

論文

島根県出雲大社、稲佐海岸に漂着した始良カルデラ由来軽石を含む多量の軽石

沢田 順弘¹⁾・片岡 善貞²⁾・徳岡 隆夫³⁾・中村 唯史⁴⁾

Drifted pumice clasts derived from Aira Caldera found on
the Inasa Coast, Taisha, Shimane Prefecture, Japan

Yoshihiro Sawada¹⁾, Yoshisada Kataoka²⁾, Takao Tokuoka³⁾ and Tadashi Nakamura⁴⁾

Abstract

Many pumice clasts (190 specimens) were found in modern beach sands on the Inasa Coast, Taisha district. The pumice clasts are mainly rounded to subrounded, with a maximum diameter of 9 cm, and mean of 3–4 cm. Petrographic and X-ray microprobe analysis of volcanic glasses and constituent minerals was carried out, along with XRF whole rock major and trace element analyses of individual clasts. The major constituent minerals of the pumices are plagioclase, quartz, hypersthene, magnetite, ilmenite, and apatite. Both the chemistry of the volcanic glasses and minerals and the whole rock compositions are close to those of pumices from Aira Caldera in southern Kyushu. The Taisha pumices were recently derived from Aira Caldera, and transported northward by the Tsushima ocean current. This suggests that drifted pumice can potentially be preserved within marine beds. Pumice-bearing beds can play important roles as key marker beds. However, if they are to be so used, detailed assessment must be made of their geological characteristics and origin.

Key words: drifted pumice, Shimane Peninsula, Aira caldera, Osumi pumice, key marker bed, ocean current

はじめに

「名も知らぬ遠き島より流れ寄る椰子の実ひとつ」という詩がある。言うまでもなく島崎藤村の詩であるが、彼は柳田国男の話からこの詩を着想し、その舞台は愛知県、渥美半島の先端、伊良湖岬とされている。このように、太平洋側の海岸では、南方から黒潮にのって、椰子のみならず、拳大の軽石がしばしば漂着し、例えば紀伊半島の南端、潮岬の付け根の砂浜には多数の軽石がうち上げられていることがある。

2003 年初秋、筆者の一人である片岡が大社の稲佐海岸で拾ったという径 6 cm 程度の軽石 3 つが沢田に届けられた。岩石薄片を作成し、調べたところ、少なくとも三瓶山起源のデイサイトや流紋岩、あるいは麓島や白頭山由来の強アルカリ岩ではないことはわかった。そこで、その起源を知るために、3 つの軽石について火山ガラスと構成鉱物の X 線マイクロアナライザー (以下 EPMA と略記) による分析、および蛍光 X 線分析 (XRF) による全岩主成分・微量成分分析を行った。その結果、始良カルデラ起源である可能性がもっとも高

いことが判明した。小論では EPMA と XRF による組成分析の結果を示すと共に、その由来と意義について若干の考察を行う。

漂着軽石試料

軽石試料を採取したのは出雲大社西方の稲佐海岸である (第 1 図)。漂着軽石は海面より 1 m ほど高い、草が生えた砂地面のゴミの濃集部に散在してあり、約 30 分で大小 190 個の軽石が採取された (第 2 A, B 図)。軽石の径は最大 9 cm、平均 3–4 cm 程度で、円磨度は亜円礫が多いが、中には亜角礫も含まれている (第 2 A, D 図)。また、フジツボや海棲生物が付着している軽石もある (第 2 B, C 図)。

軽石の組織、EPMA による火山ガラスと鉱物の組成分析

EPMA で分析した軽石は 3 個 (TS-1, 2, 3) であり、径はいずれも 6 cm 程度で、円礫である。EPMA による組成面分析結果を第 3 図に示した。軽石中の気泡の大きさは 50 μm 前後である。含まれる鉱物は斜長石 (径は最大 0.75 mm)、石英、斜方輝石、磁鉄鉱、チタン鉄鉱、燐灰石である。
[分析方法] EPMA 分析は汽水域研究センター設置の JEOL 社 JXA 8800 M を用いて行われた。火山ガラスの分析は加速電圧を 15 kV、試料電流を 10 nA、ビーム径を 10 μm にして、Ti, Al, Fe, Mg, Mn, Ca, Na, K はピーク位置で 10 秒間、バック・グラウンド位置で 5 秒間測定、Si はピーク位置で 10

¹⁾ 島根大学総合理工学部
Department of Geoscience, Faculty of Science and Engineering, Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue 690-8504, JAPAN

²⁾ 元居酒屋「をとめ」主人
Former master of Snack bar "OTOME"

³⁾ 徳岡汽水域研究所
Tokuoka Laboratory for Studies of Blackish Water Environments

⁴⁾ 三瓶自然館
Sambe Nature Museum



第1図 大社、稲佐海岸と軽石濃集面。

秒間、バック・グラウンド位置で2秒間測定、Pはピーク位置で20秒間、バック・グラウンド位置で5秒間測定した。補正はZAFによった。分析に際してはモニター(ワーキング・スタンダード)として火山ガラス分析ではATとAso-4を、また、鉱物分析ではケルースタイトを用いた。

