

4 廻原1号墳の埋葬施設石材の全岩化学分析

島根大学総合理工学部 亀井 淳志

島根大学法文学部 大橋 泰夫

島根大学法文学部 岩本 崇

(1) はじめに

廻原1号墳の調査において、埋葬施設に使用された石材の岩石片を古墳周辺より採取した。埋葬施設に使用された石材の原産地推定を目的として、採取した岩石片の全岩化学分析を波長分散型蛍光X線装置により実施した。以下に結果を報告する。

(2) 採取試料

廻原1号墳の埋葬施設は、玄室棺身および玄室天井石が流紋岩質軽石火山礫凝灰岩で構成され、羨道（天井石含む）から前庭部にかけては赤褐色の安山岩～デイサイトで構成される（第41図、図版29-3）。玄室の棺身と天井石は、岩相が安来市荒島町の流紋岩質軽石火山礫凝灰岩（荒島石）に似る。ただし、玄室棺身に比べて天井石には軽石の量が明らかに多く、各部位の採取露頭は異なるものと推定される（第42図）。羨道から前庭部にかけての石材は、松江市和久羅山～嵩山を構成する和久羅山デイサイトに岩相が似る。

今回の調査により、玄室の設置時に現地で加工がなされた形跡が確認され、玄室周囲より多くの剥片が出土している。これらの剥片や古墳周囲の転石から、玄室の天井石の石材（M1）、玄室棺身の石材（M2）、玄室の天井石南側付近で出土した破片（M4：これはM1と繋がる同一石材）、および羨道の石材（M3）を考古学的・岩石学的な視点から確認作業を行いつつ採取した。また、玄室石材の原産地推定のための比較試料として、岩相の似る新第三紀中新世久利層の流紋岩質軽石火山礫凝灰岩（荒島石）を安来市荒島町にて採取した。一方、羨道から前庭部にかけての石材の比較には、岩相の似る和久羅山デイサイトの既報データ〔佐藤ほか, 2011〕を用いることとした。

荒島石の形成時期はジルコンのフィッシュントラック年代から $15.3 \pm 0.8\text{Ma}$ とされる〔鹿野ほ



第41図 埋葬施設の石材



第42図 玄室天井石の状況

玄室は流紋岩質軽石火山礫凝灰岩であり、羨道はデイサイトである。天井石を玄室内部から撮影。天井石には白色楕円状の軽石が多い。

か, 1994]。和久羅山デイサイトについては全岩 K-Ar 年代から $6.34 \pm 0.80\text{Ma}$ [川井・広岡, 1966] および $4.96 \pm 0.25\text{Ma} \sim 4.99 \pm 0.25\text{Ma}$ [Morris et al., 1990] が得られている。最近の研究では、測定年の新しい Morris et al. [1990] の年代値が形成時期として採用されている [例えば, 佐藤ほか, 2011; Kimura et al., 2014]。

(3) 分析方法

試料は岩石カッターを用いて大きさ $1 \sim 2\text{cm}$ の幾つかの小片に切断した。流紋岩質軽石火山礫凝灰岩に関しては、この時点で異質岩片を取り除いた。小片は蒸留水による超音波洗浄を5分以上行った後に鉄製乳鉢および自動メノウ乳鉢を用いて微粉末化した。この微粉末はエアバスで $110^\circ\text{C} \cdot 24$ 時間以上乾燥させた。次に強熱減量 (LOI) の測定のため、マッフル炉にて約 3g の粉末を $1050^\circ\text{C} \cdot 2$ 時間で加熱した。強熱減量は加熱前後の質量比により求めた。岩石の主・微量成分の定量分析は島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域に設置の波長分散型蛍光 X 線分析装置 (RIGAKU 社 RIX2000) を用いた。分析試料は $1050^\circ\text{C} \cdot 2$ 時間で加熱した粉末とアルカリフラックス ($\text{LiBO}_2 : \text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7 = 1 : 4$ で作成) を $1 : 2$ の割合で混合し、高周波ビードサンプラーにて白金るつぽ内でガラス化したガラスビードに加工した。定量分析は地質調査総合センターのスタンダード試料を用いて作成した検量線を用いた。分析手法は Kimura and Yamada [1996] に従った。

(4) 分析結果

分析結果を第8表に示す。また、佐藤ほか [2011] が報告した和久羅山デイサイト I (暗灰色溶岩)、II (黄灰色溶岩)、III (赤褐色溶岩) のデータを平均した値も同表に示した。

