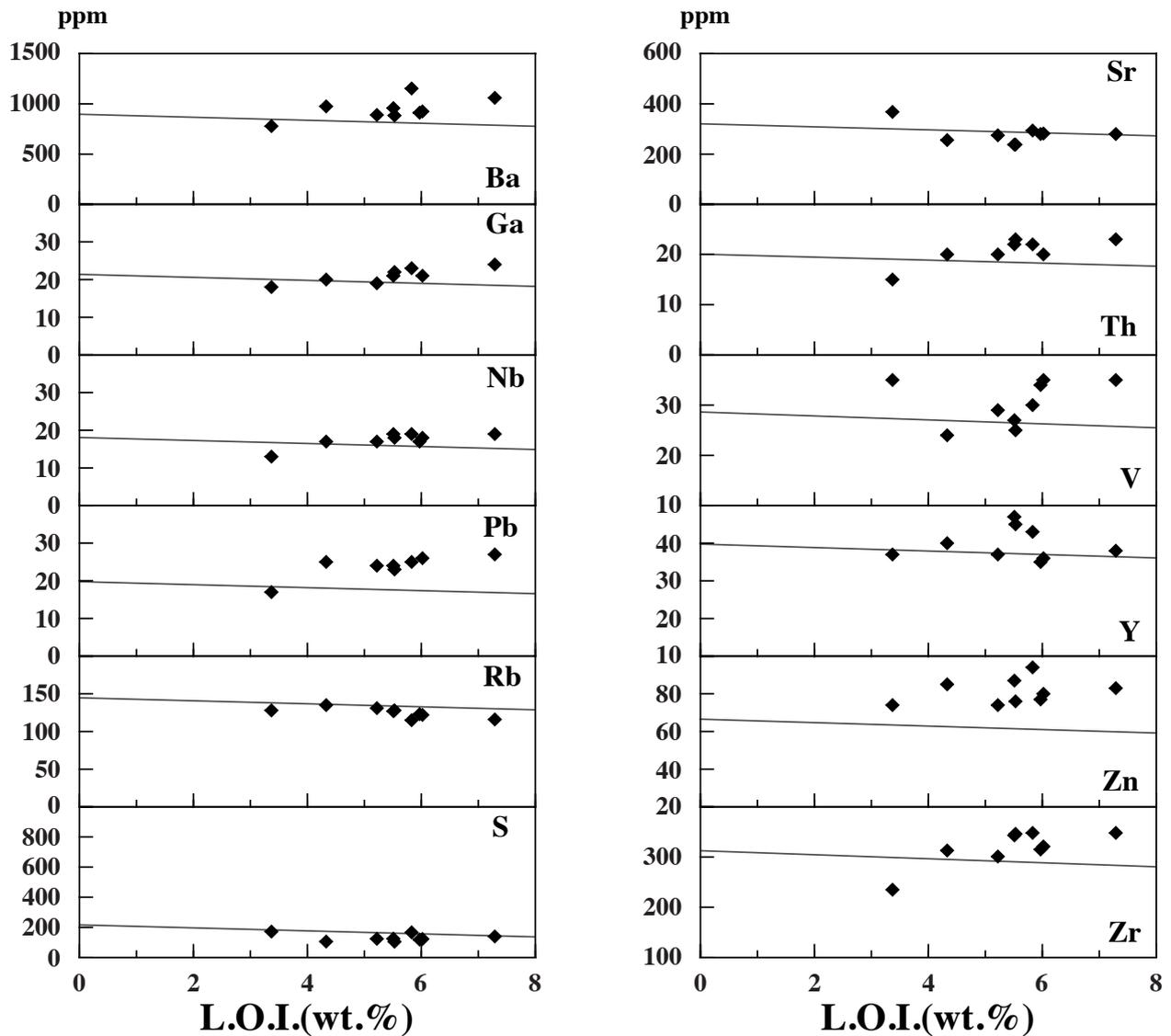


Fig.9. Loss on ignition (L. O. I.) - minor elements diagrams of pumices in the Aso-4 pyroclastic flow deposits at the Jono Remains.

Symbols are the same as those in Figure 6.

