

大分県温泉調査研究会報告

第 64 号

平成 25 年 7 月

目 次

- 九重火山の地球化学的研究 柴 田 知 之 (1)
- 姫島拍子水温泉の地球化学的研究 大 沢 信 二 他 3 人 (5)
- 温泉水の希土類元素組成 芳 川 雅 子 他 1 人 (17)
- 鉱泥浴療法によってもたらされる生活習慣病に対する治療効果の検証
..... 牧 野 直 樹 他 3 人 (21)
- 温泉熱源における時間情報の解読Ⅱ：姫島明神山火山岩片のルミネッセンス年代測定
..... 下 岡 順 直 他 2 人 (25)
- 別府湾の海底地形と表層堆積物構造 竹 村 恵 二 他 2 人 (33)
- 別府の温泉資源を活用したファンゴ（温泉泥）の商品化に関する研究
..... (株)サラヴィオ化粧品 (39)
- 別府温泉微生物の網羅的解析と応用 マヒチ ファエゼ (41)
- 噴気泉中のラドン調査 公益社団法人大分県薬剤師会 (43)
- 蛍光 X 線分析法による温泉水中の懸濁物質の定量(2) 大 上 和 敏 他 3 人 (47)
- 九重火山群北麓周辺の表層電気伝導度分布 鍵 山 恒 臣 他 2 人 (53)
- 別府市におけるボランティアガイドの特性と課題 中 山 昭 則 (57)

序

平成24年度は、大分県の温泉に関連する、いくつかの施策や行動がありました。順不同に並べてみます。まず、①別府温泉で熱活動がもっとも活発な鉄輪地区と明礬地区の一部が、「別府の湯けむり・温泉地景観」として国の重要文化的景観に選定されました（平成24年9月19日付けの官報に告示）。引き続きエネルギー危機の中、②有力な再生可能エネルギーとして温泉の熱が改めて注目され、たとえば温泉熱発電の試みが進められています。そして、③観光・ツーリズム振興の担い手として、従来にも増して温泉を前面に打ち出そうと「おんせん県」の商標登録が試みられました。これは、「“温泉県”はすでに広く使われている」などの理由で、特許庁から拒絶されましたが（平成25年5月10日）、全国的な話題となったようです。

以上のような試みが出来るのは、背景に「大分県の温泉資源の豊かさ」があるからこそでしょう。しかし、昭和24年7月の設立以来、大分県温泉調査研究会が実施してきた調査研究を通して、しばしば指摘されているように、温泉資源の利用には限界があります。その限界を見定め、過大な要求を避けた利用計画が望まれるのは言うまでもありません。そのためにも、調査研究の遂行に加えて、温泉に関する知識や合理的な考え方の普及に努めることが、本研究会に課せられた役割と考えます。この考えに沿って、本研究会では平成21年度以来、長湯温泉をはじめ6箇所の温泉地で「豊かな温泉資源を未来に継承する」と銘打った地域懇談会を実施し、平成25年3月17日には「おんせん県おおいのシンポジウム」を別府温泉で開催いたしました。こうした活動が、今後の温泉利用に役立つことを期待しているところで

す。

さて、本年もここに、平成24年度の活動を記した機関誌第64号を出版する運びとなりました。本号には12編の報告が掲載されています。地球科学・医学・生物学・観光地理学と多岐にわたる研究課題は、いずれも会員諸氏が自主的に選択したものであり、斬新な観点と手法による研究成果に接することができるのは大きな喜びです。調査研究をご担当いただいた会員諸氏、ご支援いただいた関係行政機関並びに事務局の方々に深く感謝の意を捧げる次第です。

温泉に関わる事柄は、特に温泉資源の観点において、新たな局面に入ったように思われます。こうしたときにあたり、会員諸氏の研究のさらなる進展と本会の持続的発展を期待し、関係各位・諸機関の引き続きのご協力をお願いいたします。

平成25（2013）年7月

大分県温泉調査研究会

会 長 由 佐 悠 紀

九重火山の地球科学的研究

柴田知之

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成25年7月

九重火山の地球科学的研究

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
柴田知之

要旨

九重火山で活動したマグマの起源解明を目的に、同火山、及び、大分県から熊本県に分布する火山（姫島・両子山・由布・鶴見岳・阿蘇）の火成岩の地球科学的データを比較・解析した。その結果、九重火山の特に玄武岩質な火成岩は、姫島・両子山・由布・鶴見岳などの火山で卓越するデイサイトや流紋岩とは異なる起源をもっていることが明らかになった。

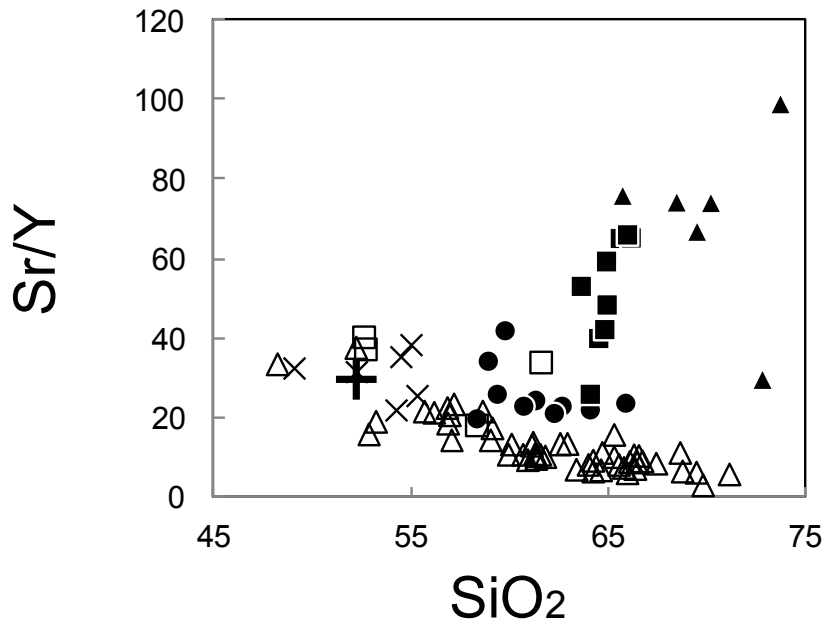
1. はじめに

九州に分布する第四紀火山のマグマについては、沈み込み帯で発生する島弧マグマの他に、非島弧的なマグマの活動によって形成されている火山がある可能性も指摘されている (Kita et al., 2001)。最近、大分県に分布する第四紀火山において、火山岩中の Sr/Y 比は他の島弧マグマと比較して高く、かつ、北から南へ、すなわち姫島、両子山、由布・鶴見、そして九重の順に、減少していることが分かってきた (Shibata et al., 2008)。Shibata et al. (2008) は、大分県下では沈み込むフィリピン海プレートが部分熔融することでマグマが発生し、プレートの部分熔融液の寄与の割合が減少することで、北から南への Sr/Y 比の減少傾向が形成されていると主張した。それに対し、Zellmer et al. (2012) は九州の高い Sr/Y 比を持つマグマは、下部地殻条件下での玄武岩質マグマの結晶分化により形成されたという、異なるモデルを提唱した。本論では、上述の九州の第四紀マグマの形成メカニズムに対する異なる二つのモデルを検証するため、九重火山の地球化学的特徴について、他の大分県に分布する火山、および、熊本県の阿蘇のマグマと比較検討した。

2. 考察

九重と他地域の第四紀マグマを比較するため、Sr/Y 比を SiO₂ 含有量に対してプロットした図を示す。データは Ohta et al. (1991)、Hicky (1991)、Kita et al. (2001)、Sugimoto et al. (2007)、Shibata et al. (2008) から引用した。九重のデータは白抜き四角で示してある。その他の火山については、姫島：黒塗り四角、両子山：黒塗り三角、由布・鶴見：黒塗り丸、阿蘇：白抜き三角で表した。また、プラスは鬼箕玄武岩、バツは由布・鶴見の溶岩中に産する玄武岩質包有物を示す。

九重の第四紀マグマの Sr/Y 比はおおよそ 35 以上と比較的高く、沈み込む海洋プレートが部分熔融してできたマグマの特徴 (Defant and Drummond, 1990) を示すと同時に、Zellmer et al. (2012) が主張する、下部地殻条件下での玄武岩の結晶分化でも、説明可能で



ある。しかしながら、彼らの主張によれば、より分化した、すなわちより SiO₂ 含有量及び Sr/Y 比の高いマグマは、下部地殻条件下での玄武岩の結晶分化起源のマグマから派生することになる。しかしながら、Sr/Y 比と SiO₂ 含有量の図において、玄武岩マグマを親マグマにする分化傾向は Sr/Y が低くなる傾向を示し、Sr/Y 比が高くなる傾向とは異なる。このことから、SiO₂ 含有量の増加とともに Zr/Y 比が高くなる傾向を示すマグマは、沈み込む海洋プレートが部分溶融してできたマグマが、それとは異なるメカニズムで形成されたマグマが分化したものと混合したことによって形成されたと考え方が、妥当であると思われる。また、今回示した玄武岩マグマは、比較的高い Sr/Y 比を持つことから、Zellmer et al. (2012) が主張する、下部地殻条件下での玄武岩質マグマの結晶分化物である可能性も、考えられる。

Keywords: adakite, Kyushu.

参考文献

Defant and Drummond (1990), Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere, *Nature*, **347**, 662-665.

Hickey-Vargas, R. (1991) Isotopic characteristics of submarine lavas from the Philippine sea: implications for the origin of arc and basin magmas of the Philippine tectonic plate, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **107**, 290-304.

Kita, I., Yamamoto, M., Asakawa, Y., Nakagawa, M., Taguchi, S. & Hasegawa, H. 2001. Contemporaneous ascent of within-plate type and island-arc type magmas in the Beppu-Shimabara graben system, Kyushu Island, Japan. *Journal of Volcanology and*

Geothermal Research, **111**, 99–109.

Ohta, T. & Aoki, K. 1991. Origin of andesitic magma in Yufu-Tsurumi volcano group – a binary mixing model –. *Journal of Mineralogy, Petrology and Economic Geology*, **86**: 1–15.

Shibata, T., Kobayashi, T., Sugimoto, K., Ujike, O., Itoh, J. & Takemura, K. 2008a. The lateral variations of Sr, Nd and Pb isotopic and trace element compositions for Quaternary volcanics from Kyushu, Japan, Asia Oceania Geosciences Society 2008 Abstracts, SE74: A026.

Sugimoto, T., Shibata, T., Yoshikawa, M., & Takemura, K. 2007. Sr-Nd-Pb isotopic and major and trace element compositions of the Yufu-Tsurumi volcanic rocks: Implications for the magma genesis of the Yufu-Tsurumi volcanoes, northeast Kyushu, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, **101**: 270–275.

姫島拍子水温泉の地球化学的研究

大 沢 信 二 ・ 三 島 壮 智
酒 井 拓 哉 ・ 橋 本 尚 英

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成25年7月

姫島拍子水温泉の地球化学的研究

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

大 沢 信 二・三 島 壮 智

日鉄鉱業(株)資源開発部地熱開発課

酒 井 拓 哉

大分県立大分舞鶴高校

橋 本 尚 英

要旨

東国東郡の姫島にある拍子水温泉(姫島鉱泉)において、2011年5月28日、現地水質測定、温泉水および温泉沈殿物の採取を行い、温泉水試料について化学および同位体分析を、温泉沈殿物試料については蛍光X線分析、粉末X線回折測定ならびにフーリエ変換赤外分光分析を行った。結果、以下の事柄が明らかとなった。(1)温泉水は HCO_3 濃度が4割程度低下し、全溶存成分量としては3割減であったが、泉質(水質型)には変化はなかった。(2)温泉水の水の同位体組成(δD と $\delta^{18}\text{O}$)は、水そのものは天水に由来することを示したが、溶存炭酸成分の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)は火山性 CO_2 の値の範囲内であった。(3)温泉水からは湧出後に黄褐色の沈殿物が析出し、それは主として非晶質の水酸化第二鉄($\text{Fe}(\text{OH})_3$)からなり、鉄イオンの酸化還元状態を考慮した鉄質鉱物-溶存化学種間の安定関係から予想される内容に合致する。

1. はじめに

大分県下には塚野鉱泉(大分市廻栖野)や六ヶ迫鉱泉(臼杵市藤河内)に代表される、ガスを伴い自噴する冷鉱泉が存在し、これまでに行われた科学的調査によって、その地球化学的素性が明らかにされてきている(例えば、川野・森山、1974;大沢ほか、2003;大沢ほか、2005)。東国東郡の姫島にも拍子水温泉と呼ばれる同様な鉱泉が存在するが、温泉分析書のデータの他に、「 CO_2 の泡を伴って湧出する高い CO_2 分圧を示す炭酸泉である」と言うぐらいしか情報がなく(志賀ほか、1982;伊藤ほか、1997)、理学研究という観点からはほとんど手つかずの状況にあった。そこで、現状で出来る限りの地球化学的情報の入手を目的とし、本研究会の事業として申請し、本格的な調査研究を行った。本年度は、主として温泉水(鉱泉水)と温泉沈殿物に関する報告をする。

2. 調査温泉と関連する地質・歴史など

姫島は国東半島の北方沖合およそ4kmにある東西7km、南北4kmの東西に長い総面積6.87k m^2 の小さな火山島である。この火山島は今から約20~30万年前に始まった珪長質マグマの噴火活動によって形成され、マグマ噴出箇所が異なる複数の単成火山より成り、姫島単成火山群とも呼ばれている(伊藤ほか、1997)。姫島火山群の各火山は主に溶岩ドームを形成

したが、火砕丘の形成や小規模な火砕流、火砕サージの噴出もあり、その証拠を海岸や沿岸海底の地形からも視認することができる。約 2200 人の島民が沿岸漁業と車エビ養殖などを生業に暮らしている。

歴史書での姫島の記述は古くは古事記にさかのぼり、日本書紀においては「垂仁天皇の御代、意富加羅国の王子、都怒我阿羅斯等が白い石から生まれたお姫様と結婚しようとしたが、姫はそれを逃れ、海を渡ってこの島に上陸し、比売語曾(ひめこそ)の神となった」とあり、姫島の名の由来はここから始まるとされている。拍子水温泉の名も、その姫にまつわる「お姫様がお歯黒を付けた後、口をゆすごうとしたが水がなく、手拍子を打って祈ったところ水が湧き出した」とする言い伝えに因っている。

姫島鉱泉とも呼ばれるこの温泉は、単成火山のひとつである金火山を形成する両瀬溶岩に対応する明神山のふもとにこんこんと湧出している(図1A)。湧出口の脇には貯水プールが設けられており(図1B)、25℃を少し下回る温泉水(鉱泉水)はこのプールを経由して反対側に設けられた排出口から流出している。その間に、無色透明だった温泉水は黄褐色に濁り(時として緑色に濁るとも言われている)、その懸濁物質の一部がプールの底に沈殿している。なお、この鉱泉水は、併設される姫島村健康管理センターで温泉として利用されている。

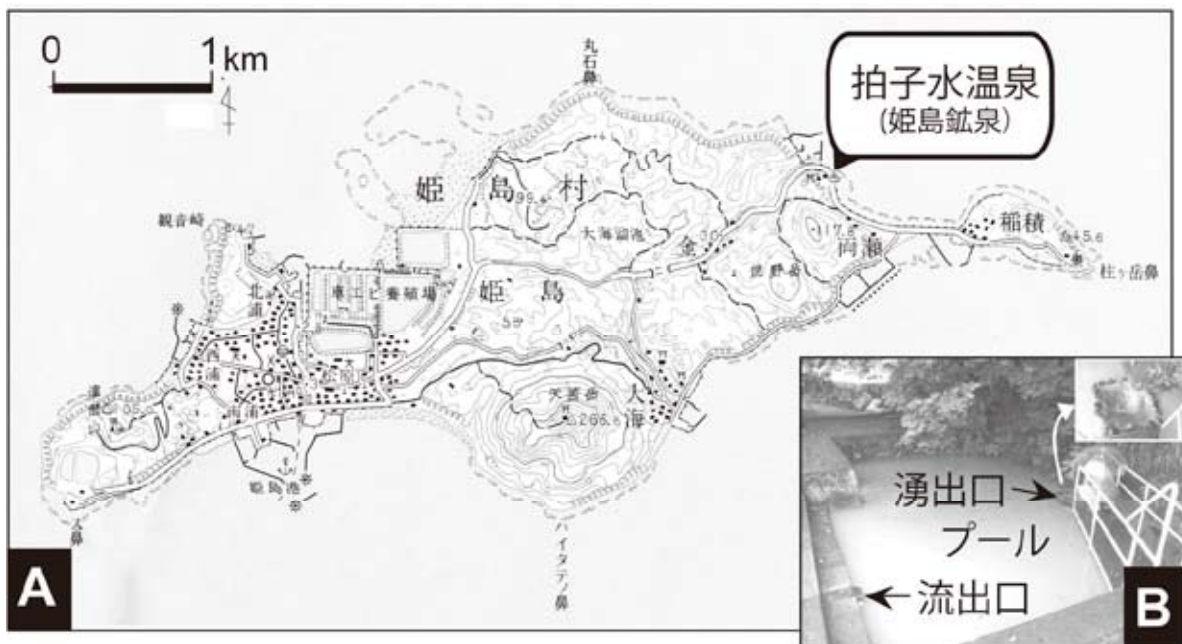


図1 姫島における調査温泉の位置(A)と温泉の湧出状況(B)

3. 調査・研究の方法

2011年5月28日に現地調査に向かい、温泉水、温泉沈殿物(貯水プールの底に堆積したもの)、温泉付随ガスの採取を行い、参考試料として温泉付近で海水と、降雨があったので雨水を建物の雨どいを通して採取した。試料水の水素・酸素同位体比(δD と $\delta^{18}O$)分析用には、

保存中に水の蒸発が起こらないように、ガラスバイアルに採取・保存した。溶存全炭酸 ($\text{DIC}=\text{CO}_{2(\text{aq})}+\text{HCO}_3^-+\text{CO}_3^{2-}$: Dissolved Inorganic Carbon) の化学・同位体分析用の試料水は、容器壁からの CO_2 逃散を回避するために、ガスバリア性に優れたニッコー製テクノボトル (BAREX[®]) に採取し、冷蔵庫内に保管した。その他の成分の分析用には一括して汎用的なポリ瓶に採取し、分析まで冷蔵庫内に保存した。温泉水の採取は、温泉沈殿物と対応関係を検討するために、湧出口と貯水プール流出口の2ヶ所で行い、試料採取の他に現地において水温、pH、3.3mol/L 塩化銀電極を比較電極とした酸化還元電位 (ORP) の測定を行った。ORP は、標準水素電極と使用した比較電極の電位差を加えて Eh (標準水素電極の電位を0とした時の酸化還元電位) に変換した。また、温泉水の湧出量と貯水プール内での滞留時間を知るために、プール内の温泉水の体積 (貯水プールの縦、横、水深) を測り、プール流出口でポリ袋に流出温泉水を受け、ストップウォッチによって受け時間を計測した。ポリ袋内の温泉水の容量をメスシリンダーで測り、容量と受け時間から計算によって温泉水流出量を求めた。