第8表 廻原1号墳の石材の分析結果

	廻原 1号墳	廻原 1号墳	廻原 1号墳	廻原 1号墳	安来市 荒島町	和久羅山 ***	和久羅山 ***	和久羅山 ***
	玄室 天井石 M1	玄室 棺身 M2	羨道 M3	玄室 天井石 付近M4	荒島石 (露頭)	タイプ I 平均値	タイプ II 平均値	タイプ III 平均値
(wt%)								
SiO ₂	70.1	72.42	60.34	71.46	73.9	64.8	65.37	64.92
TiO ₂	0.4	0.23	0.38	0.21	0.16	0.37	0.38	0.4
Al ₂ O ₃	15.8	14	19.47	15.39	12.41	17.96	18.5	18.91
Fe ₂ O ₃	2.79	1.81	4.63	1.75	1.52	4.46	4.33	4.52
MnO	0.09	0.04	0.09	0.04	0.04	0.09	0.09	0.09
MgO	0.4	0.33	1.93	0.31	0.46	1.61	0.75	1.72
CaO	1.21	0.97	4.39	0.92	1.09	5.37	4.86	3.99
Na ₂ O	2.84	2.85	3.47	2.73	2.87	4.16	4.12	3.77
K ₂ O	2.79	3.22	0.58	3.18	3.61	1.37	1.36	1.39
P ₂ O ₅	0.02	0.01	0.09	0	0	0.14	0.13	0.1
LOI	4.28	3.94	2.53	4.67	3.66	0.19	0.7	0.9
Total	100.71	99.83	97.9	100.66	99.73	100.52	100.59	100.71
(ppm)								
Ba	581	616	547	671	631	401	416	445
Ce	119	48	31	54	42	36	40	34
Cr	4	n. d	10	n. d	n. d	26	23	25
Nb	7	7	5	7	5	8	5	5
Ni	4	n. d	6	n. d	n. d	13	14	17
Pb	23	17	7	20	16	6	6	7
Rb	72	74	3	72	81	27	28	30
Sr	129	105	718	99	111	736	697	597
Th	19	19	16	20	19	7	8	6
V	56	17	45	11	n. d	61	67	48
Y	54	28	9	27	26	8	8	7
Zr	121	112	147	109	93	140	140	139

n. d: not determined.

***: 佐藤ほか [2011] が報告した和久羅山デイサイト I・II・III の平均値。

各分析値を Le Maitre et al. [2002] のアルカリ-シリカ図にプロットした (第43図)。玄室の棺身、天井石、天井石付近の石材の組成は、全て SiO₂ 量が 70wt% 以上と高く、流紋岩～デイサイトの組成を持つ。また、安来市荒島町の流紋岩質軽石火山礫凝灰岩 (荒島石) も同様の流紋岩組成である。一方、羨道の石材は SiO₂ 量が約 60wt% で、安山岩組成を示す。和久羅山デイサイトの各溶岩の平均組成はデイサイトであり、羨道の石材よりも SiO₂ 量・Na₂O+K₂O 量が共に高いが、後述するようにこれらは同一マグマに由来するものである。

玄室および羨道の各石材の微量元素組成を中央海嶺玄武岩 (MORB) の値 [Pearce and Parkinson, 1993] で規格化し、岩相がそれぞれに似ている流紋岩質軽石火山礫凝灰岩 (荒島石) および和久羅山デイサイトと比較した (第44図)。その結果、玄室の棺身、天井石、天井石付近の組成は流紋岩質軽石火山礫凝灰

岩(荒島石)とほぼ一致し、一方、羨道の石材の組成はRbとKを除いてほぼ一致した。

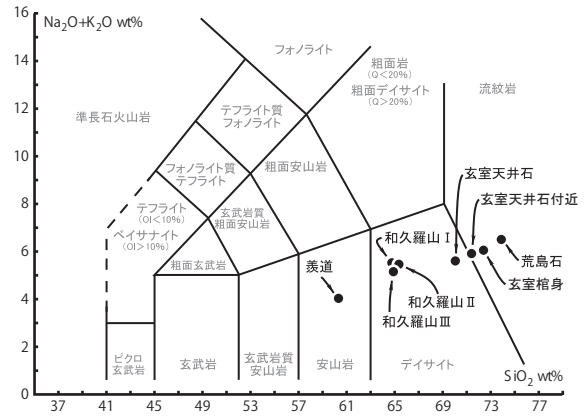
(5) 考察

廻原1号墳の玄室の棺身、天井石、および天井石付近の石材の岩相および化学組成は安来市荒島町で採取した流紋岩質軽石火山礫凝灰岩(荒島石)とほぼ一致した。したがって、岩石学的な視点より、これらの原産地は安来市荒島町付近であり、同地の流紋岩質軽石火山礫凝灰岩(荒島石)を石材としていると判断される。化学組成を細かく見れば、各岩石でSiO₂量やNa₂O+K₂O量にやや違いがある