[分析結果] 火山ガラスの分析結果を第1表に示した。TS-1, 2, 3はいずれも類似した組成を示す。揮発性成分を除いて、トータルの値を100重量%(wt%)に計算した結果では、組成範囲は以下の通りである。TS-1は $\text{SiO}_2=78.46\text{--}77.89\text{ wt\%}$, $\text{TiO}_2=0.14\text{ wt\%}$, $\text{Al}_2\text{O}_3=12.07\text{--}12.00\text{ wt\%}$, $\Sigma\text{FeO}=1.51\text{--}1.24\text{ wt\%}$, $\text{MnO}=0.09\text{--}0.01\text{ wt\%}$, $\text{MgO}=0.16\text{--}0.15\text{ wt\%}$, $\text{CaO}=1.06\text{--}1.01\text{ wt\%}$, $\text{Na}_2\text{O}=3.13\text{--}3.12\text{ wt\%}$, $\text{K}_2\text{O}=3.30\text{--}3.11\text{ wt\%}$, $\text{P}_2\text{O}_5=0.07\text{--}0.00\text{ wt\%}$ である。TS-2は $\text{SiO}_2=79.04\text{--}78.26\text{ wt\%}$, $\text{TiO}_2=0.22\text{--}0.14\text{ wt\%}$, $\text{Al}_2\text{O}_3=12.02\text{--}11.68\text{ wt\%}$, $\Sigma\text{FeO}=1.21\text{--}0.90\text{ wt\%}$, $\text{MnO}=0.09\text{--}0.00\text{ wt\%}$, $\text{MgO}=0.19\text{--}0.15\text{ wt\%}$, $\text{CaO}=1.17\text{--}1.08\text{ wt\%}$, $\text{Na}_2\text{O}=3.70\text{--}3.29\text{ wt\%}$, $\text{K}_2\text{O}=3.47\text{--}3.32\text{ wt\%}$, $\text{P}_2\text{O}_5=0.11\text{--}0.01\text{ wt\%}$ である。TS-3は $\text{SiO}_2=79.45\text{--}77.18\text{ wt\%}$, $\text{TiO}_2=0.25\text{--}0.11\text{ wt\%}$, $\text{Al}_2\text{O}_3=12.46\text{--}11.24\text{ wt\%}$, $\Sigma\text{FeO}=1.40\text{--}1.18\text{ wt\%}$, $\text{MnO}=0.10\text{--}0.00\text{ wt\%}$, $\text{MgO}=0.21\text{--}0.14\text{ wt\%}$, $\text{CaO}=1.17\text{--}1.09\text{ wt\%}$, $\text{Na}_2\text{O}=3.83\text{--}3.13\text{ wt\%}$, $\text{K}_2\text{O}=3.18\text{--}2.98\text{ wt\%}$, $\text{P}_2\text{O}_5=0.09\text{--}0.00\text{ wt\%}$ である。

斜長石の組成はTS-1中にAn成分に富んだもの($\text{An}_{75.2}\text{Ab}_{24.1}\text{Or}_{0.6}$)が含まれるが、これを除くとTS-1中では $\text{An}_{39.0\text{--}37.2}\text{Ab}_{56.2\text{--}39.5}\text{Or}_{3.3\text{--}1.5}$, TS-2中では $\text{An}_{52.9\text{--}41.4}\text{Ab}_{56.0\text{--}45.2}\text{Or}_{2.9\text{--}1.9}$ の組成範囲を示す。斜方輝石とFe-Ti酸化鉱物はTS-2中のものについて分析された。斜方輝石のmg値[$100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$]は47.0–44.9の範囲にあり、鉄紫蘇輝石の領域にある。Wo成分[$\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe})$]は1.8–1.4である(第2表)。磁鉄鉱の組成はM7-1が $\text{TiO}_2=11.77\text{ wt\%}$, $\text{Al}_2\text{O}_3=2.43\text{ wt\%}$, $\text{MgO}=0.93\text{ wt\%}$ で、M22-1が $\text{TiO}_2=10.82\text{ wt\%}$, $\text{Al}_2\text{O}_3=2.05\text{ wt\%}$, $\text{MgO}=0.71\text{ wt\%}$ である(第3表)。チタン鉄鉱は $\text{TiO}_2=47.84\text{--}45.13\text{ wt\%}$, $\Sigma\text{FeO}=48.26\text{--}49.98\text{ wt\%}$, $\text{MgO}=1.47\text{--}1.38\text{ wt\%}$ である。