実験室に持ち帰った温泉水試料は、イオンクロマトグラフによって Na、K、Mg、Ca、Cl、 SO_4 を、吸光々度法 (オルソフェナントロリン法) によって全鉄 (ΣFe) を分析した。また、全溶存炭酸 (DIC) 濃度を、試料水を硫酸酸性にして試水中の炭酸成分 ($\text{CO}_2(\text{aq})$ 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-}) をすべて $\text{CO}_2(\text{aq})$ に変換し、イオンメーターに接続した二酸化炭素電極を用いて絶対検量線法により測定した。 HCO_3^- 濃度は、この DIC 濃度の測定値と水温、pH の値を用いて化学平衡の計算から求めた。水の水素・酸素の同位体比 (δD と $\delta^{18}\text{O}$) の測定を、ニュージーランド地質核科学研究所の安定同位体研究室 (Stable Isotope Laboratory、GNS Science Limited) の質量分析計を用い、それぞれ金属亜鉛を用いた還元法、二酸化炭素平衡法により行った。測定精度は δD 、 $\delta^{18}\text{O}$ のそれぞれについて $\pm 1.0\text{‰}$ 、 $\pm 0.1\text{‰}$ である。DIC の炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) は、試料水に $\text{Sr}(\text{OH})_2$ を加え加熱して沈殿した SrCO_3 をろ別し風乾した後、これに濃リン酸を滴下して発生する CO_2 を同研究所同研究室の質量分析計に導入し測定した。測定精度は $\pm 0.2\text{‰}$ である。

少量の温泉水とともにポリ瓶に採取した温泉沈殿物を実験室に持ち帰った後、アドバンテック社製ろ紙 (No. 5C) で直ちにろ過し、脱イオン水で水洗して風乾した。その風乾粉末状試料について、蛍光 X 線分析 (日本電子製エネルギー分散型エレメント・アナライザー JSX3220)、粉末 X 線回折測定 (リガク製デスクトップ X 線回折装置 Miniflex)、赤外分光分析 (大分大学教育福祉科学部の島津製作所製フーリエ変換赤外分光光度計 FTIR8400S) を実施した。粉末 X 線回折測定と赤外分光分析においては、京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設に保管されていた紫石温泉 (別府市) の鉄質温泉沈殿物を参照試料として同条件の下で分析した。

4. 結果と考察

4-1. 温泉水

同位体分析データを含めた採取試料水の水質測定、化学分析データを表1に示した。化学

分析値については、今回の分析を含め、都合4度の分析値が得られており(1981 年は志賀ほか(1982)で、1983 年と2006 年は温泉分析書による。)、ヘキサダイアグラムによって水質の変化を見てみたのが図2である。昔も今も、アルカリ土類炭酸塩泉(当量濃度では $Mg > Ca$)であることに変わりはないが、2006 年の後に HCO_3 濃度が約 4 割低下し、全溶存成分量としては3割程度減少している。今回の HCO_3 濃度値は溶存全炭酸濃度から pH と水温を用いて化学平衡関係から求めたもので、実際には平衡状態になかったならば、それが濃度値を過小(あるいは過大)に算出してしまい、見かけ上の濃度減少になっていることもあり得る。志賀ほか(1982)には、溶存全炭酸(ΣCO_2 と表記されている。)と HCO_3 濃度の両方のデータが表示してあるので、計算値と分析値を比較してみた。計算値 1770mg/L に対して分析値は 1860mg/L で-6%ほどの較差であり、 HCO_3 濃度値の 2006 年(1830mg/L)と今回 2011 年(1120mg/L)の較差は-39%とそれに比べて明らかに大きく、実際の濃度低下をとらえているものと思われる。そこで試みに、1981 年と 2011 年(今回)について、溶存全炭酸濃度分析値から計算される H_2CO_3 濃度と HCO_3 濃度を比べてみると、1981 年の $[H_2CO_3]=2820mg/L$ 、 $[HCO_3]=1770mg/L$ 、2011 年の $[H_2CO_3]=2040mg/L$ 、 $[HCO_3]=1120mg/L$ と HCO_3 濃度だけでなく H_2CO_3 濃度も大きく減少している(較差としては-28%)ことが見て取れる。

表1 姫島の温泉水(拍子水温泉)、雨水、海水の現地水質測定、化学および同位体分析データ

試料	水温 (°C)	pH	ORP (mV)	DIC (mg/L)	δD_{H_2O} (‰)	$\delta^{18}O_{H_2O}$ (‰)	$\delta^{13}C_{DIC}$ (‰)
拍子水温泉 湧出口 温泉水	25.0	6.10	+63	2260	-46	-7.3	-8.4
拍子水温泉 プール流出口 温泉水	24.3	6.18	+56	2020			
姫島 雨水					-68	-9.5	
姫島 沿岸海水	16.3	8.05		93.3	-2	-0.2	

試料	Na (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	ΣFe (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)
拍子水温泉 湧出口 温泉水	117	7.2	211	235	7.0	146	210	1120
拍子水温泉 プール流出口 温泉水	116	7.2	210	233	0.2	145	209	1120
姫島 雨水						0.3		
姫島 沿岸海水	11100	389	1220	443	389	18600	2810	126

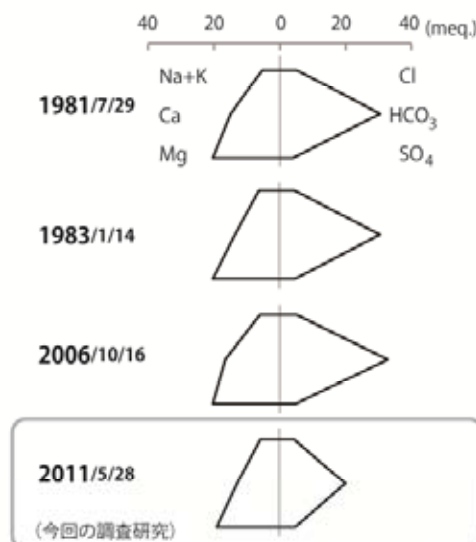


図2 ヘキサダイアグラムで見た姫島の温泉水の水質変化

温泉水の水の同位体組成を、海水、雨水のそれとともに図3に示す。温泉水のデータポイントは、雨水試料のデータポイントを通る凡地球的天水線 ($\delta D = \delta^{18}O + 10$) の上にほぼ乗っており、水自体は天水に由来することを示している。水質データから予想されていたことではあったが、海岸から50mも離れていない場所に湧出点があるにもかかわらず、全く海水の寄与が見られないことが明らかになった。一方、溶存全炭酸(DIC)の炭素安定同位体比 ($\delta^{13}C$) は、図4に表したように、火山性の CO_2 のそれが取る範囲内にあるが、土壌 CO_2 と海成炭酸塩に由来する CO_2 が適当な割合で混ざっても拍子水温泉の DIC の様な $\delta^{13}C$ 値を表し得るので、現段階では断定しないでおく。また、遊離した CO_2 との間で同位体分別を起し、DICの $\delta^{13}C$ 値は遊離 CO_2 のそれより多少なりとも重く(値が高く)なっているはずなので、厳密には気液分離による補正を施す必要もある。このあたりに関しては、来年度報告予定の付随ガスの各種データ(化学組成、各種同位体組成、噴出量)を考慮にいたれた地球化学的解析を行い、決着させたいと考えている。

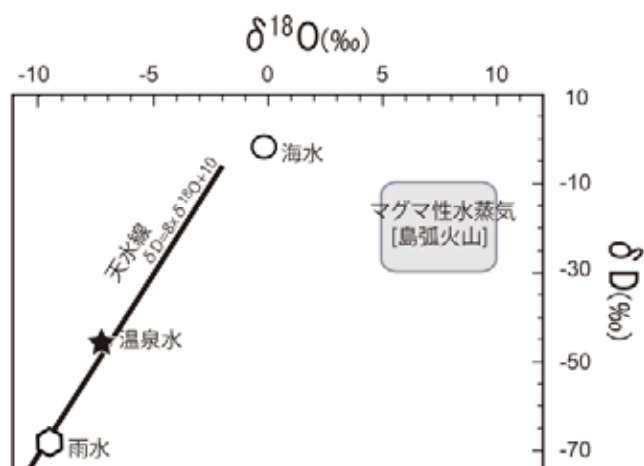


図3 $\delta D - \delta^{18}O$ ダイアグラム上の姫島の温泉水、海水、雨水のデータ

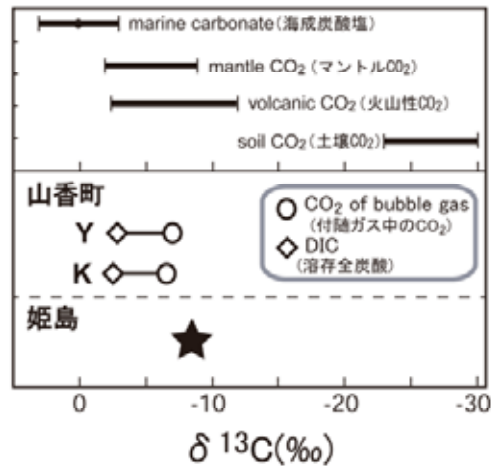


図4 姫島の温泉水の溶存全炭酸(DIC)の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)。山香町の温泉のデータは大沢ほか(2010)より引用。起源物質(海成炭酸塩、マントル CO_2 、火山性 CO_2 、土壌 CO_2)の $\delta^{13}\text{C}$ 値の範囲は、大沢(2000)、大沢(2001)等に記述されているものから引用して表示した。

計測された温泉水の流出量(30.6L/分)と湧出口脇の貯水プール内の温泉水の体積(16.9m²×深さ0.87m=14.7m³=14700L)から温泉水のプール内での平均滞留時間を見積ると、8時間程度と計算された。前にも述べたように、湧出直後の温泉水は無色透明であるので、この程度の中に温泉水から黄褐色の温泉沈殿物が生じ、その一部は温泉水とともにプール流出口から流れ出し、一部がプールの底に堆積していると考えられる。

4-2. 温泉沈殿物

前述のように、湧出直後の温泉水は無色透明であるが、湧出口脇の貯水プール内の温泉水は黄褐色の温泉沈殿物で濁っており、それが沈降したのと考えられる同色の物質がプールの底に堆積している。そこでまず、化学熱力学による溶液化学種組成の計算から、沈殿し得る鉱物に当たりをつけてみた。用いたコンピュータ・プログラムはWeb-phreeq(Saini-Eidukat and Yahin、1999)というもので、インターネットを通して利用することができ(<http://www.ndsu.nodak.edu/webphreeq/>)、水質の計測・分析データを入力することによって知りたい温度での試料水のイオン強度、各種溶液化学種の活量・活量係数が自動的に計算され、指定温度における各種鉱物に対する試料水の活量積(IAP:ion activity product)、飽和指数(SI:saturation index)などが即座に算出される。表1に示した湧出口における温泉水、貯水プール流出口で採取した温泉水それぞれの分析データを用いて計算した結果を、表2に示した。飽和指数SIが正の値となる鉱物は、温泉水がその鉱物に過飽和であることを表し、温泉水からその鉱物が析出してくる可能性があるかと予想される(実際に析出してくるかどうかは、反応速度が関わってくるので正確に予言することはできない)。湧出口でSIが正の値のものは、非晶質

水酸化第二鉄 (Fe(OH)₃)、針鉄鉱 (FeOOH)、赤鉄鉱 (Fe₂O₃)、菱鉄鉱 (FeCO₃) であり、熱力学的に見て湧出温泉水から析出してくる可能性のある鉱物はこれらとすることになる。また、貯水プール流出口で正の値を示さなくなっているのは、その内、水酸化第二鉄と菱鉄鉱であり、流出口で温泉水が沈殿物を析出させる能力を失っているとすれば(プール流出口の温泉水は懸濁状の温泉沈殿物と一緒に採取したので、採取後に新たな沈殿が生成したか否かは確認できなかった。)、貯水プール内で析出・沈殿・堆積している可能性のある温泉沈殿物は非晶質水酸化第二鉄 (Fe(OH)₃) または菱鉄鉱 (FeCO₃) となる。

表2 溶液化学種組成計算プログラム (Web-phreeq; Saini-Eidukat and Yahin, 1999) を用いて予想した熱力学的に拍子水の温泉水から析出可能な鉱物。IAP は鉱物の構成成分に関する溶存イオン種の活量積、KT は指定の温度での鉱物の溶解度積を示し、SI は Log(IAP/KT) で導かれる飽和指数というパラメータで、SI が正の値である過飽和、負の値であると不飽和であることを示す。

湧出口にて				プール流出口にて			
鉱物種	LogIAP	LogKT	SI	鉱物種	LogIAP	LogKT	SI
あられ石 (CaCO ₃)	-9.02	-8.34	-0.68	あられ石 (CaCO ₃)	-8.91	-8.33	-0.58
方解石 (CaCO ₃)	-9.02	-8.48	-0.54	方解石 (CaCO ₃)	-8.91	-8.48	-0.43
苦灰石 (CaMg(CO ₃) ₂)	-17.86	-17.09	-0.77	苦灰石 (CaMg(CO ₃) ₂)	-17.64	-17.07	-0.56
水酸化第二鉄 (Fe(OH) _{3(a)})	18.32	17.91	0.41	水酸化第二鉄 (Fe(OH) _{3(a)})	-16.91	17.93	-1.02
針鉄鉱 (FeO(OH))	18.32	12.02	6.30	針鉄鉱 (FeO(OH))	16.91	12.06	4.85
石膏 (CaSO ₄ · 2H ₂ O)	-5.77	-4.58	-1.19	石膏 (CaSO ₄ · 2H ₂ O)	-5.78	-4.58	-1.19
赤鉄鉱 (Fe ₂ O ₃)	36.64	22.03	14.61	赤鉄鉱 (Fe ₂ O ₃)	33.82	22.12	11.70
鉄明礬石 (KFe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆)	26.44	29.85	-3.41	鉄明礬石 (KFe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆)	21.97	29.95	-7.98
菱鉄鉱 (FeCO ₃)	-10.79	-10.89	0.10	菱鉄鉱 (FeCO ₃)	-12.23	-10.89	-1.35

貯水プール内に堆積した温泉沈殿物の蛍光X線分析、粉末X線回折測定、赤外分光分析の結果をそれぞれ図5、図6、図7に示す。図5は沈殿物を構成する化学成分(元素)の情報を与えている。色合いから予想されるように鉄(Fe)が主要な成分であり、カルシウム(Ca)やケイ素(Si)がわずかに検出されている。分析に用いた装置は水素(H)、酸素(O)、炭素(C)に感度を持たないので Fe と対になる陰イオン種が OH⁻なのか CO₃²⁻なのかは分からないが、色合いからして硫化鉄(Fe-S)系の鉱物ではないことは間違いない。これに対し、図6と図7からは温泉沈殿物がどんな鉱物から構成されるかの情報が得られる。図6は、X線を分析プローブとした測定の結果(X線回折パターン)である。その下段には、参照のために測定した色合いの似た柴石温泉(別府)産の鉄質沈殿物のものを示したが、小さなX線回折ピーク(Gt)が得られており、結晶性の悪い針鉄鉱(FeOOH)であることが分かる。それに対して、上段の姫島の温泉沈殿物はピークが得られていないので、どんな鉱物かは特定できないが非晶質であることを

示している。図7は、赤外線分析プローブとしたもので、下段の柴石温泉のものにはX線的にも検出された針鉄鉱の赤外ピーク(Gt)が得られているが、上段の姫島の赤外スペクトルには、それとは異なる、X線では検知できなかった非晶質の水酸化第二鉄($\text{Fe}(\text{OH})_3$)の強い赤外ピーク(aFh)が得られており、化学熱力学的に予想された鉱物のリストの中にあつたものと一致し、しかも貯水プール流出口付近では温泉水に対して過飽和状態を脱したものである。

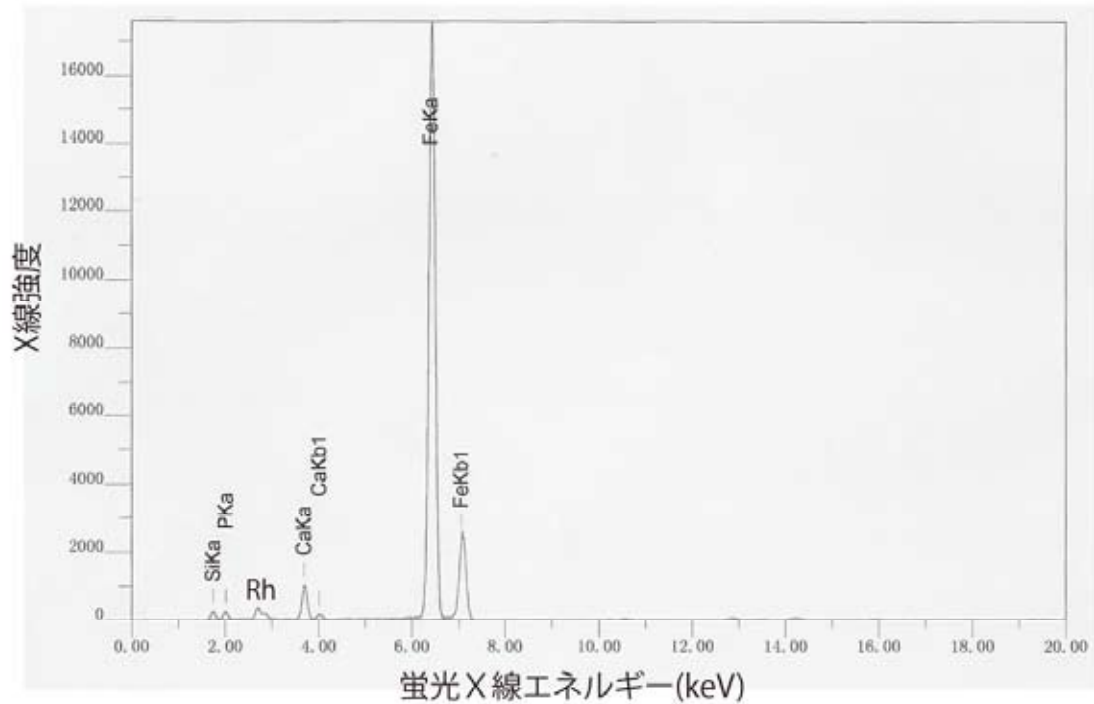


図5 姫島拍子水温泉の温泉沈殿物の蛍光X線スペクトル

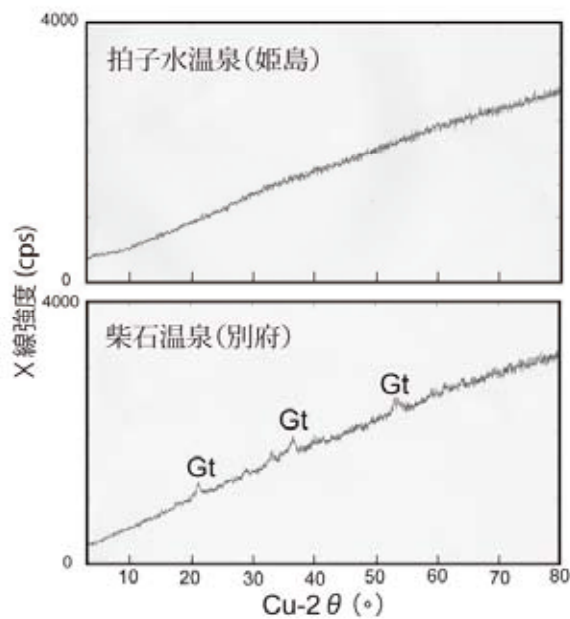


図6 姫島拍子水温泉と柴石温泉(別府市)の温泉沈殿物のX線回折パターン
Gt: 針鉄鉱(FeOOH)