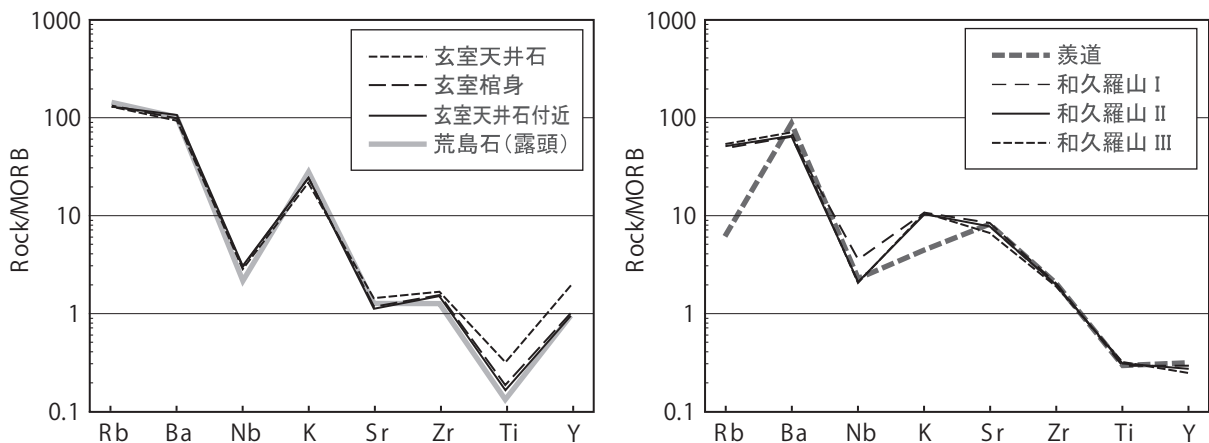
(第43図)。これは凝灰岩が形成される時点でのマグマの不均質性や堆積時の様々な作用に伴う組成バリエーションであり、一般的な凝灰岩の組成変化と判断できる。ただし、棺身と天井石を比べると、軽石の量の違い、SiO₂量とNa₂O+K₂O量の違い、そして微量元素パターンの若干の違い(特にTiとY)があり、これらは両石材が異なる露岩から得られたことを示唆する(第43・44図)。

廻原1号墳の羨道の石材に関しては、岩相が和久羅山デイサイトのタイプⅢ(赤褐色)に似る。ところが化学組成では、羨道の石材が和久羅山デイサイトの各タイプに比較してSiO₂量とNa₂O+K₂O量に低い安山岩組成を示す(第43図)。さらに微量元素ではRbとKの濃度が有意に低い(第44図)。佐藤ほか[2011]は和久羅山デイサイトの広い範囲から採取した試料の化学組成を検討し、岩相のタイプに関わらずSiO₂量が約64~66wt%の狭い範囲にある溶岩で山体が形成されたことを指摘した。この範疇からすれば、羨道の石材(SiO₂量が60.34wt%)は和久羅山デイサイトに当てはまらない。

ここで少し視点を広げて、和久羅山デイサイトの成因について触れる。この火山は約500万年(4.96±0.25Ma~4.99±0.25Ma)に形成したもので、四国沖の南海トラフから沈み込んだフィリピン海プレートが現在の島根県下で直接融解して発生したマグマが上昇してきた「アダカイト」と呼ばれる特殊な岩石からなる[佐藤ほか, 2011]。大山や三瓶山も同様のアダカイトであるが、日本国内では珍しいタイプの火山に属する。アダカイトの化学的特徴としては、その特殊な成因ゆえに、高Sr(400ppm以上)、高Al₂O₃(15wt%以上)、高Na₂O(3.5~7.5wt%)、高MgO(0.5~4.0wt%)



第43図 アルカリー-シリカ図
Q: ノルム石英 O1: ノルムかんらん石
和久羅山Ⅰ・Ⅱ・Ⅲは佐藤ほか[2011]を使用



第44図 石材の微量元素組成
和久羅山Ⅰ・Ⅱ・Ⅲは佐藤ほか[2011]を使用

低 K_2O/Na_2O (0.42 以下)、低 Y (18ppm 以下) などの定義がある〔例えば, Defant and Drummond, 1990; Martin et al., 2005; Kamei et al., 2009〕。廻原 1 号墳の羨道の石材はこれらを全て満たしており、岩石学的にはアダカイト火山に由来する岩石と判断される。島根県東部から鳥取県西部にかけて分布するアダカイト火山の中で羨道の石材に相当する赤褐色の緻密な安山岩質岩石は和久羅山デイサイトを除いて報告がない。したがって、この石材の原産地は松江市の和久羅山～嵩山であると特定される。