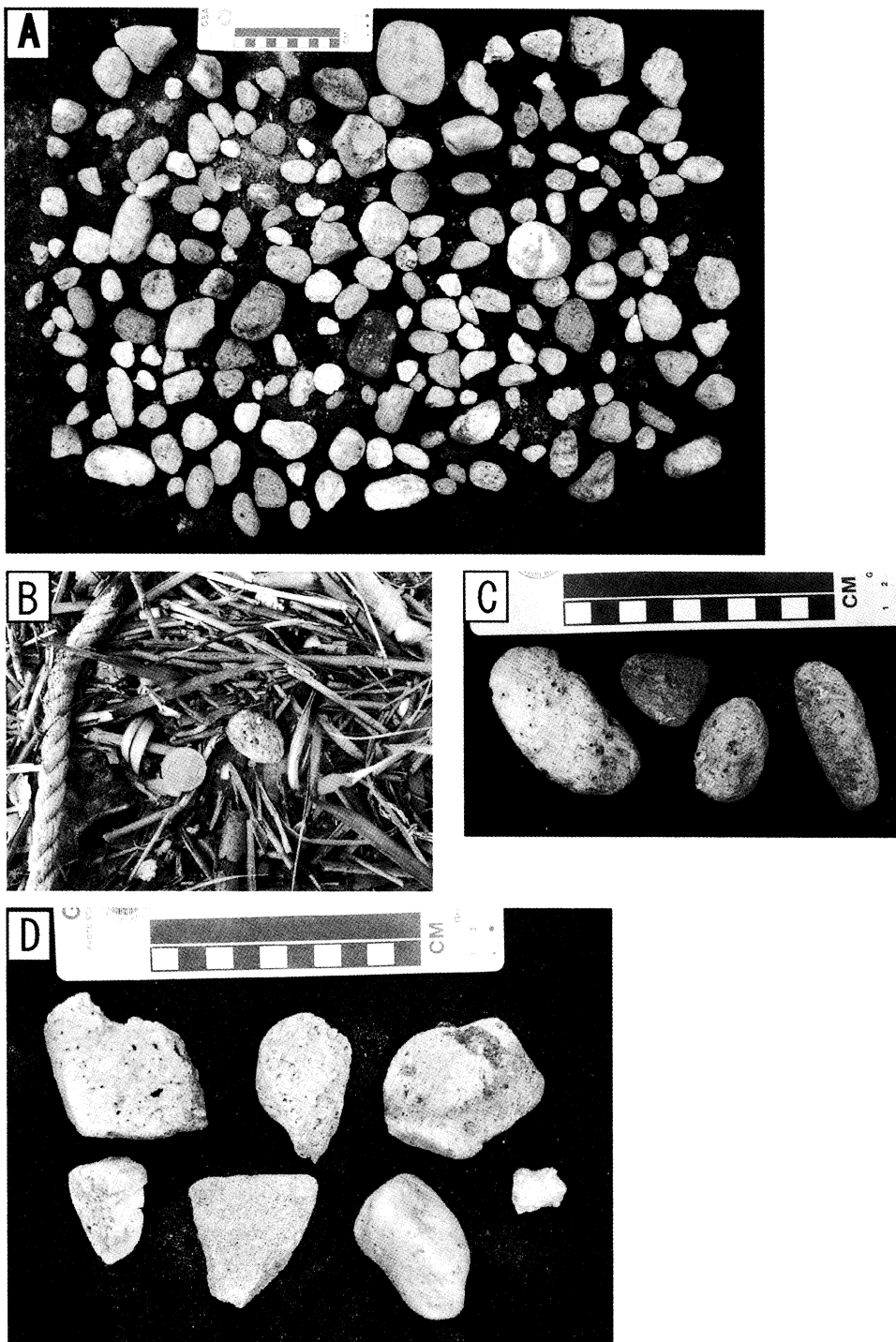
軽石の全岩化学組成

上記の軽石(TS-1, 2, 3)の全岩について、主成分(Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P)と微量元素(Ba, Ce, Cr, Ga, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, Th, V, Y, Zr)分析を行った。分析は島根大学総合理工学部地球資源環境学科設置の波長分散型蛍光X線分析装置(リガク製RIX 2000)を用い、ガラスビード法で行った。試料と融剤($\text{LiBO}_2 : \text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7=1:4$)の混合比は1:2である。分析精度や検出限界は小林・沢田(1998)で示したものと同様である。

分析結果を第4表に示した。TS-1, 2, 3はいずれも類似した値を示す。分析値のトータルを100wt%にして計算した値で見るとTS-1, 2, 3の組成範囲は $\text{SiO}_2=75.85\text{--}74.40\text{ wt\%}$, $\text{TiO}_2=0.20\text{--}0.18\text{ wt\%}$, $\text{Al}_2\text{O}_3=14.76\text{--}13.46\text{ wt\%}$, $\Sigma\text{FeO}=1.83\text{--}1.68\text{ wt\%}$, $\text{MnO}=0.06\text{ wt\%}$, $\text{MgO}=0.32\text{--}0.27\text{ wt\%}$, $\text{CaO}=1.77\text{--}1.70\text{ wt\%}$, $\text{Na}_2\text{O}=3.78\text{--}3.74\text{ wt\%}$, $\text{K}_2\text{O}=3.19\text{--}2.97\text{ wt\%}$, $\text{P}_2\text{O}_5=0.03\text{--}0.02\text{ wt\%}$ である。

漂着軽石の起源

大社稲佐海岸にもっとも近く、軽石噴火を伴うものとして三瓶山の三瓶・木次軽石と大田軽石流が考えられるが、大社稲佐軽石には斜方輝石が特徴的に含まれるのに対し、三瓶起源流紋岩質軽石は黒雲母が多く含まれることから異なったものである。大社稲佐軽石の全岩組成も三瓶起源流紋岩質軽石(服部ほか, 1983)に比べ、TiやFeが多く異なっている。沢田ほか(1997)は島根県波根湖跡のボーリングコアの標高-13.6mに径7–2mmの軽石(波根軽石と呼称)を含む厚さ2cmの層を確認し、柱状図の岩相から推定される堆積環境、鬼界アカホヤ(K-Ah)との関係、この軽石と麓島軽石のガラスや鉱物組成、全岩組成比較から、波根軽石は麓島における9300年前の大噴火に伴う漂着軽石と推定した。麓島や約1000年前に大規模なプリニー式噴火があった白頭山(町