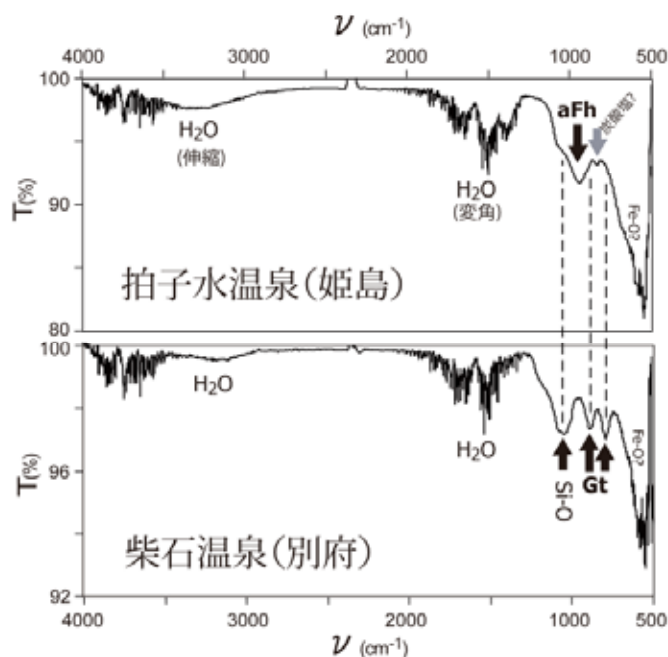


図7 姫島拍子水温泉と柴石温泉(別府市)の温泉沈殿物の赤外スペクトル
 Gt: 針鉄鉱 (FeOOH)、aFh: 非晶質水酸化第二鉄 ($\text{Fe}(\text{OH})_3$)

以上、一連の分析・検討から、姫島拍子水温泉の黄褐色温泉沈殿物は、非晶質水酸化第二鉄 ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) であることが特定された。湧出前の温泉水中の鉄イオンは通常は2価の状態にあり (Fe^{2+})、それが湧出後に酸化的大気環境下(酸素分圧約 0.2 気圧)に置かるために、 Fe^{2+} は酸化されて3価に変化し (Fe^{3+})、溶解度の小さな水酸化第二鉄 ($\text{Fe}(\text{OH})_3$)として析出したと説明できる。この一連の化学現象が起こり得る状態にあったかどうかを検討するのに便利な地球化学判定図に電位(Eh)-pH図というものがあり、図8の左の図はEh-pH図上に鉄イオンと水酸化鉄の安定領域を示したものである(一國, 1972)。さらに、拍子水温泉の湧出口と貯水プール流出口の温度と鉄イオン濃度条件の下で温泉水のpH、EhデータをEh-pH図上にプロットしたのが、右図2つである。その内、左側の図は湧出口のもので、データポイントのプロット位置は Fe^{2+} を 7mg/L も含む温泉水中ではむしろ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (水酸化第二鉄)の方が安定であることを示しており、後に $\text{Fe}(\text{OH})_3$ を析出させる状態にあることを表していると考えられる。一方、右側の図は貯水プール流出口のもので、データポイントは Fe^{2+} と $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の安定領域の境界線上にほぼ乗っており、 Fe^{2+} を含む温泉水に水酸化第二鉄($\text{Fe}(\text{OH})_3$)が懸濁している実際の状態をうまく表現していると言える。

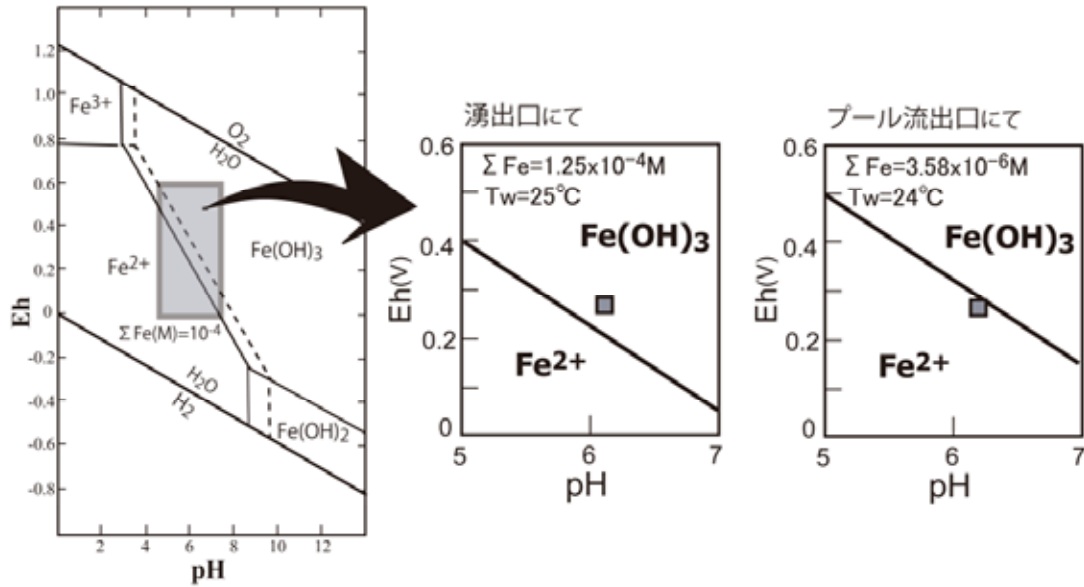


図8 鉄イオンと水酸化鉄の安定領域を示す電位-pH 図上で見た非晶質水酸化第二鉄 (Fe(OH)₃)析出前後の拍子水温泉の水質データ。温泉水は、沈殿生成前に該当鉱物に対し過飽和で、沈殿生成後は飽和に近い状態に変わったことが示されており、実際の温泉沈殿物の生成現象を説明できている。

25°C程度の低温であるにも関わらず、実際に起こっている鉱物化学現象を熱力学的に解析・記述ができるのは、湧出温泉水中で Fe²⁺から Fe(OH)₃(水酸化第二鉄)が生成する反応 (Fe²⁺ + 3H₂O → Fe(OH)₃ + 3H⁺ + e⁻ ; e⁻は電子)の速度が相当に早いためであるからと考えられ、前述のように貯水プール内の温泉水の平均滞留時間内(8時間)に温泉沈殿物が生成していることと矛盾しない。また、無定形(非晶質)の水酸化第二鉄(Fe(OH)₃)は時間の経過とともに脱水結晶化が起こり、オキシ水酸化鉄(FeOOH)に変化することから(田村ほか、1997)、温泉沈殿物を構成するFe(OH)₃の結晶化が起こっていないこともまた沈殿が生成してから間もないことを示している証拠のひとつと考える。

5. おわりに

姫島拍子水温泉の温泉水と温泉沈殿物について地球化学的調査研究を行った。この鉱泉水はやや弱酸性のアルカリ土類炭酸塩泉として知られていたが、2011年5月28日の調査の際に採取した水は、HCO₃⁻濃度が約4割程度低下し、全溶存成分量としては3割ほど減少があったものの、水質型(泉質)には変化はなかった。おそらく初めての実施となった鉱泉水の同位体組成(δDとδ¹⁸O)測定では、水は天水に由来することが示されたが、溶存炭酸成分の炭素同位体比(δ¹³C)は火山性CO₂の値の範囲内にあることがわかった。調査時、湧出した鉱泉水が一時的に溜まる貯水プールは黄褐色に濁っており、湧出直後とプールから流出する鉱泉水の水質データを用いた化学熱力学平衡計算は、懸濁物は非晶質含水酸化鉄

($\text{Fe}(\text{OH})_3$)、針鉄鉱 (FeOOH)、赤鉄鉱 (Fe_2O_3) あるいは菱鉄鉱 (FeCO_3) のどれかである可能性を示したが、貯水プール内の鉱泉水のろ過残渣の蛍光 X 線分析、粉末 X 線回折分析および FT-IR (フーリエ変換赤外分光) 分析によって、懸濁物は主として非晶質の非晶質水酸化第二鉄から成ることが示された。この結論は、鉱泉水の鉄イオンの酸化還元状態を考慮した鉄系鉱物-溶存化学種の安定関係からも支持された。

来年度は、今回の調査時に一緒に採取した気泡状態の温泉付随ガスの分析値やそれらの地球化学的解析から得られる知見について報告する予定である。また、今回の調査時には温泉プール内の温泉水は黄褐色であったが、前にも述べたように、緑色であるときが少なくないらしいので機会を見つけて原因を調査したいと思っている。

謝辞

現地調査と試料採取は、姫島村村長のご理解ならびに姫島村役場水産・観光商工課の方々のご協力のもとに円滑に行うことができた。温泉沈殿物の FT-IR 測定では大分大学教育福祉科学部の大上和敏准教授にお願いして行っていただいた。また、現地調査は本温泉の研究を SSH (スーパーサイエンスハイスクール) の課題に取り上げた大分県立大分舞鶴高校の生徒諸君とともに行った。ここに記して感謝申し上げる。

引用文献

- 一国雅巳 (1972) 化学堆積物. 「無機地球化学」(無機化学シリーズ 14) 培風館, p.71-p.105.
- 伊藤順一, 星住英夫, 巖谷敏光 (1997) 姫島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 74p.
- 川野田実夫, 森山善蔵 (1974) 大分市塚野地区の鉱泉および地質調査. 大分県温泉調査研究会報告, **25**, 27-30.
- 大沢信二 (2000) 噴気ガスの化学・同位体組成からみた別府温泉の地熱流体の起源及び性状. 大分県温泉調査研究会報告, **51**, 19-28.
- 大沢信二 (2001) 大分平野に産する深層熱水中の炭酸成分の起源. 大分県温泉調査研究会報告, **52**, 21-26.
- 大沢信二 (2003) 塚野鉱泉の水質形成機構. 大分県温泉調査研究会報告, **54**, 7-14.
- 大沢信二, 網田和宏, 杜建国, 山田誠 (2005) 大分県南部地域の温泉の同位体地球化学的調査-臼杵市の六ヶ迫鉱泉-. 大分県温泉調査研究会報告, **56**, 5-9.
- 大沢信二, 山田誠, 三島壮智, 酒井拓哉, 大上和敏 (2010) 山香町の温泉の生成機構. 大分県温泉調査研究会報告, **62**, 35-45.
- 岡村紘基, 高橋謙一, 永山政一 (1977) Fe^{2+} イオンの空気酸化反応に対する種々のオキシ水酸化鉄(III)の影響. 北海道大学工学部研究報告, **85**, 93-100.
- Saini-Eidukat B, Yahin A (1999) Web-phreeq: a WWW instructional tool for modeling the distribution of chemical species in water. Computers & Geosciences 25:347-353 DOI:

10.1016/S0098-3004(98)00138-1

志賀史光, 川野田実夫, 江口芳彦(1982)国東半島の温鉱泉の化学組成. 大分県温泉調査研究会報告, **33**, 77-80.

温泉水の希土類元素組成

芳川雅子・柴田知之

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成25年7月

温泉水の希土類元素組成

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
芳川 雅子・柴田 知之

要旨

別府市の京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設内の温泉水（BGRL 温泉水）と施設内で採取された雨水の希土類元素組成を予察的に求めた。得られた組成をコンドライトで規格化したパターンは、先行研究によって示された別府市北部域の温泉水の希土類元素パターンとは異なる特徴を示すことがわかった。

1. はじめに

天然水の希土類元素（REE）組成は、天然水の流動過程を推測する上で有力な情報源となることが近年提唱されている（例えば、真田ら、2003）。天然水の希土類元素濃度は非常に低いため、予備濃縮後に誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）を用いて測定することが一般的であるが、予備濃縮中の組成分別や汚染等に注意が必要である（例えば、高久ら、2002 ; Suzuki et al., 2011）。

近年 ICP-MS の発達によって、高マトリックス溶液試料を直接もしくは低希釈した試料での測定が可能になってきている。そこで、本研究では予察的に岩石試料の測定と同じ装置設定で、酸素雰囲気を一定にするための硝酸と強度変動補正のための内標準溶液を加えるだけで予備濃縮は行わず、雨水と温泉水の希土類元素組の測定を行った結果について報告する。

2. 試料および分析方法

超純水はミリポア製 Milli-Q SP (電気伝導度 18.3M Ω) で精製した Milli-Q 水を使用した。塩酸・硝酸は多摩化学工業超高純度試薬 (TAMAPURE AA-10) を用いた。

分析に使用する器具は、多摩化学工業超純度洗浄液 (TMSC) をイオン交換水で希釈したもので洗浄後、塩酸を Milli-Q 水で希釈した溶液で洗浄し、さらに Milli-Q 水で洗浄した。

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設に供給されている温泉水 (BGRL 温泉水) および雨水を、洗浄したポリプロピレンボトルに採取し、クリーンラボ内でメンブランフィルター (孔径 0.2 μm) を用いてろ過した。ろ過後の水に硝酸を加え 0.5M 硝酸溶液となるよう調整した。雨水は 2012 年 12 月 13 日、温泉水は 2012 年 2 月 13 日に採取した。

REE の分析に用いた ICP-MS は Thermo SCIENTIFIC 社製 XSeries 2 で、20 $\mu\text{l}/\text{min}$ の低流量のネブライザーで試料を導入した。試料にはインジウム (In) とビスマス (Bi) の内標準溶液を添加した。

3. 結果と考察

BGRL 温泉水の REE 組成は一部の元素を除いて得ることができた。しかし、雨水については検出限界以下となる元素が多く、水試料用の測定にはネブライザーをより高流量のものに変えるなど、イオン強度が高くなるよう ICP-MS の装置設定を工夫する必要があることがわかった。

BGRL 温泉水の REE 組成を炭素質コンドライト (Sun and McDonough, 1989) で規格化したパターンを図 1 に示す。比較のために、別府市北部地域に産する温泉水や別府市明礬の山田屋旅館で採取された温泉水 (真田ら, 2003) のパターンや、鶴見岳を構成する火山岩 (Sugimoto et al., 2006) の組成領域も示した。BGRL 温泉水の REE パターンは、

濃度が異なるものの、山田屋旅館温泉水の REE パターンと類似した左上がりのパターンを示す。これらのパターンは基盤を構成すると考えられる鶴見岳の火山岩のパターンと基本的には一致している。これらのパターンの一致は、BGRL 温泉水のストロンチウム (Sr) 同位体組成が鶴見岳火山岩の組成領域内である (芳川・柴田、2011) ことと調和的である。

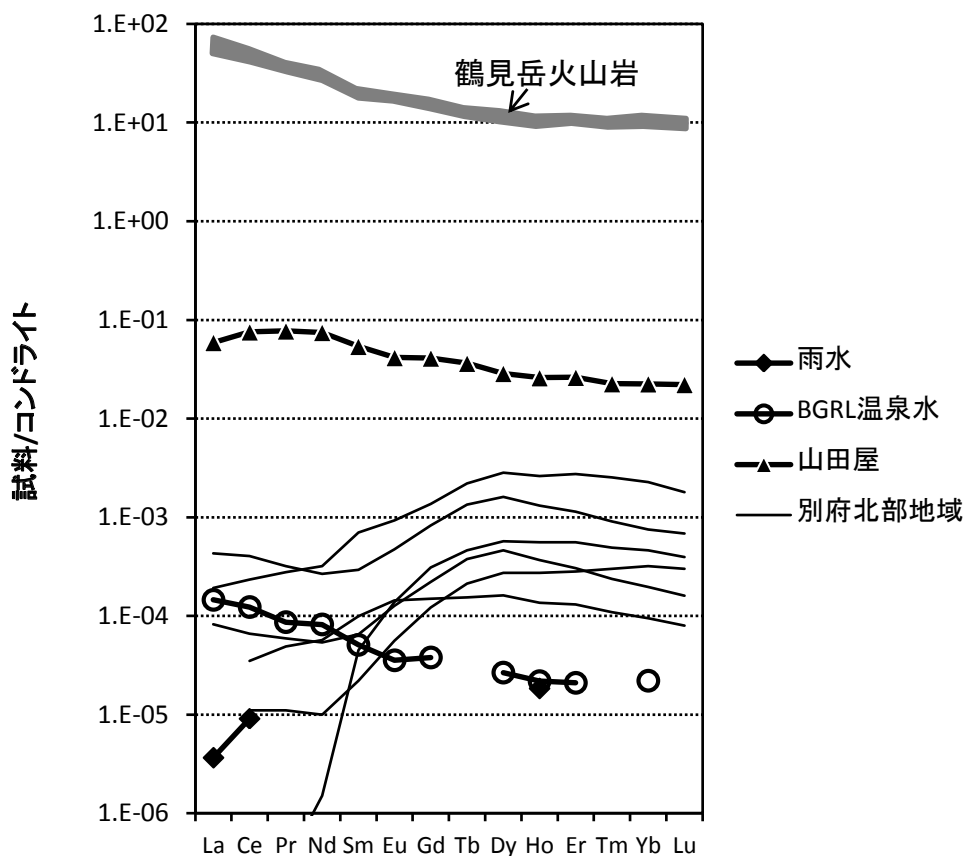


図1. 雨水とBGRL 温泉水のコンドライト規格化 REE パターン.