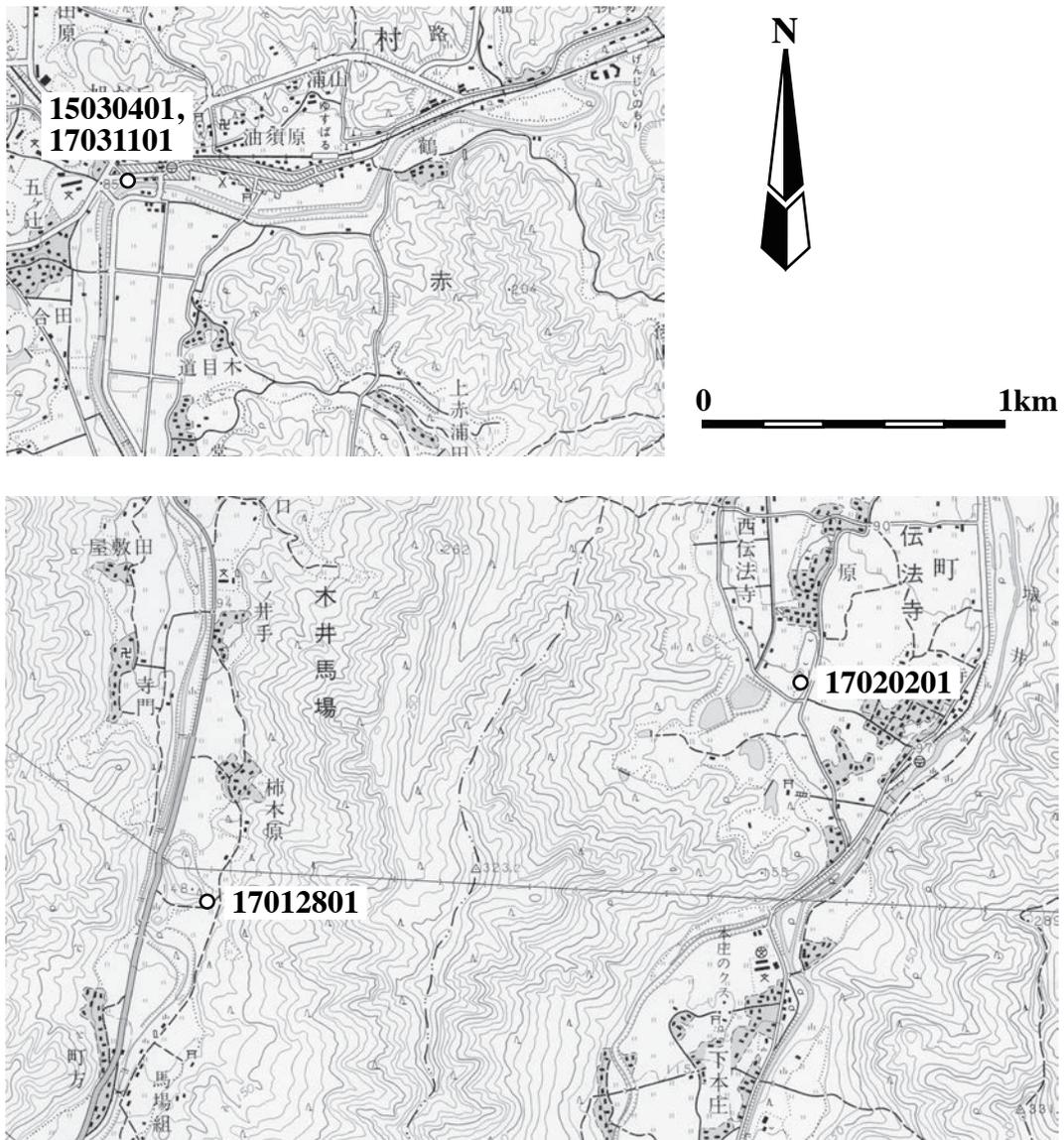
All data were recalculated on water free basis of the original analyses.

(要 旨)

柚原雅樹・梅崎恵司, 2017, 城野遺跡に露出する阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の全岩化学組成. 福岡大学理学集報, 47, 105-118.

(Yuhara, M. and Umezaki, K., 2017, Whole-rock chemical composition of pumice from the Aso-4 pyroclastic flow deposits at the Jono Remains, Kitakyushu City. *Fukuoka Univ. Sci. Rep.*, 47, 105-118.)

蛍光 X 線分析装置を用いて、北九州市小倉南区域野の城野遺跡に露出する阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の主成分ならびに微量元素組成を分析し、北部九州に分布する阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の化学組成と比較した。城野遺跡産の軽石は、他地域の軽石とは異なり、淡い黄土色を呈する。これは粘土化によると考えられている。軽石の粘土化にともない、 $\text{Na}_2\text{O}$  と  $\text{K}_2\text{O}$  が大きく減少し、 $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3^*$ , Ba, Pb, Th, Zn, Zr は増加する。



**Appendix 1.** Location of sampling points.

These maps are adapted from the 1/25000 topographic map “Buzenhonjyo” published by the Geographical Survey Institute of Japan.