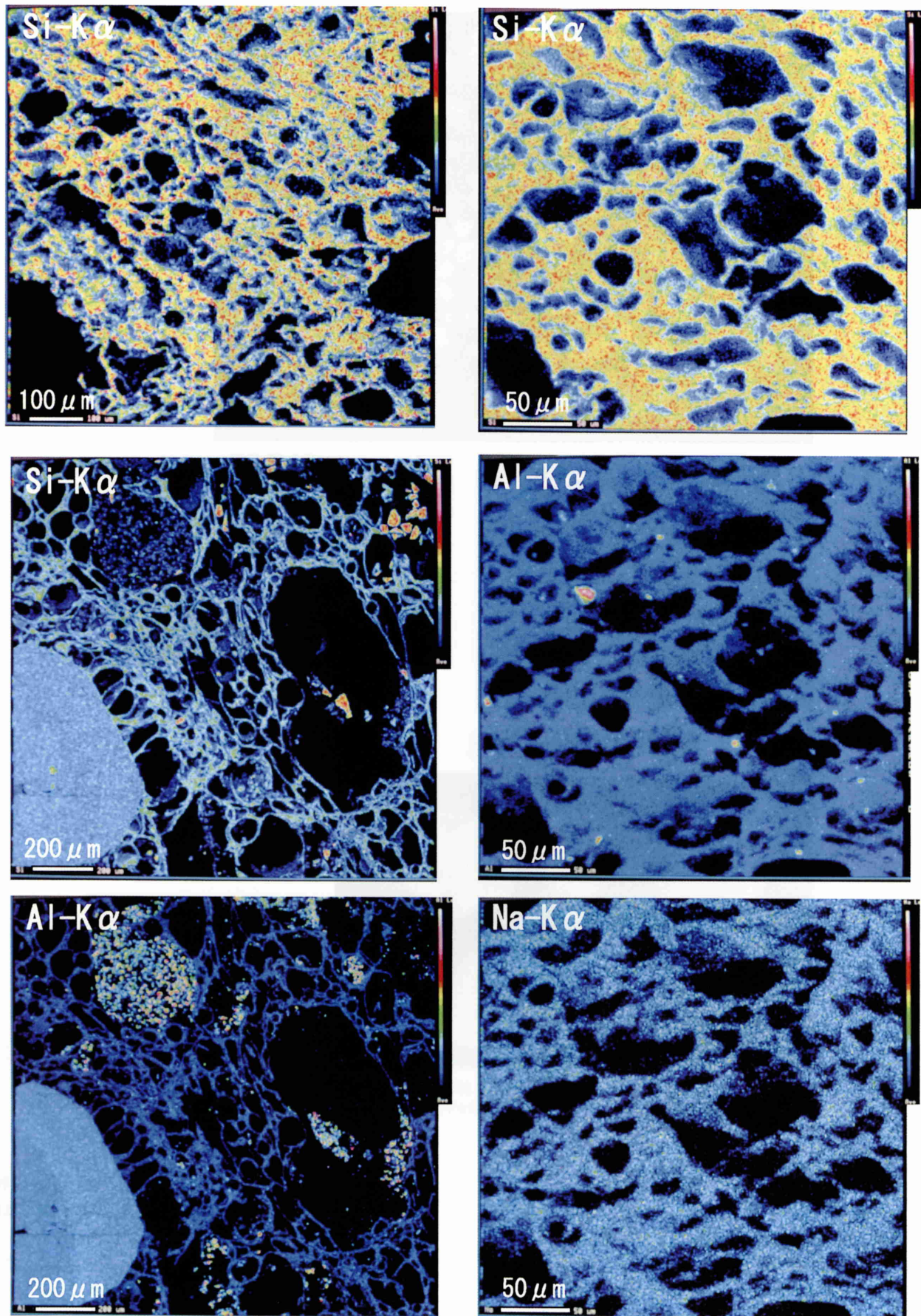
第2図 漂着した軽石。A) 2003年11月8日に採取された190個の軽石。B) フジツボの付着した軽石採取現場。C) フジツボや海棲生物の遺骸が付着した軽石。D) 亜角礫状の軽石。

田・新井, 1992)はいずれも強アルカリ岩であり、ここで扱っている漂着軽石とはまったく異なっている。

結論的に述べると、日本列島周辺の軽石でもっとも組成が似通っているのは始良カルデラ由来の軽石、あるいは火山ガラスである。始良火砕噴火による軽石の鉱物組み合わせと組成、全岩組成は変化に乏しいことが指摘され、その主要な構成鉱物は斜長石、石英、斜方輝石、磁鉄鉱、チタン鉄鉱、燐

灰石であり、まれに鉄カンラン石が含まれる(津久井・荒牧, 1990)。ただし、河合・三宅(1999)による重鉱物分離では始良Tnテフラ中には上記の鉱物の他に、単斜輝石、ホルンブレンド、カミングトン閃石、ジルコン、ピジョン輝石、黒雲母、カンラン石が含まれていることが報告されている。

第1表に大社稲佐軽石のガラス組成と比較するために、始良由来広域テフラ(AT)中の火山ガラス組成(町田・新井,



第3図 軽石のX線マイクロアナライザー (EPMA) による組成面分析.

第1表 大社稲佐軽石中の火山ガラスのEPMAによる組成分析結果。(A)は生の分析値,(B)は(A)の分析値のトータルを100%とした値。ATは町田・新井(1992)による始良ATの分析結果のコンパイルデータ(19個の平均値と標準偏差1σ)。

(A)	TS-1	TS-1	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-3	TS-3	TS-3	TS-3	TS-3	TS-3
(wt%)	2-1	3-1	1-1	1-2	2-1	3-1	4-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1	
SiO ₂	72.21	71.30	70.47	71.86	71.28	71.88	71.41	71.95	68.69	70.18	70.99	71.82	70.76	
TiO ₂	0.13	0.13	0.14	0.14	0.19	0.13	0.15	0.23	0.14	0.10	0.14	0.16	0.14	
Al ₂ O ₃	11.04	11.05	10.82	10.84	10.54	10.77	10.88	11.21	11.09	9.93	11.12	10.95	10.64	
FeO	1.14	1.39	1.00	1.10	0.82	0.82	0.92	1.17	1.24	1.13	1.20	1.08	1.13	
MnO	0.08	0.01	0.08	0.00	0.08	0.06	0.00	0.09	0.05	0.00	0.05	0.09	0.00	
MgO	0.14	0.15	0.13	0.17	0.15	0.16	0.14	0.18	0.16	0.13	0.15	0.19	0.18	
CaO	1.06	1.01	0.98	1.00	1.04	1.07	1.05	1.03	1.04	1.00	1.02	1.03	0.98	
Na ₂ O	3.12	3.13	3.29	3.05	2.97	3.04	3.37	3.34	3.41	2.76	3.30	3.38	3.28	
K ₂ O	3.11	3.30	3.13	3.06	3.07	3.03	3.13	3.18	3.18	3.06	3.14	2.98	3.17	
P ₂ O ₅	0.00	0.07	0.01	0.01	0.05	0.10	0.01	0.00	0.00	0.04	0.08	0.01	0.00	
Total	92.03	91.54	90.04	91.24	90.19	91.06	91.05	92.38	89.01	88.33	91.19	91.69	90.29	
(B)	TS-1	TS-1	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-3	TS-3	TS-3	TS-3	TS-3	TS-3	TS-3
(wt%)	2-1	3-1	1-1	1-2	2-1	3-1	4-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1	
SiO ₂	78.46	77.89	78.26	78.76	79.04	78.94	78.43	77.88	77.18	79.45	77.85	78.33	78.37	
TiO ₂	0.14	0.14	0.16	0.15	0.22	0.14	0.17	0.25	0.16	0.11	0.15	0.18	0.16	
Al ₂ O ₃	12.00	12.07	12.02	11.89	11.68	11.83	11.94	12.14	12.46	11.24	12.20	11.94	11.78	
FeO	1.24	1.51	1.11	1.21	0.91	0.90	1.01	1.27	1.40	1.28	1.32	1.18	1.26	
MnO	0.09	0.01	0.09	0.00	0.09	0.07	0.00	0.10	0.06	0.00	0.05	0.10	0.00	
MgO	0.15	0.16	0.14	0.19	0.16	0.18	0.15	0.20	0.18	0.14	0.16	0.21	0.20	
CaO	1.15	1.11	1.08	1.10	1.15	1.17	1.15	1.12	1.17	1.14	1.12	1.13	1.09	
Na ₂ O	3.39	3.42	3.65	3.34	3.29	3.34	3.70	3.61	3.83	3.13	3.62	3.69	3.63	
K ₂ O	3.38	3.60	3.47	3.35	3.40	3.32	3.43	3.44	3.57	3.46	3.44	3.25	3.51	
P ₂ O ₅	0.00	0.08	0.01	0.01	0.06	0.11	0.01	0.00	0.00	0.05	0.09	0.01	0.00	
Total	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