4. まとめ

温泉水の REE 組成は、予備濃縮を行わなくても ICP-MS の装置設定を工夫することで得られる可能性が高いことがわかった。

参考文献

- 真田哲也・山崎 一・恩田裕二・高松信樹・大沢信二 (2003) 希土類元素による別府北部地域温泉水の流動経路の解明. 大分県温泉調査研究会報告, 54, 25-31.
- Sugimoto, T., Shibata, T., Yoshikawa, M. and Takemura, K. (2006) Sr-Nd-Pb isotopic and major and trace element compositions of the Yufu-Tsurumi volcanic rocks: implications for the magma genesis of the Yufu-Tsurumi volcanoes, northeast Kyushu, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 101, 270-275.
- 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 Special Publication, vol. 42, pp. 313-345.
- Suzuki, Y., Hikida, S. and Furuta, N. (2011) Cycling of rare earth elements in the atmosphere in central Tokyo. *Journal of Environmental Monitoring*, 13, 3420-3428
- 高久雄一・工藤友華・木村盛児・林 匠馬・太田郁子・長谷川英尚・植田真司 (2002) 環境水中の希土類元素のイミノニ酢酸キレート樹脂ディスク予備濃縮／誘導結合プラズマ分析法による定量, *分析化学*, 51, 539-544.
- 芳川雅子・柴田知之 (2011) 温泉水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比の経年変化 (1) 大分県温泉調査研究会報告, 62, 5-8.

鉍泥浴療法によってもたらされる生活習慣病に対する 治療効果の検証

牧 野 直 樹 ・ 前 田 豊 樹
工 藤 義 弘 ・ 西 山 保 弘

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成 25 年 7 月

鈇泥浴療法によってもたらされる生活習慣病に対する 治療効果の検証

九州大学病院別府病院内科

牧野直樹・前田豊樹
工藤義弘・西山保弘

目的：

鈇泥浴入浴は、体温上昇効果が高く、疼痛緩和効果に優れる。この効果は、鈇泥浴に含まれる不溶性成分により比熱が低いことによる。われわれは、全身各部の疼痛を主訴として鈇泥浴治療のために入院した患者を対象に鈇泥浴の治療効果の客観的指標を探索した。

方法：

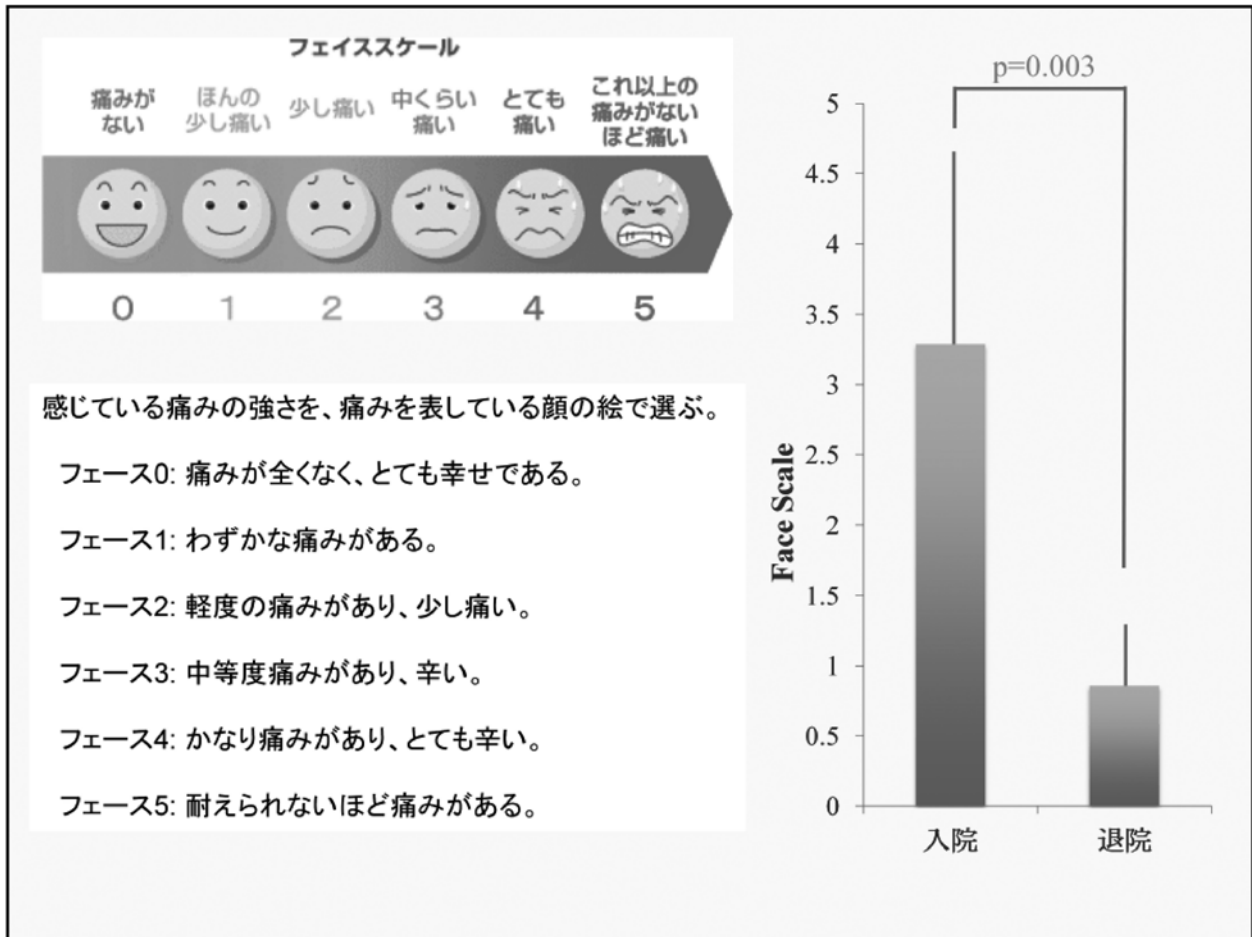
鈇泥浴治療目的に入院した患者7名を対象とした。7名は、いずれも線維筋痛症の患者であった。また、鈇泥浴以外の理学療法目的で入院した各種慢性疾患患者9名を比較対象とした。比較対象項目としてフェイススケール(FS)、各種臨床検査値のほか、老化マーカーとして末梢血白血球のテロメア長を解析した。入院直後と退院直前で各値を比較検討した。

成績：

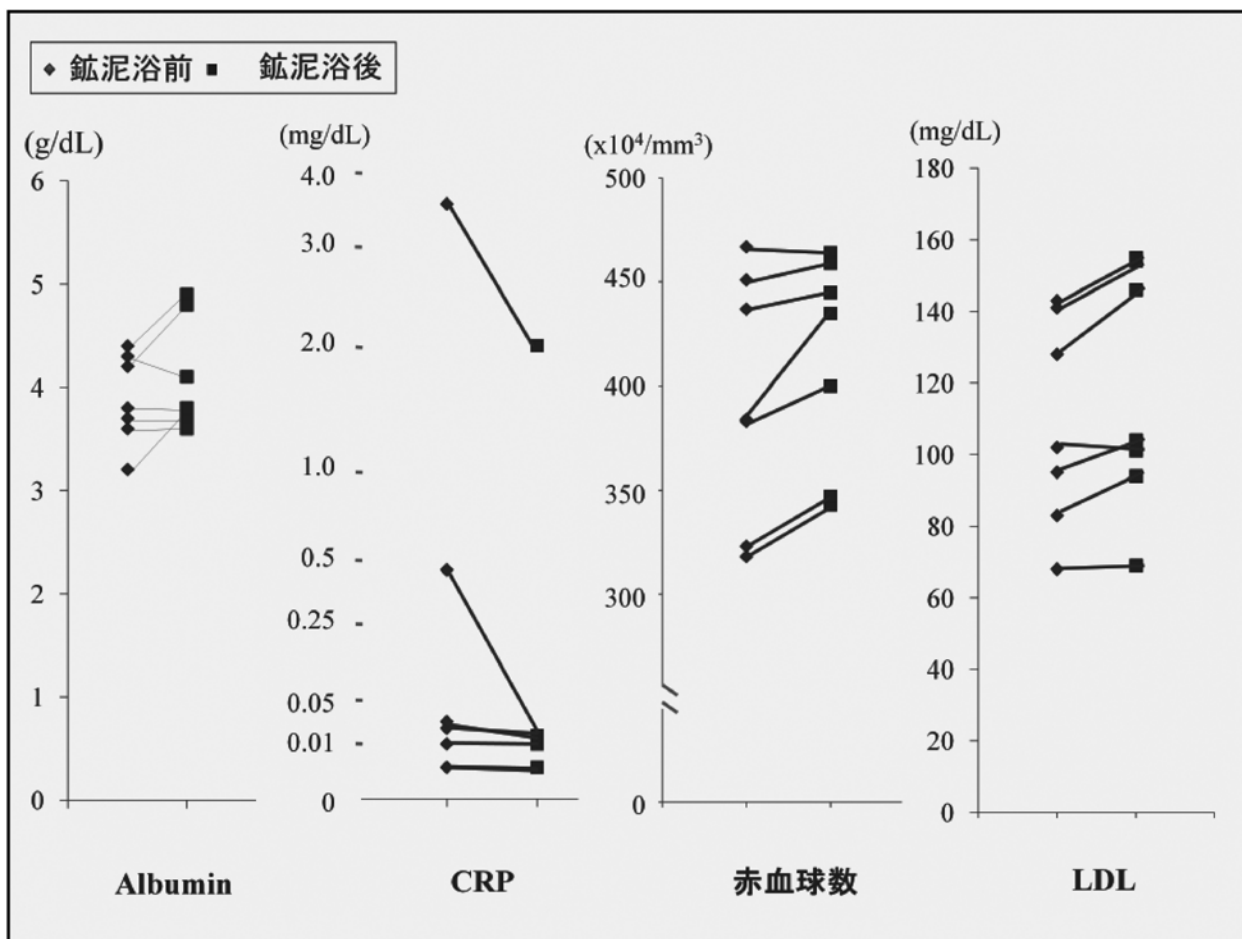
その結果、FS（5点満点）では平均3.3点から、0.9点に改善していた。臨床検査値では、非鈇泥浴群と比較してCKの低下がみられず、また、鈇泥浴群では、LDLコレステロール、アルブミン、赤血球数の上昇とCRP低下の傾向がみられた。末梢血テロメア長には有意な変化は見られなかったが、有意な変化を示した臨床検査値との回帰分析で、アルブミン値と赤血球数の変動に対して負の相関関係を示した。

考察：

以上のことは、鈇泥浴入浴が、筋力低下防止、栄養状態改善、赤血球造血促進、抗炎症効果をもたらす可能性を示している。また、これらの評価とテロメア長の逆相関は、鈇泥浴による老化細胞の延命効果の示しているのかもしれない。



それで、鉱泥浴群についてですが、鉱泥浴入院直後と退院直前で、痛みを悩まされている度合いを、フェイススケールで評価してみました。その結果、有意に痛みが軽減することが示されました。



有意差の認められた項目の患者ごとの変化です。アルブミン、赤血球、LDLコレステロールは上昇し、CRPは、低下する傾向を示しました。

これらはそれぞれ深部体温上昇による消化吸収能上昇、炎症誘発物質のウォッシュアウト効果、末梢血流増加に伴う酸素需要増加への赤血球造血系の反応等による可能性が考えられます。これらの変化に、テロメア関連パラメータが相関しているかどうかを回帰分析にて確認致しました。

温泉熱源における時間情報の解読Ⅱ：
姫島明神山火山岩片のルミネッセンス年代測定

下岡順直・三好雅也
山本順司

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成25年7月

温泉熱源における時間情報の解読Ⅱ： 姫島明神山火山岩片のルミネッセンス年代測定

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

下岡 順直

福井大学教育地域科学部地学教室

三好 雅也

北海道大学総合博物館

山本 順司

要 旨

姫島火山群の噴火活動史は、火山噴出物の新旧関係が判明する露頭が少ないことから、詳細な活動変遷が必ずしも明らかではない。また、年代測定もほとんどされていないので時間情報も不足しているのが現状である。

今回、姫島で自噴する拍子水温泉の熱源に関連した金火山の時間情報を得るために、金火山の溶岩ドームを形成する明神山で火山岩片を採取した。そして、熱ルミネッセンス (TL) 年代測定を行った。さらに、赤外光ルミネッセンス (IRSL) 信号の減衰が起こりにくいとされる post-IR IRSL 年代測定を行い、TL 年代や先行研究と比較した。

1. はじめに

温泉の熱源となるマグマの供給源を究明するために、火山活動史を紐解くことは大変重要である。姫島 (図 1) における火山活動史は、伊藤ほか (1997) によってまとめられているが、火山噴出物の新旧関係が判明する露頭が少ないことから、必ずしも火山活動史の詳細が明らかではないのが現状である。さらに、姫島火山群の噴火活動に関連した年代測定については、Kaneoka and Suzuki (1970) や鎌田ほか (1988)、松本ほか (2010) の先行研究があるもののほとんど進展していない。

今回、姫島拍子水温泉の熱源に関連する金火山の溶岩ドームを形成する明神山から採取した火山岩片について、熱ルミネッセンス (TL) 法を用いて年代測定を行い、金火山に関する時間情報を得ることを目的とした。金火山の噴火活動史は、堆積岩類 (丸石鼻層・川尻礫層・唐戸層) の上に層序関係が古い方から金火砕岩、両瀬溶岩、金火口湖堆積物の順 (図 2) とされる (伊藤ほか、1997; 1998)。金火山の数値年代については、松本ほか (2010) の K-Ar および $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代が報告されているのみであり、活動史を検討するには、必ずしも年代情報は十分とはいえない。

今回行った TL 法は、火山岩が冷却後、現在までに吸収した自然放射線量 (以下、蓄積線量) を 1 年間に吸収する自然放射線量 (以下、年間線量) で除することで年代を求める。また、近年注目されている post-IR IRSL 測定 (Thomsen *et al.*, 2008) を今回の試料に対して試みた。post-IR IRSL 測定では、IRSL (infra-red stimulated luminescence) 信号の減衰が起こりにくく、年代の過小評価を小さく抑えることができ

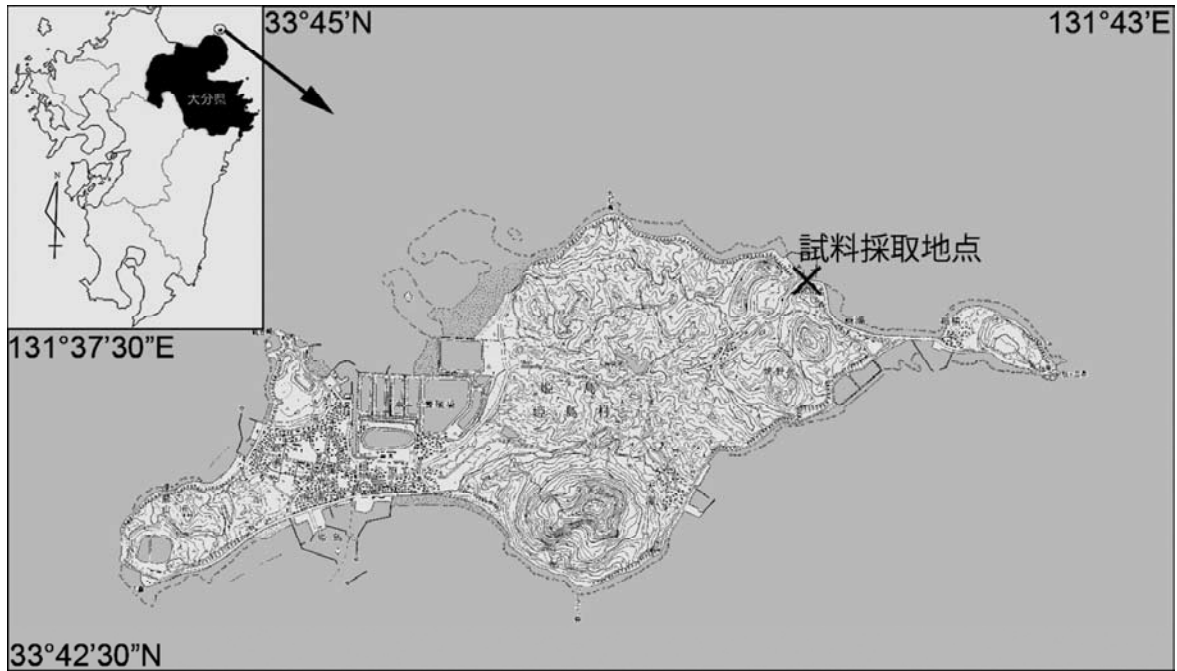


図1 姫島における試料採取地点(×).

るとされる。得られた post-IR IRSL 年代と TL 年代を比較した。また、先行研究データとの比較も試みた。

2. ルミネッセンス年代測定

2-1. 試料採取および岩石記載

測定に供した姫島明神山火山岩片(以下、岩片試料)は、金漁港の南東(北緯 $33^{\circ} 44' 8.4''$ 、東経 $131^{\circ} 41' 0.2''$)において採取した(図1)。この火山岩片は伊藤ほか(1997)を参照すると、金火山の溶岩ドームを形成する両瀬溶岩に相当すると考える。

採取した岩片試料の薄片を作成し、岩石記載を行った。斑晶は普通角閃石(4 mm 以下、4 vol. %) および斜長石(1 mm 以下、1 vol. % 未満)である。普通角閃石斑晶は自形を示す。斜長石斑晶には、清澄かつ自形のもの、周縁部の溶融形を示すものの2タイプが認められ、いずれも粒径は1mm 以下である。伊藤(1990)には、金溶岩の斑晶として稀に黒雲母、単

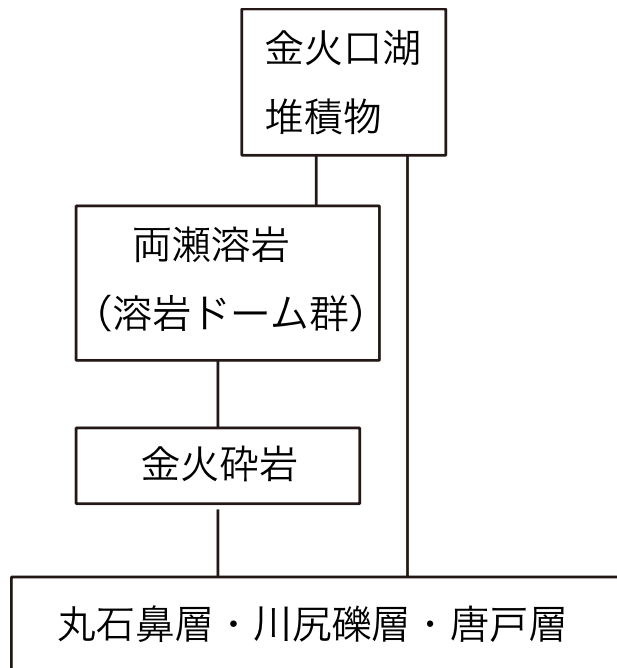


図2 姫島金火山の層序関係図
縦線は被覆関係(伊藤ほか, 1998より作成).