これまで報告されてきた和久羅山デイサイト (SiO_2 量 64 ~ 66wt%) に比較して、羨道の石材が持つ低い SiO_2 量と Na_2O+K_2O 量、かつ低い Rb と K の濃度は、和久羅山デイサイトを形成したマグマの中でもかなり初性的な組成 (マグマが分化をしてない) を保持した部分が固結した珍しい岩石と判断できる。現時点では、その採取露頭を断定するには至らないが、和久羅山デイサイトの成因を考察するという岩石学的な視点においても面白い発見と言える。

(6) ま と め

廻原 1 号墳の玄室の本体および天井石の石材は、安来市荒島町付近で採取された流紋岩質軽石火山礫凝灰岩 (荒島石) であると判断される。一方、羨道から前庭部にかけての石材は、松江市和久羅山～嵩山を構成する和久羅山デイサイトのタイプ III (赤褐色溶岩) から採取された安山岩と判断される。

謝 辞

本研究の化学分析および岩石記載に関して、小林夏子氏、奥田佳奈氏、山本奈穂氏、横山雅史氏にお世話になった。島根大学大学院地球資源環境学領域には分析装置および実験室の使用を許可いただいた。本研究は島根大学古代出雲プロジェクトセンターの研究経費により行われた。

文 献

- Defant, M.J. and Drummond, M.S., 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature* 347, 662-665.
- Kamei A., Miyake Y., Owada M. and Kimura J-I., 2009, A pseudo adakite derived from partial melting of tonalitic to granodioritic crust, Kyushu, southwest Japan arc. *Lithos* 112, 615-625.
- 鹿野和彦・山内靖喜・高安克己・松浦浩久・豊 遙秋, 1994, 松江地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅) (Geology of the Matsue district. With Geological Sheet Map at 1:50,000), 地質調査所 (Geol. Surv. Japan), 126p.
- 川井直人・広岡公夫, 1966, 西南日本新生代火成岩類若干についての年代測定結果. 日本地質学会関連 4 学会 連合学術大会総合討論会資料集「年代測定結果を中心としてみた日本酸性岩類の形成期」(Ann. Meet. Geol. Soc. Japan), 5.
- Kimura, J-I. and Yamada, Y., 1996, Evaluation of major and trace element XRF analyses using a flux to sample ratio of two to one glass beads. *J. Min. Petr. Econ. Geol.* 91, 62-72.
- Kimura J-I, Gill J.B., Kunikiyo T., Osaka I., Shimoshioiri Y., Katakuse M., Kakubuchi S., Nagao T., Furuyama K., Kamei A., Kawabata H., Nakajima J., Keken P.E.van, and Stern R.J, 2014, Diverse magmatic effects of subducting a hot slab in SW Japan: results from forward modeling. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 15, 691-739.
- Le Maitre., R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lameyre, J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sørensen, H., Wooley, A.R., 2002 *Igneous rocks: A classification and glossary: recommendation of the International Union of Geological Sciences. In Subcommission on the systematics of Igneous Rocks [2nd ed.].* edited by R.W. Le Maitre, p. 236, Cambridge (UK), Cambridge University Press.

- Martin, H., Smithies, R.H., Rapp, R., Moyen, J.-F., and Champion, D., 2005. An overview of adakite, tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. *Lithos* 79, 1-24.
- Morris, P. A., Itaya, T., Watanabe, T. and Yamauchi, S., 1990, Potassium/argon ages of Cenozoic igneous rocks from eastern Shimane Prefecture -Oki Dozen Island, southwest Japan and the Japan Sea opening. *Jour. Southeast Asian Earth Sci.* 4, 125-131.
- Pearce, J.A., Parkinson, I.J., 1993. Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. In: Prichard, H.M., Alabaster, T., Harris, N.B.W., Neary, C.R. (Eds.), *Magmatic processes and Plate Tectonics*. Geological Society Special Publication 76, 373-403.
- 佐藤大介・松本一郎・亀井淳志, 2011, 島根県松江市, 和久羅山デイサイトの岩石記載と全岩化学組成. *地質学雑誌*, 117, 439-450.