AT	
Average	STDEV
(n=19)	1σ
78.37	0.47
0.13	0.02
12.27	0.23
1.22	0.04
0.05	0.02
0.15	0.05
1.10	0.03
3.33	0.30
3.36	0.12

第2表 (A)大社稲佐軽石(TS-2)中の斜方輝石のEPMAによる組成分析結果。(B)は津久井・荒牧(1990)による大隈軽石(OS)と入戸火砕流(Ito)の軽石中の斜方輝石のEPMAによる組成分析結果。

(A)	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2	TS-2
(wt%)	M5-2	M5-4	M5-5	M19-1	M19-2	M19-3	M19-4	M24-1	M25-1	
SiO ₂	50.88	50.96	51.19	50.12	50.57	50.76	50.51	50.65	50.44	
TiO ₂	0.10	0.05	0.09	0.16	0.21	0.09	0.16	0.25	0.14	
Al ₂ O ₃	0.28	0.36	0.38	0.49	0.39	0.46	0.39	0.49	0.59	
FeO	32.09	32.44	31.32	32.49	31.84	32.10	30.75	32.11	32.32	
MnO	1.30	1.42	1.19	1.46	1.34	1.30	1.17	1.21	1.13	
MgO	15.46	14.81	14.99	14.92	15.06	15.02	15.32	15.13	15.29	
CaO	0.78	0.71	0.81	0.71	0.66	0.73	0.84	0.77	0.73	
Na ₂ O	0.04	0.00	0.04	0.00	0.06	0.01	0.03	0.02	0.06	
Total	100.93	100.75	100.01	100.35	100.13	100.47	99.17	100.63	100.70	
O=6.000										
Si	1.979	1.988	1.993	1.969	1.982	1.983	1.988	1.976	1.968	
Al(4)	0.013	0.012	0.007	0.023	0.018	0.017	0.012	0.023	0.027	
Al(6)		0.005	0.010			0.004	0.006			
Ti	0.003	0.001	0.003	0.005	0.006	0.003	0.005	0.007	0.004	
Fe	1.044	1.058	1.030	1.067	1.043	1.049	1.012	1.047	1.055	
Mn	0.043	0.047	0.040	0.049	0.044	0.043	0.039	0.040	0.037	
Mg	0.896	0.861	0.878	0.874	0.880	0.875	0.899	0.880	0.889	
Ca	0.033	0.030	0.034	0.030	0.028	0.031	0.035	0.032	0.031	
Na	0.003	0.000	0.003	0.000	0.005	0.001	0.002	0.002	0.005	
Ca	1.6	1.5	1.8	1.5	1.4	1.6	1.8	1.6	1.5	
Mg	45.4	44.2	45.2	44.3	45.1	44.8	46.2	44.9	45.0	
Fe	52.9	54.3	53.0	54.2	53.5	53.7	52.0	53.5	53.4	
mg	46.2	44.9	46.0	45.0	45.7	45.5	47.0	45.6	45.7	

(B)	OS-13(Opx)		ITO 11c(Opx)	
(wt%)	core	rim	core	rim
SiO ₂	52.62	50.80	51.29	49.97
TiO ₂	0.20	0.09	0.14	0.17
Al ₂ O ₃	0.64	0.11	0.07	0.11
FeO	26.67	31.69	33.03	33.42
MnO	0.63	1.40	1.08	1.12
MgO	19.03	14.68	13.45	12.17
CaO	1.13	0.83	1.61	1.53
Ca	2.3	1.8	3.5	3.4
Mg	54.7	44.4	40.6	38.0
Fe	43.0	53.8	5.9	58.6
mg	56.0	45.2	42.1	39.4

第3表 (A) 大社稲佐軽石 (TS-2) 中の磁鉄鉱 (mt) とチタン鉄鉱 (Il) の EPMA による組成分析結果、(B) は津久井・荒牧 (1990) による大隈軽石 (OS) と入戸火砕流 (Ito) の軽石中の磁鉄鉱 (mt) とチタン鉄鉱 (Il) の EPMA による組成分析結果。