斜輝石が含まれるとの記載があるが、いずれも本試料中には認められなかった。石基は斜長石、不透明鉱物、ガラスからなり、ハイアロピリティック組織を示す（図3）。

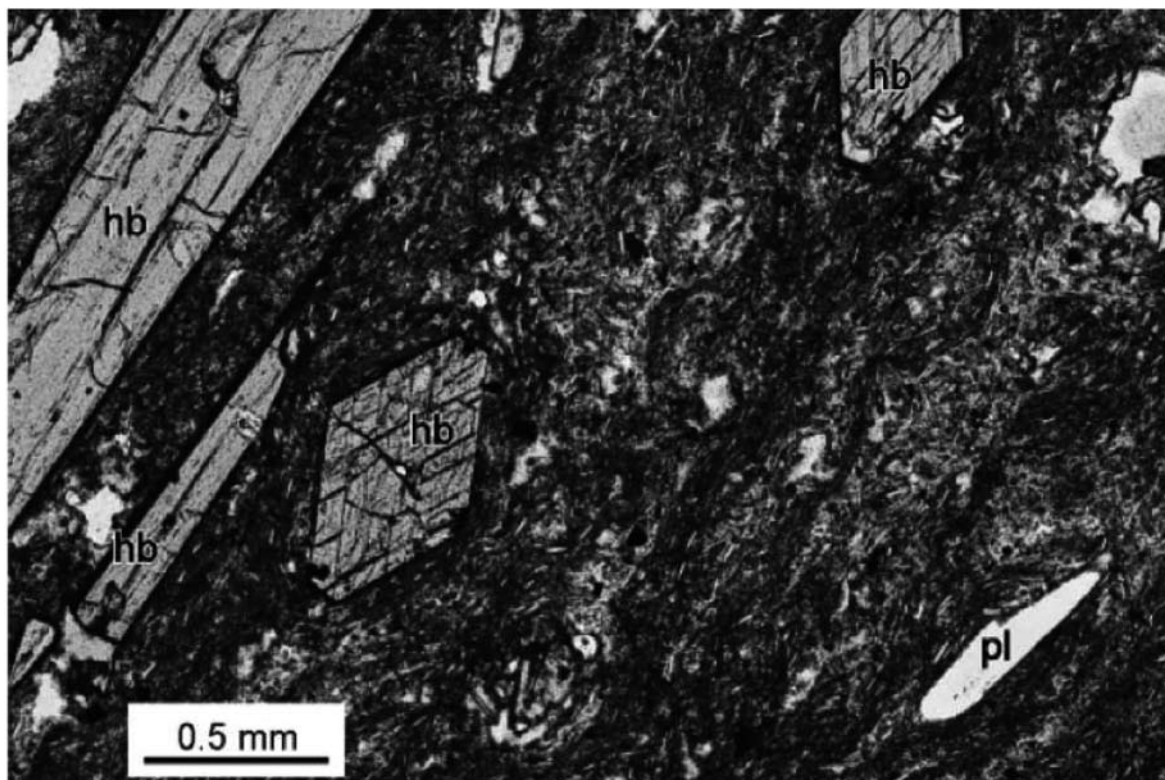


図3 採取した火山岩片の偏光顕微鏡写真
普通角閃石斑晶（hb）と、周縁部の溶融形を示す斜長石斑晶（pl）

2-2. 試料処理

採取した岩片試料の表面は太陽光によって曝光しているためルミネッセンス信号が減少し、求める線量を過小評価する原因となる。そこで、暗室においてフッ化水素酸溶液を用いて岩石表面を1 cm程度溶解することで除去した。洗浄乾燥後、万力とアルミニウム板を用いて試料を粉砕し、粒度50 μm以上と以下に篩い分けした。50 μm以上の試料は磁気分離の結果、ほとんどが磁性鉱物であった。通常、火山岩片のTL測定では、100 μm程度の石英や長石を用いるが、岩石から抽出した50 μm以下の試料を用いた年代測定でも、浅間板鼻褐色テフラ群の年代推定（長友・下岡、2003）や榛名山噴出物の年代推定（大石ほか、2011）において有効性は明らかになっている。そこで、今回は50 μm以下の試料を測定に供した。試料は、アセトン中の沈降速度差を用いて粒度を10～50 μmに調整後、洗浄乾燥した。

2-3. 蓄積線量評価

2-3-1. TL測定

TL測定による線量評価には、多試料付加線量法（Aitken、1985）を用いた。粒度分離をした試料（以下、ナチュラル試料）に⁶⁰Co γ線を約0.2 Gy/分の線量率で25、50および100 Gy付加照射（以下、付加照射試料）してTL測定を行った。また、低線量域

表 1 post-IR IRSL 測定手順

Step	Treatment	Observed
1 ^(a)	Give dose, D	-
2	Preheat (260°C for 60 s)	-
3	Stimulate by IR for 100 s at 60°C	(L_{IR60})
4	Stimulate by IR for 100 s at 230°C	$L_{\text{post-IRIR}230}$
5	Give test dose, 3 Gy	-
6	Preheat (260°C for 60 s)	-
7	Stimulate by IR for 100 s at 60°C	(T_{IR60})
8	Stimulate by IR for 100 s at 230°C	$T_{\text{post-IRIR}230}$

(a) Step1: $D = 0$ (natural sample), 5, 10, 15 Gy.

補正（線量依存が超直線性を示す低線量域の補正：SPR）するために、ナチュラル試料を 350°C で 60 分間加熱して人為的に TL 信号をリセットした後に、⁶⁰Co γ 線を 15、25、35 および 50 Gy 照射して TL 測定を行った。

TL 測定は、奈良教育大学に設置している TL 自動測定装置（Daybreak 製 1150）を用い、検出波長は 350–470 nm（Corning7-59 フィルターと BG39 フィルター）を選択し、昇温速度 10°C/秒で室温から 400°C まで窒素雰囲気で行った。

2-3-2. post-IR IRSL 測定

post-IR IRSL 測定による線量評価には、多試料再現法（Aitken、1985）を用いた。ナチュラル試料を 350°C で 60 分間加熱して人為的に TL 信号をリセットした後に、⁹⁰Sr β 線を約 3.9 Gy/分の線量率で 5、10 および 15 Gy 照射した（以下、再現照射試料）。測定は、奈良教育大学に設置している OSL/TL 自動測定装置（NRL-99-OSTL（長友ほか、2007））を用い、検出波長は 350–600 nm（BG39 フィルター）を選択した。post-IR IRSL 測定手順を表 1 に示す。測定前のプレヒート処理条件は、260°C で 60 秒間とした。post-IR IRSL 測定は、測定温度 60°C で IRSL 測定（表 1 の L_{IR60} ）を行って減衰を起こす IRSL 信号を励起後、測定温度 230°C で行った（表 1 の $L_{\text{post-IRIR}230}$ ）。IRSL 信号の感度補正は、post-IR IRSL 測定後、テストドーズとして 3 Gy 照射して再度測定（表 1 の T_{IR60} および $T_{\text{post-IRIR}230}$ ）した。それぞれの測定は、100 秒間行った。

2-4. 年間線量測定

年間線量は、 α 線、 β 線、 γ 線および宇宙線の年間線量の合計で評価した（Zimmerman、1971）。年間線量の評価は、 γ 線スペクトロメトリーによる間接測定法（長友、1991）で行った。岩石試料は 30 g を秤量してプラスチックケースに封入後、無酸素銅と低バックグラウンド鉛で遮蔽した高純度 Ge 検出器を用いて試料中の放射性元素 U、Th および ⁴⁰K の γ 線を計測した。産業技術総合研究所の提供する岩石標準試料 JG-1a、JR-1、JB-2、JB-3 および JA-3（Ando *et al.*、1987）で作成した検量線を用い、計数率から U、Th および K の含有率を決定し、換算式（Adamiec and Aitken、1998）により年間 α 線量、年間 β 線量および年間 γ 線量を計算した。 α 線のルミネセンス効率は、10%

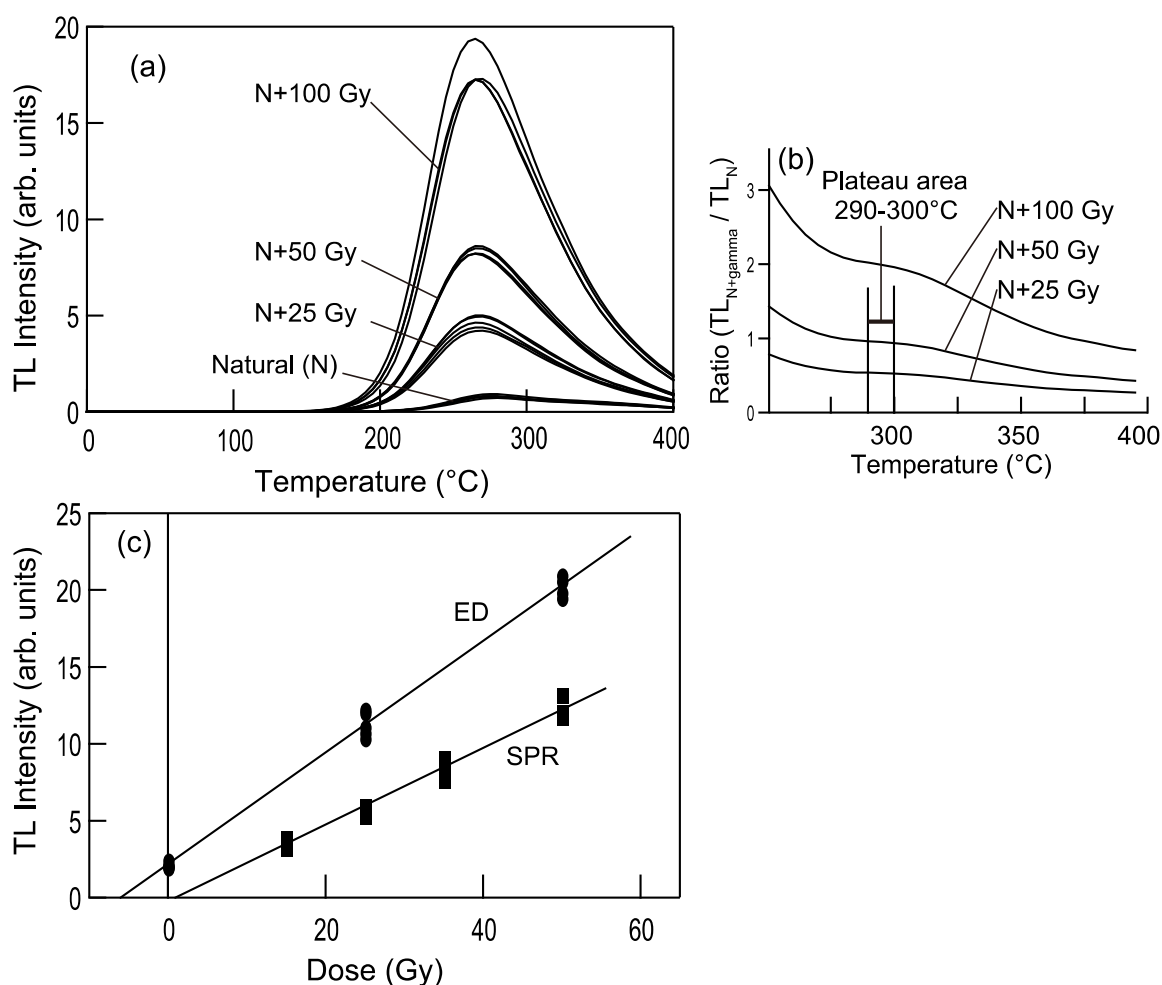


図4 TL測定結果.

(a) TL グローカーブ, (b) プラトーテスト,
(c) 等価線量 (ED) と低線量補正 (SPR) 評価のための生長曲線

(Aitken、1998) とした。また、蓄積線量評価したナチュラル試料の粒度は 10~50 μm のため、ナチュラル試料の粒径が α 線の飛程より大きいので粒径補正をする必要があるが、補正值は極めて小さいため、補正は行わなかった (長友ほか、2004)。年間宇宙線量は、Prescott and Hutton (1994) の式などを参考にして 0.15 mGy/a と仮定した。

3. 結果と考察

3-1. 蓄積線量評価

3-1-1. TL 測定結果

解析方法は、下岡・長友 (2011) にしたがった。TL 測定結果を図 4 に示す。N はナチュラル試料 N+25 Gy はナチュラル試料に 25 Gy の γ 線を付加照射したことを示す (図 4 (a))。次に、ナチュラル試料の TL 強度に対する付加照射試料の TL 強度の比を温度に対してとり、TL 強度が安定している領域 (プラトー領域) を求めた (図 4 (b))。その結果プラトー領域は、290~300°C であった。なお、N+100 Gy ではプラトー領域が得られなかったため、その後の解析には用いなかった。プラトー温度領域の TL 強度を積算

し、生長曲線（図 4 (c)）を作成して等価線量 (ED) 5.98 ± 0.69 Gy を求めた。その際、最小二乗法により、直線回帰した。また、低線量域補正值 (SPR) は、等価線量と同じプラトー温度領域の TL 強度を積算して生長曲線を作成（図 4 (c)）した。そして、直線部分を外挿して低線量域補正值 0.99 ± 1.21 Gy を求めた。蓄積線量は、等価線量と低線量域補正值の合計 6.97 ± 1.39 Gy であった（表 2）。

3-1-2. post-IR IRSL 測定結果

post-IR IRSL 測定の結果を図 5 に示す。縦軸の IRSL 強度は、40～80 秒間の post-IR IRSL 強度をテストドーズの post-IR IRSL 強度で規格化した値 ($L_{\text{post-IRIR } 230} / T_{\text{post-IRIR } 230}$) である。再現照射試料は最小二乗法により二次関数に回帰した。そして、ナチュラル試料の

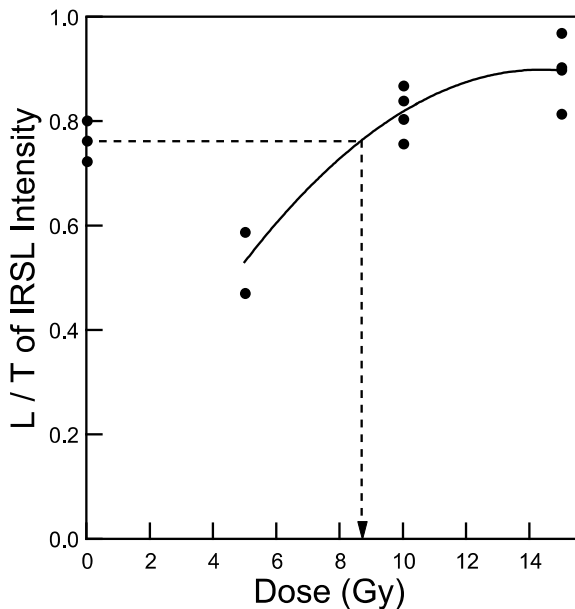


図 5 post-IR IRSL 測定結果（生長曲線）。

post-IR IRSL 強度を生長曲線に内挿して、蓄積線量 8.74 ± 0.83 Gy を求めた（表 2）。

3-2. 年間線量評価

U、Th、 K_2O の濃度を表 1 に示す。岩片試料の K_2O 濃度 2.58 ± 0.15 wt% は、伊藤 (1990) が行った金火山岩石の全岩化学組成分析の結果 2.39～2.65 wt% と良く一致している。換算式 (Adamiec and Aitken, 1998) を用いて得られた年間 α 線量、年間 β 線量、年間 γ 線量および年間宇宙線量の合計として、年間線量 3.27 ± 0.11 mGy/a を求めた (表 1)。

3-3. TL 年代と post-IR IRSL 年代および先行研究との比較

以上求めた蓄積線量と年間線量より、TL 年代 2.1 ± 0.4 ka および post-IR IRSL 年代 2.7 ± 0.3 ka を計算した (表 1)。これらは、誤差

method	ED (Gy)	SPR (Gy)	Paleodose (Gy)	U (ppm)	Th (ppm)	K_2O (wt%)	α ray (mGy/a)	β ray (mGy/a)	γ + Cosmic ray (mGy/a)	Annual dose (mGy/a)	Luminescence age (ka)
TL	5.98 ± 0.69	0.99 ± 1.21	6.97 ± 1.39	1.11 ± 0.09	2.82 ± 0.39	2.58 ± 0.15	0.43 ± 0.03	1.91 ± 0.10	0.93 ± 0.04	3.27 ± 0.11	2.1 ± 0.4
post-IR IRSL	-	-	8.74 ± 0.83	-	-	-	-	-	-	-	2.7 ± 0.3

表 2 TL および post-IR IRSL 年代測定結果

の範囲で一致したが、TL年代が post-IR IRSL 年代よりも若干若い。post-IR IRSL 測定 of IRSL 信号は、室温における IRSL 測定の時よりも減衰が起こりにくい(Thiel et al., 2011) とされている。そのため、post-IR IRSL 年代を基準にすると TL 年代は、若干過小評価の可能性はある。ただし今回、TL 信号および post-IR IRSL 信号の減衰 (フェーディング) テスト (Aitken, 1985) は実施していない。しかし、TL 信号の減衰は熱安定性とは別のパラメータに起因するが、激しい減衰が生じている場合は、TL 信号の熱安定性を確認するプラトーテストにおいてプラトーは確認できない (Aitken, 1985) ことから、今回解析に用いたデータでは激しい減衰は生じていないと考える。

先行研究では、松本ほか (2010) が金火山の両瀬溶岩について K-Ar および $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定を行っている。その結果、K-Ar 年代は 65 ± 14 ka、 71 ± 6 ka (加重平均 70 ± 6 ka)、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代は 61 ± 5 ka、 67 ± 4 ka (加重平均 65 ± 3 ka) で、両者は誤差の範囲内で一致すると報告している。これら先行データと今回のルミネッセンス年代では、大きく異なる結果となった。要因として、まず試料が同じイベントの試料か否かである。先行研究は測定値のみで詳細は不明であり、今回のデータについては岩石鉱物学的な検討まで行っていない。今後、これらについて詳細に検討を行う必要があるが、今回得られたデータは先行研究よりも若いことからより新しいイベントの可能性を示唆すると考える。姫島火山群については、数値年代を確定するために、より一層年代測定研究が邁進されることを期待したい。

4. まとめ

姫島明神山から採取した火山岩片試料を用いて TL および post-IR IRSL 年代測定を行った。その結果、TL 年代 2.1 ± 0.4 ka および post-IR IRSL 年代 2.7 ± 0.3 ka が得られた。姫島明神山に関連した金火山の両瀬溶岩の K-Ar および $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代は、 70 ± 6 ka および 65 ± 3 ka (松本ほか, 2010) であり、今回のデータとは大きく異なった。金火山を含む姫島火山群の噴火活動年代の研究については、今後より一層年代測定が実施されるべきと考える。

謝 辞

本報告にあたり、京都大学地球熱学研究施設の大沢信二教授には試料についてご教示いただいた。試料採取では、酒井拓哉氏、三好まどか氏にご協力いただいた。TL および OSL 装置の使用とガンマ線照射では、奈良教育大学の長友恒人名誉教授、青木智史特任准教授、古環境研究所の小畑直也氏に便宜をはかっていただいた。記して感謝申し上げます。

引用文献

- Adamiec, G. and Aitken, M. J. (1998) Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL*, 16, 37-50.
- Aitken, M. J. (1985) *Thermoluminescence Dating*. Academic Press, 359p.
- Aitken, M. J. (1998) *An introduction to Optical dating*. Oxford University Press, 267p.

- Ando, A., Mita, N. and Terashima, S. (1987) 1986 values for fifteen GSJ rock reference samples, "igneous rock series". *Geostandards Newsletter*, 11, 159-166.
- 伊藤順一 (1990) 姫島火山群の岩石学. 岩鉱, 85, 541-558.
- 伊藤順一・星住英夫・巖谷敏光 (1997) 姫島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 75p.
- 伊藤順一・星住英夫・巖谷敏光 (1998) 5万分の1地質図幅「姫島」-縄文人御用達の黒曜岩の島-. 地質ニュース, 521, 16-17.
- 鎌田浩毅・星住英夫・小屋口剛博 (1988) 中部九州-中国地方西部の火山フロントの形成年代. 月刊地球, 10, 568-574.
- Kaneoka, I. and Suzuki, M. (1970) K-Ar and fission track ages from some obsidians from Japan. *地質学雑誌*, 76-6, 309-313.
- 松本哲一・伊藤順一・星住英夫・太田 靖 (2010) 姫島火山群の K-Ar および $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代. Programme and abstracts the Volcanological Society of Japan, 132.
- 長友恒人 (1991) TL および ESR 年代測定法のための年間線量率の測定. 月刊地球, 13, 249-253.
- 長友恒人・下岡順直 (2003) 高崎市「聖石」に関連した熱ルミネッセンス年代測定. 新編高崎市史 通史編, 1, 80-81.
- 長友恒人・下岡順直・小林由弥 (2004) ルミネッセンス年代測定における年間 α 線量の粒径依存性の検討と準微粒子法への適用. 奈良教育大学紀要, 53, 11-16.
- 長友恒人・下岡順直・國木田大 (2007) ロシア沿海州新石器遺跡堆積物の赤外光ルミネッセンス (IRSL) 年代測定. 奈良教育大学紀要, 56, 1-6.
- 大石雅之・下司信夫・下岡順直 (2011) 斜長石斑晶の屈折率を用いた火山噴出物の識別-榛名火山南麓を中心に分布する噴出物を例に. 第四紀研究, 50, 295-308.
- Prescott, J.R. and Hutton, J.T. (1994) Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: Large depths and long-term time variations. *Radiation measurements*, 23, 497-500.
- 下岡順直・長友恒人 (2011) ルミネッセンス法による旧石器遺跡の鍵層となるテフラの年代推定-宮城県南部を例として-. 考古学と自然科学, 62, 73-84.
- Thiel, C., Buylaert, J.P., Murray, A., Terhorst, B., Hofer, I., Tsukamoto, S. and Frechen, M. (2011): Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria)-testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol. *Quaternary International*, 234, 23-31.
- Thomsen, K.J., Murray, A.S., Jain, M. and Bøtter-Jensen, L. (2008): Laboratory fading rates of various luminescence signals from feldspar-rich sediment extracts. *Radiation Measurements*, 43, 1474-1486.
- Zimmerman, D.W., (1971): Thermoluminescence dating using fine grains from pottery. *Archaeometry*, 13, 29-52.

別府湾の海底地形と表層堆積物構造

竹 村 恵 二 ・ 山 田 圭太郎
原 口 強

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成 25 年 7 月

別府湾の海底地形と表層堆積物構造

京都大学理学研究科附属地球熱学研究施設

竹村 恵二・山田 圭太郎

大阪市立大学理学研究科

原口 強

要旨

別府湾の活構造やテクトニクス、堆積プロセスなど地球科学的現象に関する一体的解釈をめざして、海底地形、浅部堆積層の構造、深部地下構造の調査とその解析を進めている。今回報告の別府湾湾奥部での最深部南北測線では、多くの正断層タイプの断層形状が再確認されるとともに、従来実施されてきた深部構造との対応を明らかにすることができた。また、従来から指摘されてきた反射が鮮明でなくなるガスと考えられる範囲等についての情報を整理することができた。

1. はじめに

別府湾は九州中部地域の北東端に位置する。別府湾では音波探査やピストンコアを用いた浅部の活断層分布やその活動度の調査（岡村ほか、1992；大分県、1999 など）や反射法地震探査や重力測定を用いた深部の構造やそのテクトニクスについての議論（由佐ほか、1992；竹村ほか、1993；Takemura et al.、1994 など）がなされてきた。Itoh et al. (1998)はこの別府湾を含む九州中部東部地域のテクトニクスの研究から、別府湾の形成プロセスは二つのステージに分かれ、特に 1.5 Ma 以降の Stage2 では湾央から湾奥にプルアパート・ベーズンが発達し、現在も沈降を続けており、別府湾には第四紀の厚い堆積物が保存されていることを指摘している。別府湾では表層堆積物中に認められる堆積構造や浅部の活断層構造や深部地質構造に関する詳細な研究がなされてきたが、深部構造と浅部構造との関係、また海底地形との関係についての解明は進んでいない。本研究で実施中のこれらの関係を解明するために行った調査のうち、今回は別府湾湾奥部南北測線での音波探査から得られた知見について報告する。

2. 調査法とデータ収集

音波探査は探査能力 40m、分解能 6cm の STRATABOX (Ocean Data Equipment 社製)で実施された。GPS 単独測位による位置情報を同期させた卓越周波数 10KHz の探査機を用いた。測線位置を図 1 に示した。今回対象としたのは、別府湾湾奥部の別府湾最深部を含み、従来から活断層関連調査が進められてきた場所である。測線は由佐ほか (1992) で実施された深部反射法探査測線の A 測線 (Line A) にあたる。測線位置を概略の海底地形図とともに図 1 に示した。

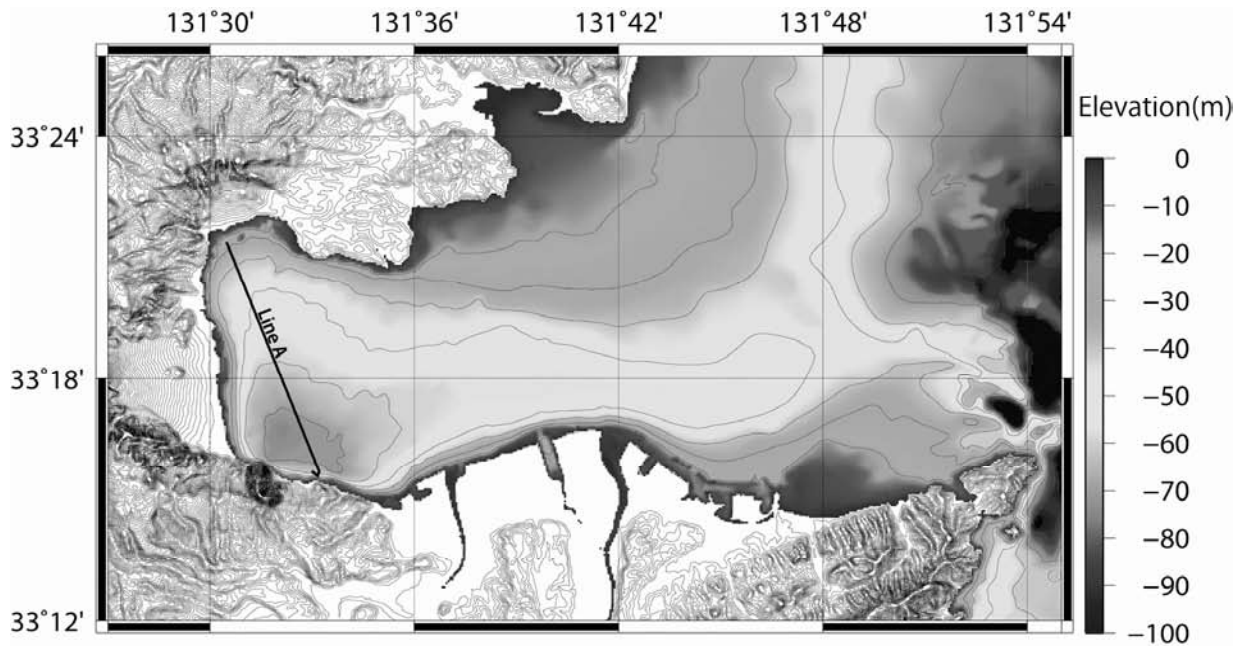


図1 別府湾の海底地形と湾奥部浅層反射測線位置

3. 概略の海底地形の特徴

概略の海底地形は図1に示されている。北は国東半島、南は大分平野と佐賀関半島、西は別府の火山地帯や火山性扇状地に囲まれ、東に向かって開いた湾で、伊予灘に面している。平均水深は36m程度で、高崎山付近が最も深く水深70m程度である。大きな形状の特徴として、東半分の湾口部から湾中央部にかけて東西方向の船底上の地形を呈していることであり、杵築・国東半島側から南に向かい、緩く傾斜し水深を増加させ、大分平野側（南側）からは、急激に水深を増す非対称の形状をしている。特に大分平野の大野川・大分川の北側では、両平野のデルタ地形から急激に水深の増加が認められる。今回対象とした、湾奥部は、高崎山の北東側の別府湾最深部があり、高崎山北東側から急激に水深を増して、最深点を含む別府から西大分にかけての盆地状の海底地形が見られる。北北東方向の日出海岸に向けて、少しずつ水深が浅くなる傾向が認められる。また、西方別府側では海岸から急な勾配での水深変化が見られる。

4. 表層堆積物構造（湾奥部の南北断面構造）についての解析と深部構造探査との比較

湾奥部の南北測線音波断面の解析の結果、別府湾湾奥部では反射面を切る明瞭な断層が確認された。図2の上部図面から、図面左側（北）から南に緩く傾く海底面の傾斜がみられる。北から4.7km地点付近までは、数層の明瞭な反射面が認められる。これらの反射面は、既往のピストンコア調査結果（岡村ほか、1992；Takemura、1995など）から、アカホヤ火山灰（K-Ah火山灰：約7.3千年前）以降の火山灰降灰層準との対応が報告されている。これらの分布状況や連続状況から、約2.2km付近に北向きの大きなずれが認められ、0.6km

付近には南向きの大きなずれがあり、その間でもたてずれの断層形状を示す変位がみられる。傾向として、0.6km-2.2km までの範囲で、北側は南落ち、南側は北落ちの断層が指摘できる。これらの断層は岡村ほか(1992)に記載されている活断層とほぼ一致しており、今回の調査で再確認することができた。

4.7km 付近から 7km 付近にかけて、海底面地形が南に膨らんでいるような形状が認められる。また、この範囲の浅層の音波探査では、反射面が明瞭でなくなり、この間で反射を阻害するガス等の分布が予想される。これらの平面的分布範囲の確定は、この音波探査の追加調査・詳細調査が必要である。7km 付近より南は平坦な盆地の底を表す地形をなし、明瞭な反射面が認められるが、この地域の反射面と北部海域の反射面の対比については詳細な調査が必要である。

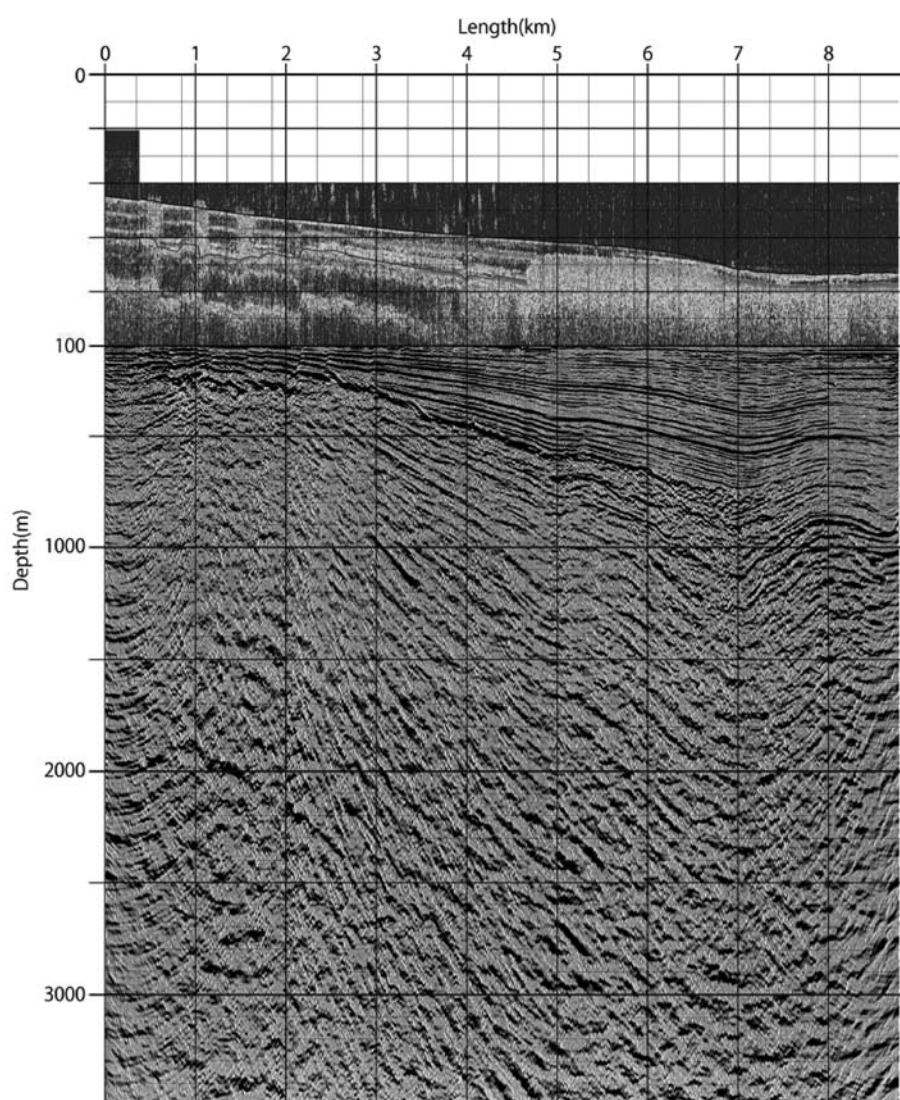


図 2 別府湾湾奥南北方向の浅部構造探査結果（今回の調査結果：上部 100m まで）および
 反射法地震探査断面（Line-A; 由佐ほか、1992）に見られる深部構造。
 左が北方向で、右が南方向。

これらの構造と由佐ほか(1992)で得られた深部構造とを対照して比較する。このLine Aでは北部地域でリストラック断層として記載されていた(Takemura et al., 1994; Itoh et al., 1998)。それらの構造の特徴は、深度200m-300m程度にみられる反射面の短いインターバルでの上下落差、北側が南落ちで、南側が北落ちの傾向が認められることであった。これらの構造と、浅部探査で記載された構造は、同じ地域で同じ構造を示しており、浅部で記載された構造と深部探査の深度200m-300m程度にみられる構造と同一の要因によって形成されていると考えることができる。リストラック構造と考えられることから、この部分では少なくとも張力の応力場(局所的な)の形成(過去の形成の影響も考慮する必要がある)と関連があると推定される。

全体の反射面の傾向から、南に向かう傾斜が継続的に起こってきたことが推定される。しかし、測線南部端2km付近に観察される盛り上がりの原因の考察については、三次元的な形状把握が必要である。ただ、この北側境界が浅部探査結果のガスの分布範囲や、海底最深部盆地状地形の範囲と合致していることは重要な情報である可能性がある。

5. まとめと今後の課題

平成24年度は、別府湾湾奥部での最深部南北測線の音波探査結果から、多くの正断層タイプの断層形状が再確認されるとともに、従来実施されてきた深部構造との対応を明らかにすることができた。また、従来から指摘されてきた反射が鮮明でなくなるガスと考えられる範囲等についての情報を整理することができた。

今後は詳細な海底地形および海底微地形の情報解析、別府湾全域の浅部構造と深部構造の比較を実施して、別府湾を取り巻く地域の地質構造の解析と地域のテクトニクス研究を進めるとともに、地震・火山活動・洪水などの自然現象のイベント詳細解析などの研究の進展が必要である。

謝辞 音波探査の実施には、京都大学安田大剛氏の協力をいただいた。記して感謝します。

引用文献

Itoh, Y., Takemura, K., and Kamata, H. (1998) History of basin formation and tectonic evolution at the termination of a large transcurrent fault system: deformation mode of central Kyushu, Japan. *Tectonophysics*, 284, 135-150.

岡村 真・島崎 邦彦・田中 高・千田 昇・宮武 隆・前杵 英明・堤 浩之・中村 俊夫・山口 智香・小川 光明(1992) 別府湾北西部の海底活断層-浅海底活断層調査の新技术とその成果. *地質学論集*, 40, 65-74.

大分県(1999) 別府-万年山断層帯(海上調査編)に関する調査成果報告書.