(A)	M7-1	M22-1	M6-1	M9-1	M18-1	M23-1
TS-2	mt	mt	il	il	il	il
SiO ₂	0.05	0.13	0.01	0.00	0.02	0.05
TiO ₂	10.82	11.77	45.13	46.85	47.84	47.52
Al ₂ O ₃	2.43	2.05	0.11	0.10	0.07	0.11
FeO	79.88	81.66	49.98	49.53	48.26	48.81
MnO	0.51	0.42	0.93	0.89	0.95	0.80
MgO	0.93	0.71	1.45	1.38	1.47	1.43
Total	94.62	96.74	97.61	98.75	98.61	98.72

(B)	OS-13		ITO 11c	
(wt%)	mt	il	mt	il
SiO ₂	0.21	0.00	0.20	0.00
TiO ₂	11.64	48.06	19.71	49.72
Al ₂ O ₃	1.36	0.00	1.89	0.00
FeO	81.37	49.14	73.68	47.60
MnO	0.80	1.03	0.81	0.99
MgO	0.17	0.96	0.30	1.02
Total	95.55	99.19	96.59	99.33

1992) を示した。Mn については測定時間が短いために、偏差が大きいため比較の対象にはならない。Ti, Fe, Mg の値の中にはやや高い値や低い値を示すものもあるが、それらを除くと、TS-1, 2, 3 中の火山ガラスの組成は AT の標準偏差 (1σ) の範囲内に入る。

第2表と第3表には TS-2 中の斜方輝石、磁鉄鉱、チタン鉄鉱の組成と、比較の意味で津久井・荒牧 (1990) による大隈降下軽石 (OS) と入戸火砕流 (Ito) 中のそれらの組成を示した。斜方輝石の組成は大隈軽石の組成に類似する。入戸火砕流中のものは大社稲佐軽石に比べより Fe と Ca に富む傾向がある。大社稲佐軽石の斜方輝石の組成 (Ca-Mg-Fe) は河合・三宅 (1999) によって報告された組成領域に入る。第3表には大社稲佐軽石中の磁鉄鉱、チタン鉄鉱の組成と、大隈降下軽石 (OS) と入戸火砕流 (Ito) 中のそれらの組成 (津久井・荒牧, 1990) を示したが、大社稲佐軽石中のものは大隈軽石中のものと類似していると言える。

大社稲佐軽石と津久井・荒牧 (1990) による大隈降下軽石 (OS) と入戸火砕流 (Ito) 中の軽石の全岩化学組成を第4表に示した。主成分・微量元素ともに大社稲佐軽石の組成は大隈軽石の組成領域 (13 個の標準偏差 1σ) 中に入る。

以上述べてきた軽石中の構成鉱物の組合わせと組成、火山ガラスの組成、全岩組成から判断して、大社稲佐軽石は始良カルデラを形成した大規模火砕噴火に伴われる軽石、特に大隈軽石に酷似していると言える。さて、ではなぜ始良カルデラ形成時の軽石が多量に大社稲佐海岸に存在するのか？ いくつかの可能性が考えられる。一つは最近、所謂ホームセンターで園芸用の軽石、例えば「日向軽石」の商標をもつ軽石、が販売されており、それらが大量投棄された可能性である。しかし、筆者の一人片岡によれば第二次大戦以前にもしばしば拳大の軽石が大社付近の海岸に漂着していたということか

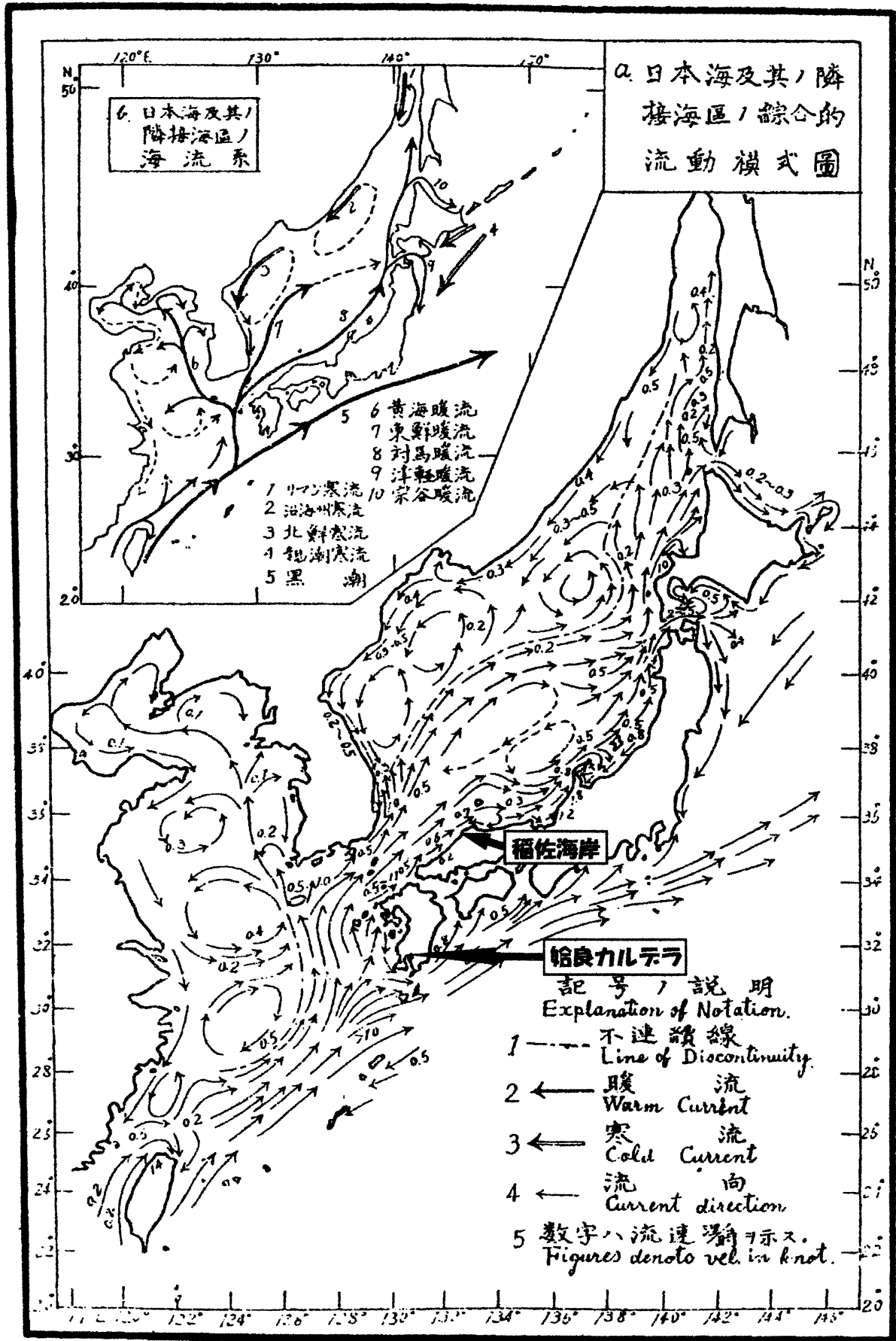
第4表 (A) 大社稲佐軽石 (TS-1, 2, 3) の全岩主・微量成分。(A-1) は分析値 (A-2) のトータルを 100 wt% にして計算した値。(B) は津久井・荒牧 (1990) による (B-1) 大隈軽石 (OS) (分析地点 13 個の平均値と標準偏差 1σ) と (B-2) 入戸火砕流 (Ito) 中の軽石 (分析地点 11 個の平均値と標準偏差 1σ) の全岩主・微量成分。

A-1	B-1			B-2			
(wt%)	TS-1	TS-2	TS-3	Os-Av (n=13)	STDEV 1σ (n=11)	Ito-Av (n=11)	STDEV 1σ
SiO ₂	74.40	75.85	75.51	75.85	0.37	75.33	0.28
TiO ₂	0.20	0.18	0.18	0.18	0.01	0.19	0.01
Al ₂ O ₃	14.76	13.19	13.46	13.32	0.21	13.85	0.26
FeO	1.83	1.68	1.78	1.66	0.06	1.70	0.14
MnO	0.06	0.06	0.06	0.05	0.00	0.05	0.00
MgO	0.32	0.27	0.30	0.25	0.02	0.26	0.04
CaO	1.70	1.76	1.77	1.73	0.18	1.94	0.04
Na ₂ O	3.74	3.78	3.74	3.69	0.09	3.44	0.06
K ₂ O	2.97	3.19	3.16	3.22	0.10	3.18	0.06
P ₂ O ₅	0.02	0.03	0.03	0.04	0.00	0.04	0.01
Total	100.00	99.99	99.99	99.99		99.98	
(ppm)							
Ba	479	489	482	483	11	478	7
Ce	50	53	51				
Cr	n.d.	n.d.	n.d.	1	1	1	1
Ga	14	11	12	13	0	14	0
Nb	9	8	9	9	0	9	0
Ni	n.d.	n.d.	n.d.	1	0	1	0
Pb	12	16	20	17	2	14	3
Rb	121	134	131	121	3	116	1
Sr	139	115	120	113	11	130	3
Th	13	12	11	11	1	12	1
V	3	6	4	15	1	20	2
Y	21	22	22	21	1	22	0
Zr	157	132	140	137	3	144	4
A-2	TS-1	TS-2	TS-3				
(wt%)							
SiO ₂	73.72	74.88	74.44				
TiO ₂	0.20	0.18	0.18				
Al ₂ O ₃	14.63	13.02	13.27				
FeO	1.81	1.66	1.75				
MnO	0.06	0.06	0.06				
MgO	0.32	0.27	0.30				
CaO	1.68	1.74	1.74				
Na ₂ O	3.71	3.73	3.69				
K ₂ O	2.94	3.15	3.12				
P ₂ O ₅	0.02	0.03	0.03				
Total	99.09	98.72	98.58				

ら、大社稲佐軽石は最近人工的に投棄されたものではないであろう。

「はじめに」でも述べたように、日本列島の太平洋沿岸では黒潮によって大きな軽石が漂着することはまれなことではない。小笠原諸島硫黄島付近の海底火山噴火に伴われる軽石さえも漂着するという (小林哲夫私信)。第4図に日本列島周辺の海洋における表層流動のデータ (宇田, 1934) を示した。このデータは 70 年前のものであるが、表層流動の方向に大きな変化がないものとする、南九州に堆積した軽石が流出すると基本的には黒潮にのる場合が多いようである。

始良カルデラが形成されたのは 24-25 ka とされる (村山ほか, 1993; 池田ほか, 1995 など)。始良カルデラ噴火時に中国地方の日本海側の現在陸地であるところに、多量の軽石が堆積したという報告はない。24-25 ka 前は最終氷期にあたり、海面は現在よりも著しく低下していた。中国地方の日本海側で現在海面下となっているところに堆積していたものが、なんらかの影響で堆積層を離れ、対馬海流によって漂流したと



第4図 日本列島周辺海域における表層流動の様相。宇田(1934)から引用。

いう考えもありうるが、積極的な証拠はない。

次の考えがもっとも妥当であろう。すなわち、南九州に堆積していた軽石が、海に流出し、対馬海流までたどり着き、それによって大社まで漂流したとする考えである。今年(2003年)の夏は海水面が異常に高く、例えば安芸宮島の厳島神社の床まで海水が達することもあった。また、日本海を通過した台風もあった。このような気象現象が始良カルデラ由来の軽石が大社稲佐海岸に漂着した原因かもしれない。前述したように、かつて大社付近の海岸には多量の大きな軽石が漂着したこともあるという。また、浜田市下府町下府川河口部の左岸の川向遺跡から、河口部の湿地堆積層中の弥生時代から古墳時代(1800~1700年前頃)にかけての遺物を含む層の上部に、5~30 mmの円礫の軽石を含む厚さ10 cm程度の層が確認された(鳥根県浜田土木建築事務所・鳥根県浜田市教育委員会, 2000)。この軽石の起源は明らかにされていないが、この時期に、日本列島周辺で、大規模なプリニアン式噴火があったという記録はないので、より古い時代の軽石が再堆積した可能性が高い。さらに、隠岐島前西の島の外浜貝塚では、古墳時代から奈良時代(1700~1200年前頃)の貝層から多数の軽石が産出し、中には浮きとして使用されたとみられるものもある。