- 竹村恵二・由佐悠紀・北岡豪一 (1993) 大分平野と別府湾 (深部) . 地質学論集、41、35-42.
- Takemura、 K.、 Yusa、 Y. and Itoh、 Y. (1994)) : Quaternary tectonic movements around Beppu Bay at the western end of the Median Tectonic Line、 southwest Japan. Spec. Pub. Jour. Geod. Soc. Japan (Proc. CRCM' 93、 Kobe)、 401-405.
- 由佐 悠紀・竹村 恵二・北岡 豪一・神山 孝吉・堀江 正治・中川 一郎・小林 芳正・久保 寺 章・須藤 靖明・井川 猛・浅田 正陽 (1992) 反射法地震探査および重力調査による別府湾の地下構造. 地震、 45、 199-212.

別府の温泉資源を活用したファンゴ（温泉泥）の 商品化に関する研究

(株)サラヴィオ化粧品

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成25年7月

別府の温泉資源を活用したファンゴ（温泉泥）の 商品化に関する研究

(株)サラヴィオ化粧品明礬研究所

宮崎博文・岩田俊祐

(株)サラヴィオ化粧品中央研究所

松島和幸・加世田国与士

1 はじめに

本研究は、筆者らが平成13年度～15年度に行った大分県のファンゴ（温泉泥）プロジェクトの成果をもとに、ファンゴの基幹をなす藻類及びその効能について、平成23年4月から新たな研究を行ったものである。その結果、別府市内の温泉地において、温泉水中で増殖する能力を有し、ファンゴ療法や美容に有用な糖脂質類を分泌する藻類を、10数種類発見することができた。

これらの有用な藻類を単離・培養し、有効成分を含む藻類エキスを抽出し、糖脂質類のGC-MS分析を行うとともに、培養細胞を用いた抗炎症作用の評価やモニター被験調査を行った。

2 調査方法

(1) 藻類の培養

目的の藻類は、別府温泉のホテル、温泉場、地獄の源泉周辺で採取し、予備培養したものの中から緑藻綱（Chlorophyta）の一種を単離・培養した。さらにこれらの藻類うち、効率良く培養できるものを取捨選択し、ジャーファーメンターを用いた大量培養により得られた藻体から藻類エキスを抽出した。

(2) 有効成分の分析

この藻類エキスを試料として、G.Marcolongi¹⁾等の方法で精製した糖脂質のmonogalactosyl diacylglycerol (MGDG)、digalactosyldiacylglycerol (DGDG) について、GC-MSによる定量分析を行った。

(3) 効能・効果の確認

また、ヒトから得た滑膜細胞に上記の糖脂質を作用させ、リウマチ性及び変形性関節炎に特有の炎症因子の定量解析を行った。さらに、モニター被験者の患部や皮膚に藻類エキス製剤の試作品を施用して、効果を把握するためのアンケート調査を実施した。

(4) 有用な藻類の同定

大量培養に適し、有効成分を分泌しファンゴ療法や美容に有用であることが明らかになった藻類について、遺伝子DNAの相同性解析により種の同定を行い、4種類については新種であることが明らかとなった。

3 結果及び考察

単離培養した温泉微生物45種のうち4種の藻類は、18S rRNAの塩基配列の解析及びその代謝特性から新種であることが判明した（RGと命名）。また、これらの藻類が分泌する糖脂質類についてGC-MS分析により、治療や美容に有効と考えられているMGDG、DGDGを検出した。さらに、炎症性滑膜細胞において、糖脂質を添加した検体では、炎症因子（IL-1 β , IL-6, TNF- α , MMP-3）の減少が見られた。

また、藻類エキス製剤の試作品を用いたモニター調査の結果、関節・筋肉痛、肌荒れ・にきび等で症状の改善が見られた。

以上の結果から、Chlorophytaの一種の温泉藻類は、MGDG、DGDGを分泌し、それらがヒトの関節・筋肉痛、にきび予防、肌荒れ防止に有効であると判明した。

（謝辞）

本研究を行うに当たり、広大病院再生医療部の味八木茂氏、および、同大学病院 リウマチ膠原病科の山崎聡士氏には、炎症性滑膜細胞を用いた試験において、信州大学農学部 の井原正喜氏には、DNAの相同性解析においてご協力いただいたので、ここに感謝の意を表します。

（参考文献）

- 1) G. Marcolongo et al. (2006) Diacylglycerolipids isolated from a thermophile cyanobacterium from the Euganean hot springs Nat Prod Res 20 (8):766-774

別府温泉微生物の網羅的解析と応用

マヒチ ファエゼ

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成25年7月

別府温泉微生物の網羅的解析と応用

立命館アジア太平洋大学
マヒチ ファエゼ

研究の目的と経過

多様な特性を持つ温泉都市別府での生活は、そこで生活する微生物学者である研究者にとっては、調査の対象として非常に興味深い側面を持つ。これがきっかけとなり、市内の源泉に存在する細菌群集の分析を調査対象とするに至った。まず、調査対象箇所に含まれる化学物質および pH 調査は、それぞれの源泉で大きく異なることが判明した。これをもとに、現在は、各源泉の好熱性細菌株を分析し同定する作業を進めている。

我々の研究の主な目的は、各源泉の優性細菌門を明らかにすることである。手法としては、各源泉からサンプルを採取し、細菌性ゲノム DNA を抽出する。その後、細菌の 16sRNA 遺伝子解析方法のための 16sRNA 遺伝子増幅・配列分析にこれを活用する。

研究成果

2012年12月13日、かまど地獄3丁目、5丁目、6丁目およびひょうたん温泉にてサンプルを採取し（図1参照）、pHと温度を各箇所にて測定した。これらのサンプルをサラヴィオ化粧品の研究所に送りHITACHI社の遠心分離器CR7を用いて解析した。これらの微小細菌はマイナス20℃で保存されている。現在は、株式会社ニッポンジー社のISOFEAL（サンプルからDNAを抽出するためのキット）を使用して細菌ゲノムの抽出を行っている。その後、抽出されたDNAをさらに16sRNA遺伝子分析する予定である。



図 1: かまど地獄 6 丁目でのサンプル採取

噴気泉中のラドン調査

公益社団法人大分県薬剤師会

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成25年7月

噴気泉中のラドン調査

公益社団法人大分県薬剤師会 検査センター
炭本 悟朗・中渡瀬 真樹

要 旨

昭和 58 年発行の大分県温泉調査研究会報告第 34 号「地熱系のラドンの起源と行動」で、九州大学の古賀昭人氏が、別府地熱地帯の噴気中のラドン濃度を報告して以来、別府市内の噴気泉中のラドン濃度は測定されていない。そこで今回、32 年ぶりに噴気 11 源泉中のラドン濃度を調査した結果、鉄輪地区については前回と同様な傾向がみられた。また、1 源泉について、代替掘削前後の孔を比較したところ、掘削深度の違いや泉質の変動、ラドン濃度の相違がみられた。更に、液体シンチレーション T r i - C a r b 2 9 0 0 と α 線検出器 R D 2 0 0 の放射線の測定値を比較し、分析機器の違いで測定値が変動するかどうかを評価した結果、有意差は認められなかった。

1. はじめに

平成 19 年 11 月から鉱泉水中のラドン濃度を測定しているが、今までのところ、大分県内では放射能泉と成り得る量のラドンは検出されていない。しかし、ラドンは、天然では不活性の気体として存在することから、噴気ガス中に含有される可能性があり、実際に古賀¹⁾は、昭和 57 年に別府地熱地帯で噴気ガス中のラドンを測定している。

古賀の報告¹⁾から既に 32 年が経過しており、今回、経年変動を調査の目的として、別府市内の噴気泉中のラドン濃度を測定した。

2. 調査方法

(1) 試料

- ・ラドン含有地下水：ラドンを含有することがわかっている地下水を県内 3 ヶ所で採水し、分析機器の違いにより放射線測定値が変化するかどうかを評価する試験に供した。
- ・噴気泉：別府市内 11 源泉

(2) 測定方法

現地で噴気ガス中の水蒸気を分離させ、抽出溶液のトルエンシンチレーターに吸収させた後、帰社後にパーキン・エルマー社製の液体シンチレーション T r i - C a r b 2 9 0 0 を使用してラドン分析を行った。また、分析機器の違いによる評価と噴気 7 源泉については、古賀¹⁾が用いたものと同じ α 線検出器（国際電子工業社製 R D 2 0 0 ・R D U - 2 0 0）による比較試験を行った。2 方法のラドン分離装置の概略図を図-1、図-2に示す。

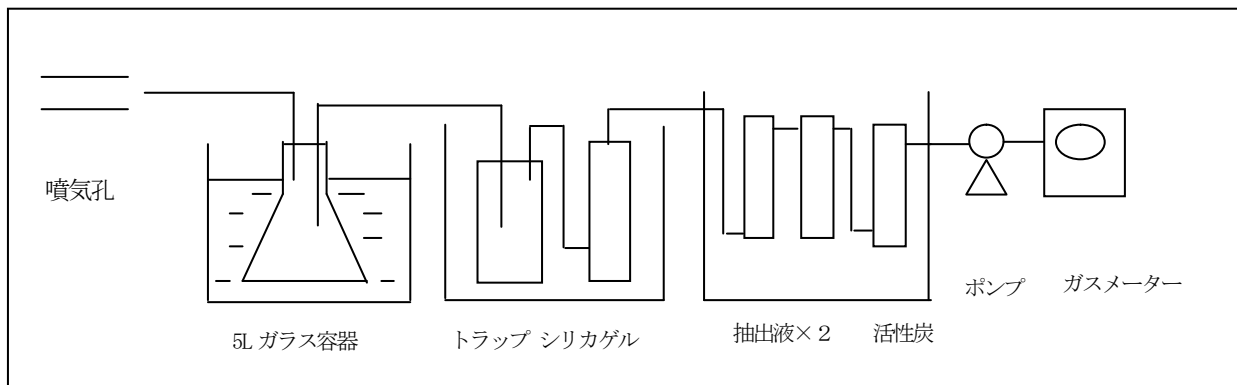


図-1 液体シンチレーションによる噴気ガス中のラドン分離装置 (概略図)

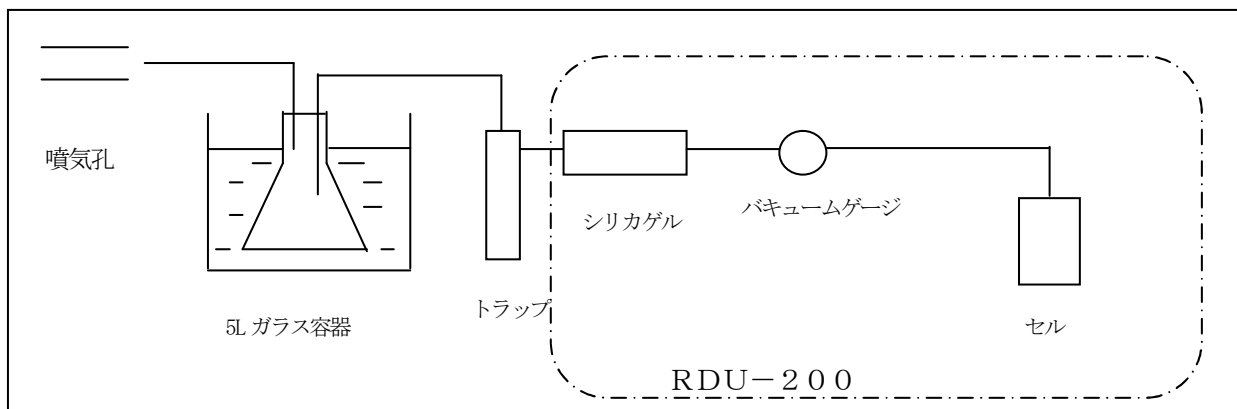


図-2 α線検出器による噴気ガス中のラドン分離装置 (概略図)

3. 結果及び考察

(1) 分析機器の違いによる放射線測定値の評価

ラドン含有地下水の放射線を液体シンチレーションTr i -C a r b 2 9 0 0 と α線検出器RD 2 0 0 の2種類の機器で同時測定した。結果を表-1に示す。

表-1 放射線測定結果の比較 (測定日：平成25年4月10日)

	液体シンチレーションによる測定値 (A)	α線検出器による測定値 (B)	(B) / (A)
地下水A	56.5 Bq/L	50.5 Bq/L	89.4%
地下水B	87.5 Bq/L	79.2 Bq/L	90.5%
地下水C	69.0 Bq/L	68.8 Bq/L	99.7%

液体シンチレーションによる測定値を100%としたとき、α線検出器で3検体を測定した平均値は93.2%であった。また、両者の測定値について有意差検定を行った結果は、 $t(4)=0.393$, $<p=0.715$ と算定され、分析機器の違いにより放射線の測定値に有意差は認められなかった。

(2) 別府温泉における噴気泉中のラドン濃度

表-2 噴気泉中のラドンの測定結果 (測定日：平成25年2月20日～4月18日)

地区	源泉名 (掘削深度)	液体シンチレーション		α線検出器	
		測定値(cpm)	Rn 換算値 (nCi/L)	測定値(cpm)	Rn 換算値 (nCi/L)
堀田	堀田温泉第1 (328m)	106.8	1.10	114	1.17
	北田位第1 (132m)	24.2	0.25	—	—
	尾上泉源 (250m)	1.5	0.02	—	—
	荒金(吉)旧 (200m)	48.1	0.50	44	0.45
	荒金(吉)新 (400m)	0	0.01未満	10未満	0.1未満
明礬	別府保養ランド (150m)	439	4.52	414	4.26
鉄輪	鉄輪泉源 (250m)	19.8	0.20	36	0.37
	ひょうたん温泉1 (300m)	0.6	0.01未満	10未満	0.1未満
	ひょうたん温泉2 (300m)	1.2	0.01	10未満	0.1未満
	金竜地獄 (300m)	5.1	0.05	—	—
観海寺	前八幡泉源 (226m)	18.3	0.19	—	—

* α線検出器の測定値は、10cpm未満ではバラツキが大きかったので下限値を10未満とした。

古賀¹⁾はα線検出器RD200とIM泉効計の測定値の間で、 $1\text{cpm}=0.0103\text{nCi/L}$ の関係が成立することを報告している。今回、この換算値を用いて液体シンチレーションと、α線検出器による放射線の測定値をラドン濃度に換算し、表-2に別府温泉11源泉の結果として示した。後述のとおり、同じ孔での調査はできなかったが、地区別にラドン濃度を比較すると、鉄輪地区が少ないという古賀¹⁾の調査結果と同様な傾向が見られた。

また、両者の測定値について有意差検定を行った結果は、 $t(6)=0.0129$, $<p=0.990$ と算定され、噴気泉中のラドン濃度についても分析機器の違いによる測定値に有意差は認められなかった。

昭和57年に古賀¹⁾が別府温泉の噴気ガス中ラドンを測定して以来32年が経過しており、その濃度がどのように変化しているかを調査したかったが、代替掘削されている場合や、噴気泉から動力に変わっている場合、湧出場所の特定ができなかった場合などがあり、同じ孔での調査をすることができなかった。しかし、表-2中の荒金(吉)宅の泉源については、タイミング良く代替掘削することとなり、新旧の孔のラドン濃度を調査することができた。旧孔は、掘削深度200m、弱酸性の単純硫黄泉であるのに対し、代替掘削した新孔は掘削深度400m、アルカリ性の塩化物泉であった。液体シンチレーションによるラドン濃度は、旧孔が0.50 nCi/Lに対し、新孔は不検出(0.01 nCi/L未満)で異なる結果を示した。

なお、荒金(吉)宅の泉源については、古賀¹⁾の調査で0.26 nCi/Lのラドン含有量が報告されているが、今回の調査時に、旧孔より古い孔の跡が横にあったので、旧孔以前の孔で測定されたデータの可能性がある。

ところで、古賀¹⁾は、一般の噴気孔においては地下の比較的浅所にラドンやトロン²⁾の供給帯があり、地下深部から来るガスがその供給帯を通るときにガス中に供給されると報告している。そこで、今回調

査した別府温泉 11 源泉についてラドン濃度と掘削深度との相関関係を調べた (図-3)。相関係数は、 $r=-0.450$ と算定されたが明確な関係は認められず、今後更に調査対象数を増やして検討したい。

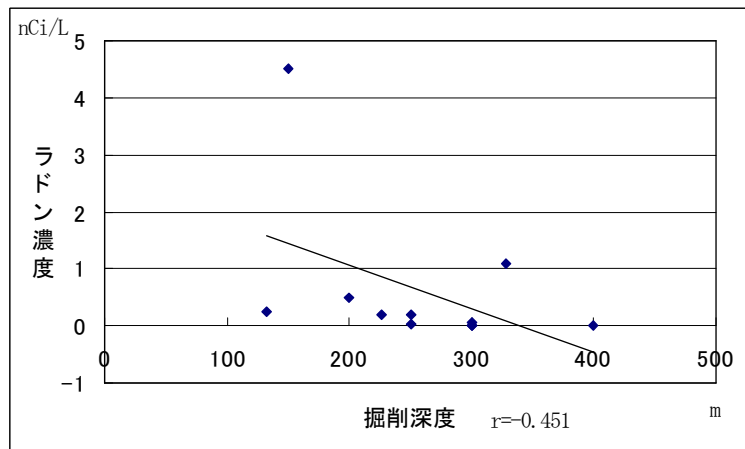


図-3 別府温泉におけるラドン濃度と掘削深度との関係

謝辞

別府市温泉課、ひょうたん温泉様、別府保養ランド様、荒金様の方々には、本調査の趣旨をご理解いただきましてご協力を賜りました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 古賀昭人：地熱系のラドンの起源と行動；大分県温泉調査研究会 報告第 34 号 p. 1-9 (1983 年)

蛍光X線分析法による温泉水中の懸濁物質の定量(2)

大 上 和 敏・松 山 和 司
緒 方 ひかる・大 沢 信 二

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成25年7月

蛍光X線分析法による温泉水中の懸濁物質の定量(2)

大分大学教育福祉科学部

大 上 和 敏・松 山 和 司
緒 方 ひかる

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
大 沢 信 二

要旨

温泉水中に存在する懸濁物は、地下における温泉水の化学組成や温度の変化を鋭敏にとらえており、これらの鉱物組成や化学組成を調べることは、熱水系の活動状況等を把握する上で非常に重要である。熱水系の変化をより鋭敏にとらえるためには、温泉水とともに湧出してきた直後の沈殿物を採取し、分析を行う必要がある。前回の報告では、湖沼水中の懸濁物等の分析に利用されているフィルター法を利用し、温泉水中の懸濁物の定量法について検討を行った。本報告では、大分県別府市にある血の池地獄と呼ばれる高温湖沼にについて、実際に温泉水中の懸濁物の定量を試みた。