さて、水上に漂う軽石が沈むのに、どの程度の時間がかかるのであろうか? ミノア文明を一瞬にして壊滅させたギリシャ、サントリーニ島の大噴火の際に噴出した軽石がどの程度の時間で水に飽和するかを検討した研究がある(Whitham and Sparks, 1986)。それによると粒径と水の飽和時間には2次の正の相関があり、100 cm³のものでは、水に飽和するのに26年程度かかる。Manville et al.(1998)によるニュージーランド北島、タウポ AD 181年噴火の軽石を用いた実験では、直径10 mmの球形の軽石のうち、個数にして全体の90%が水に沈むのに60日以上かかっている。これらの研究から言えることは、軽石の種類(特に発泡度や火山ガラス中の水の浸透率)によっても異なるが、径の大きな(1 cm以上程度)軽石が水に沈むのに要する時間は短時間、例えば1週間、というようなものではないということである。このことから乾燥したものは再堆積するとしても時間のかかるものであることがわかる。

大社稲佐海岸に漂着した始良カルデラ起源の軽石が地質学に果たす積極的な意義は少ないが、始良カルデラ起源の軽石だと、日本海に面した地域といえども2万4,5千年の間、軽石が漂着する可能性、すなわち海成層あるいは陸成層でも海岸に近い場所で堆積したものは再堆積の軽石を含んでいる可能性があり、鍵層として使用する際には注意を要する。沢田ほか(1997)の場合、軽石の諸特徴が9.3 kaの鬱陵島噴火に伴われる軽石に酷似しているのみならず、軽石を含む層はK-Ah広域テフラより下位であり、また軽石を含む層の下位に完新世最下部の海進に対応したと考えられる堆積相が認められることも併せて検討し、起源と時代を推定した。当然のことではあるが、このように、鍵層として火山噴出物を扱う

時は地質学のデータを基礎にして、総合的に判断する必要がある。

この小論では、日本海沿岸に流れ着いた南九州由来の軽石について述べた。南九州からの多量の軽石が、のべつまなく日本海沿岸地域に漂流してくる訳ではないだろう。軽石が漂流してくるのは南九州に大規模な土砂流出があった時や日本海を大きな台風が通過するというような条件が複合する時に対応するのかもしれない。

謝 辞

鳥根大学の山内靖喜教授には日本列島周辺における海流に関する資料を教えて頂いた。酒井哲弥助教授には軽石の水中への沈下時間について教えて頂いた。信州大学の三宅康幸教授、鹿児島大学の小林哲夫助教授、福井大学の中島正志教授には始良起源軽石や広域テフラについてご教示頂いた。古澤地質調査事務所の古澤 明氏には広域火山灰の試料を頂いた。鳥根大学地球資源環境学大島由美子さんには厄介な軽石のEPMA薄片を作成して頂いた。同4年生の田山良一君には軽石のXRF分析用ガラス・ビードを作成して頂いた。鳥根大学のBarry Roser博士には英文アブストラクトをチェックして頂いた。以上の方々に感謝する。

文 献

- 服部 仁・鹿野和彦・鈴木隆介・横山勝三・松浦浩久・佐藤博之, 1983, 三瓶山地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 168 p.
- 池田晃子・奥野 充・中村俊夫・筒井正明・小林哲夫, 1995, 南九州始良カルデラ起源の大隈降下軽石と入戸火砕流中の炭化樹木の加速器質量分析法による¹⁴C年代。第四紀研究, **34**, 377-379.
- 河合小百合・三宅康幸, 1999, 始良 Tn テフラの粒度・鉱物組成-広域テフラの地域的変異の一例-。地質雑, **105**, 597-608.
- 小林伸治・沢田順弘, 1998, 隠岐島後における末期中新世隠岐アルカリ火山岩類の成因。岩鉱, **93**, 162-181.
- 町田 洋・新井房夫, 1992, 火山灰アトラス。東京大学出版, 276 p.
- Manville, V., White, J. D. L., Houghton, B. F. and Wilson, C. J. N., 1998, The saturation behaviour of pumice and some sedimentological implications. *Sediment. Geol.*, **119**, 5-16.
- 村山雅史・松本英二・中村俊夫・岡村 真・安田尚登・平 朝彦, 1993, 四国沖ピストンコア試料を用いたAT火山灰噴出年代の再検討-タンデロン加速器質量分析計による浮遊性有孔虫の¹⁴C年代。地質雑, **99**, 787-798.
- 沢田順弘・中村唯史・椋田禎久・Sun Yoon・徳岡隆夫, 1997, 鳥根県大田市の掘削コアから発見された鬱陵島の完新世初期火山活動由来の漂着軽石。第四紀研究, **36**, 1-16.
- 鳥根県浜田土木建築事務所・鳥根県浜田市教育委員会, 2000, 多陀寺川荒廃砂防事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書「川向遺跡」, 46 p.
- 津久井雅志・荒牧重雄, 1990, 始良火砕噴火のマグマ溜り。火山, **35**, 231-248.
- 宇田道隆, 1934, 日本海及其隣接海区の海況;昭和7年5,6月連絡施行日本海第一次一斉海洋調査報告。水産試験場報告, 5.
- Whitham, A. G. and Sparks, R. S. J., 1986, Pumice. *Bull. Volcanol.*, **48**, 209-223.

(受付: 2003年11月25日, 受理: 2003年12月5日)