1. はじめに

温泉水、湖沼水、海水等における懸濁物は、それら水域における化学的、物理学および生物学的な諸条件を鋭敏に反映しており、それらの鉱物組成や化学組成を研究することは、それらの生成過程等を把握する上で非常に重要である。大分県の別府市には血の池地獄と呼ばれる高温湖沼が存在し、その湖底には名前の由来ともなった赤色の温泉沈殿物が堆積している。血の池地獄の温泉沈殿物は、シリカ鉱物であるクリストバライトを主成分とし、赤色の原因であるヘマタイト (Fe_2O_3) を 10%程度含有している (古賀、1972 ; 吉田ほか、1978)。これまでの研究により、これらの温泉沈殿物は、血の池地獄の地下を流動している高温・食塩型の熱水と、比較的低温で硫酸酸性の熱水が混合することにより生じていること、さらに沈殿物中の鉱物組成は、これら 2 種類の熱水が混合して形成される熱水系の温度変化を鋭敏に反映していることが明らかとなってきた (大沢ほか、1996 ; 大上ほか、1998 ; Oue et al., 2002)。これまでの研究では、湖底に堆積した沈殿物を採取・分析されており、数カ月から数年の間に堆積した沈殿物の平均的な鉱物・化学組成について議論がなされてきた。より鋭敏に熱水系の変化をとらえるためには温泉水中に浮遊している沈殿物をとらえて分析する必要がある。しかし、水中に浮遊している沈殿物は温泉水 1 l あたり数 mg~数十 mg とごく微量であり、強酸等で溶解して分析を行うためには、大量の温泉水をろ過する必要がある。水中懸濁物の分析法の一つに、ろ紙上に採取された懸濁物試料を蛍光 X 線分析装置を利用して分析を行う方法 (以下フィルター法) があり、湖沼水等の水中懸濁物の分析に利用されている (納谷ほか、2007 ; Mito et.al., 2002)。フィルター法では、試料水をろ過する際にメンブレンフィルター上に採取された懸濁物試料を試料の溶解等を経ずに直接分析を行うため、数百 ml~数 l の試料水のろ過で得られるごくわずかな試料で分析することが可能である。

前回までの報告では、温泉水中に懸濁している温泉沈殿物の分析にフィルター法の適用を試み、分析試料作製時における分散剤の添加濃度等、分析条件の検討を行った (大上ほか、2012)。そこで、本研究では、より精度よく分析を行う為に、検量線を作成する標準試料として、試薬等を混合することにより作成した合成試料を使用して、実際に血の池地獄の温泉水中に懸濁している沈殿物の分析を試みた。

2. 試料採取

血の池地獄は、大分県別府市野田にある天然の高温湖沼であり、一辺がおよそ 45m の正三角形に近い形状をしている。湖沼の西側が漏斗状に深くなっており、そこから温泉水が湧出している。東側は、温泉水とともにもたらされた赤色の温泉沈殿物が堆積しており数十 cm の浅瀬となっている。

検討に用いた試料は、温泉水の湧出口付近など 6 カ所で採取した (図 1)。湧出口付近など、湖岸から遠い場所の試料は、長さ約 3 m の釣り竿に 500mL のポリエチレン製のサンプル瓶を取り付け採取した。温泉水試料 200mL を、採取後ただちに $0.45 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターを用いて吸引ろ過を行い、温泉水と沈殿物を分離し、フィルター上の試料を分析用試料とした。

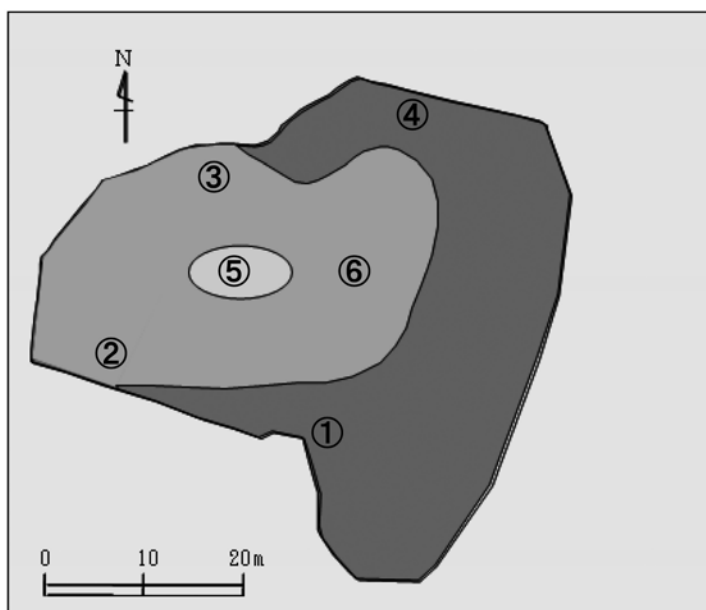


図1 血の池地獄の試料採取場所

3. 分析方法

蛍光X線分析法は、共存元素の影響を受けやすく、結合様式や物理状態によってX線強度が変化してしまうので、分析対象の試料となるべく化学組成が類似したものを標準試料として使用しなければならない。前回の報告（大上ほか、2012）では、実際の血の池地獄の沈殿物（大上ほか；1997）を標準試料として用いて検討を行ったが、今回はさらに標準試料に含まれる各成分の濃度を正確に決めるために、市販の試薬および合成した標準物質より合成沈殿物を作成し、標準試料として用いた。

合成沈殿物は、 Al_2O_3 （関東化学株式会社製 99.5%）、 SiO_2 （和光純薬工業株式会社製 99.9%）、 Fe_2O_3 （和光純薬工業株式会社製 99.9%）、 SO_3 （ BaSO_4 溶液を乾燥させ粉末状にしてから使用した）を乳鉢の中で混合し、さらにこれらを小瓶に移し替え試料全体が均一になるように、1時間振盪することにより作成した。

調整した合成試料を用いて、分析試料を納谷ほか（2007）の方法により作成した。手順は以下のとおりである。なお、分散剤として前回の報告で適正濃度を求めたポリアクリル酸アンモニウム水溶液を用いた（大上ほか、2012）。

- (1) 分析試料を適量測り取り、それらを 100mL の 0.2%ポリアクリル酸アンモニウム水溶液に懸濁する。
- (2) (1)の懸濁液を減圧ろ過用フィルターホルダーを用いて、減圧ろ過する。フィルターには、ミリポア社製メンブレンフィルター（ $0.45\mu\text{m}$ 、直径 49mm）を用いた。
- (3) 吸引ろ過後、フィルターごと室温で 24 時間自然乾燥する。

合成試料の化学組成および、作成した検量線を表 1 および図 2 に示す。

上記の方法により作成した試料について、エネルギー分散型蛍光X線分析装置（日本電子エレメントアナライザーJSX3220）により測定を行った。

表 1 合成試料の化学組成

Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃
25	55	15	5

(wt. %)

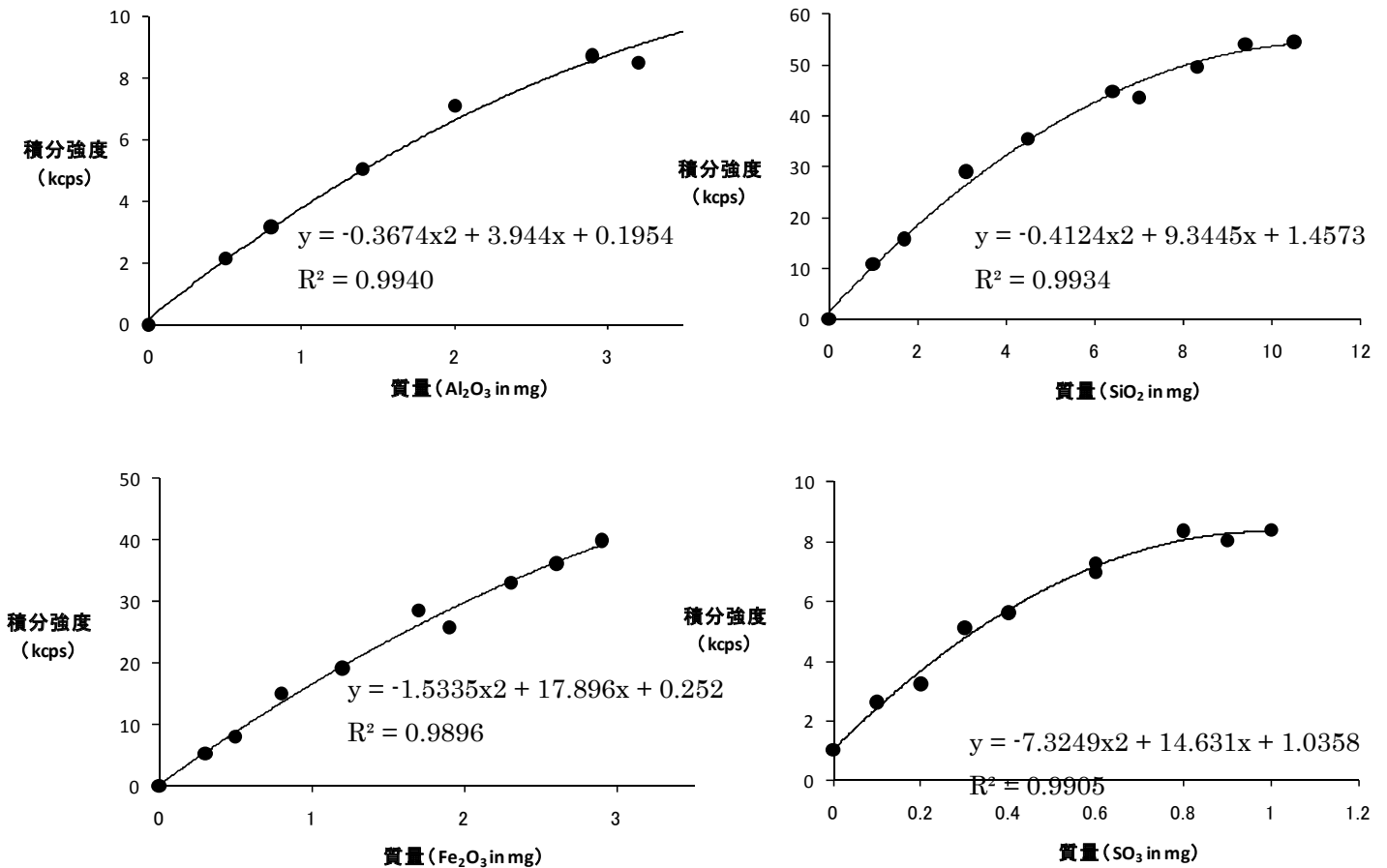


図 2 合成試料により作成した検量線

標準測定条件：管電圧 30Kv
 管電流 0.1mA
 測定時間 100s

4. 分析結果

温泉水中の懸濁物の化学組成を表 2 に示す。今回測定を行った元素は、Al₂O₃、SiO₂、SO₃、Fe₂O₃ のみであるため、これまでの報告にある化学組成と単純に比較することはできないが、これまでの報告とほぼ同様に、主成分が SiO₂ であり、次いで Al₂O₂、Fe₂O₃ の含有量が高いことがわかる。本分析法の測定誤差は概ね 5% 程度であることから判断して、今回懸濁物を採取した測定点においては、ほぼ同様の化学組成であることが示された。しかし、SO₃ については、測定点によってばらつきがみられ、測定点④および⑥については、検出することができなかった。

表 2 血の池地獄の懸濁物の化学組成

測定元素	①		②		③		④		⑤		⑥		平均	
	質量 (mg)	含有率 (%)	質量 (mg)	含有率 (%)	質量 (mg)	含有率 (%)	質量 (mg)	含有率 (%)	質量 (mg)	含有率 (%)	質量 (mg)	含有率 (%)	質量 (mg)	含有率 (%)
SiO ₂	2.0	48	1.2	52	0.7	50	3.6	56	2.4	51	2.2	56	2.0	52
Al ₂ O ₃	1.1	26	0.6	26	0.4	29	2.1	33	1.1	23	1.2	31	1.1	28
Fe ₂ O ₃	0.4	9	0.2	9	0.1	7	0.7	11	0.5	11	0.5	13	0.4	10
SO ₃	0.7	17	0.3	13	0.2	14	nd	-	0.7	15	nd	-	0.3	9.8
総量	4.2	-	2.3	-	1.4	-	6.4	-	4.7	-	3.9	-	3.8	-

(wt. %)

nd : 検出できず

5、おわりに

今回、血の池地獄の温泉水中の懸濁物について、フィルター法蛍光X線分析により分析を行った。今回の測定では、検量線に用いる標準物質として、試薬等で調製した合成試料を用いて測定を行った。血の池地獄の温泉水の湧出口付近を含めた6カ所で測定を行った結果、温泉水中に懸濁している沈殿物は、これまでの報告されている湖底に堆積している沈殿物とほぼ同様の化学組成であることが示された。また、各測定点ごとの化学組成について、 SO_3 以外の成分ではほぼ同様の含有量であった。

今回は、予察的に懸濁物の測定を行ったが、今後はより詳細に組成を調べる為、合成試料の化学組成の再検討および蛍光X線分析装置の諸条件をもう一度見直し、測定精度向上の検討を行う必要がある。

参考文献

- 大上和敏、大沢信二、中川理恵子、高松信樹、由佐悠紀（1998）別府血の池地獄の色彩変化に関わる沈殿物の鉱物組成・温泉水の化学組成の変化. 温泉科学、47、157-165.
- 大上和敏、松山和司、緒方ひかる、大沢信二（2012）蛍光X線分析法による温泉水中の懸濁物質の定量（1）. 大分県温泉調査研究会報告、63、59-63.
- 大沢信二、大上和敏、由佐悠紀（1996）別府血の池地獄の温泉沈殿物の色彩変化. 温泉化学、46、13-19.
- Oue, K., Ohsawa, S. and Yusa, Y. (2002) Change in color of the hot spring deposits at the Chinoike-Jigoku hot pool, Beppu geothermal field. Geothermics、31、361-380.
- 神野好孝、國生徹郎、田畑一郎、平田好洋、浜石和人、森田春美（1994）コロイドプロセッシング法による Si-C-O 繊維／アルミナ複合材料の作製と機械的特性. 鹿児島県工業技術センター研究報告、第8号、47-54.
- 古賀昭人（1972）別府血の池地獄について. 大分県温泉調査研究会報告、23、72-74
- 納谷友規、田切美智雄、河野恭彦、樋口彰剛（2007）フィルター法を用いた蛍光X線分析法による水中懸濁物の化学分析の評価. 岩石鉱物科学、36、37-41.
- 吉田哲雄、湯原浩三、中江保男、野田徹郎（1978）別府「血ノ池地獄」の温泉水及び沈殿物について. 温泉科学、29、10-18.

九重火山群北麓周辺の表層電気伝導度分布

鍵山恒臣・宇津木 充
吉川 慎

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成25年7月

九重火山群北麓周辺の表層電気伝導度分布

京都大学理学研究科地球熱学研究施設火山研究センター

鍵山 恒 臣・宇津木 充
吉 川 慎

要旨

九重火山群北麓周辺において表層の電気伝導度分布を調査した。その結果、九重火山群を構成する個々の火山の山麓において高電気伝導度領域が認められた。たとえば、硫黄山から長者原を経て北麓に延びる領域、牧ノ戸峠から八丁原、筋湯に延びる領域である。これらは、大船山、黒岳付近から九重火山群南東側の七里田温泉、長湯温泉に延びる領域や九重火山群北東側の阿蘇野に延びる領域などと共通の特徴を持ち、九重火山群のマグマ起源の揮発性成分が地下水とともに流下して形成された可能性がある。また、湯平温泉から山下池にいたる領域、玖珠川以西の長者原から飯田高原、町田牧場を経て小倉岳周辺にいたる北西方向の領域にも高電気伝導度域が延びている。

1. はじめに

鍵山・他(2011)は、長湯温泉周辺の表層電気伝導度分布を調査し、九重火山群・大船山付近から七里田温泉を経て長湯温泉に延びる領域が比較的高い電気伝導度となることを示している。この結果は、山田・他(2005)に示される「九重火山群のマグマから供給された二酸化炭素が九重火山群南東山腹で涵養された地下水に付加されて南東方向に流下している」という主張と整合的である。鍵山・他(2012)は、同じような高電気伝導度領域を阿蘇野付近にも認め、九重火山群から北東方向に揮発性成分が散逸していると考えている。このような高電気伝導度域が、九重火山群のこれ以外の方向にも広がっているかどうかは、大変興味を持たれる。

また、鍵山・他(2010)は、由布岳、由布院盆地周辺の表層電気伝導度分布調査を行い、由布院温泉が由布院断層に強く規定されて分布していることを示している。鍵山・他(2012)は、この地域の高電気伝導度領域が由布院川西地区から大分川に沿って南南東方向に延びた後、下湯平から湯平温泉に延びていることを明らかにしている。このように、九重火山群地域が周辺域の地熱活動とどのように関係しているかも大変興味を持たれる。こうした背景から、九重火山群北麓周辺において VLF-MT による表層電気伝導度調査を実施した。以下に調査結果を報告する。

2. VLF-MT による表層の電気伝導度分布

調査は、2012年7月に湯平温泉から山下池、飯田高原、筋湯温泉を経て牧ノ戸峠付近において実施した。図1には、近隣で以前に行った調査結果も加えて電気伝導度分布を示す。全体的な傾向として、以下に示す特徴があげられる。九重火山群を形成する溶岩ドームおよび溶岩流などの山体部では $30 \mu \text{ S/cm}$ 以下の低電気伝導度を示している。この特徴は、鍵山・他(2011、2012)の結果と同じである。また、調査域の北部にあたる朝日台から崩平山、野稻岳付近の一带でも $30 \mu \text{ S/cm}$ 以下の低電気伝導度を示している。これらの領域では、表層付近に地下水が存在せず、熱変質も進んでいないと思われる。そ

れ以外の地域では $30 \mu\text{S/cm}$ 以上の電気伝導度を示している。特に、硫黄山から長者原を経て北麓に延びる領域、牧ノ戸峠から八丁原、筋湯に延びる領域などでは $60 \mu\text{S/cm}$ 以上の高電気伝導度を示している。また、湯平温泉から山下池にいたる領域、玖珠川以西の長者原から飯田高原、町田牧場を経て小倉岳周辺にいたる北西方向の領域にも高電気伝導度域が広がっている。以下にそれぞれの地域ごとにその特徴を検討する。

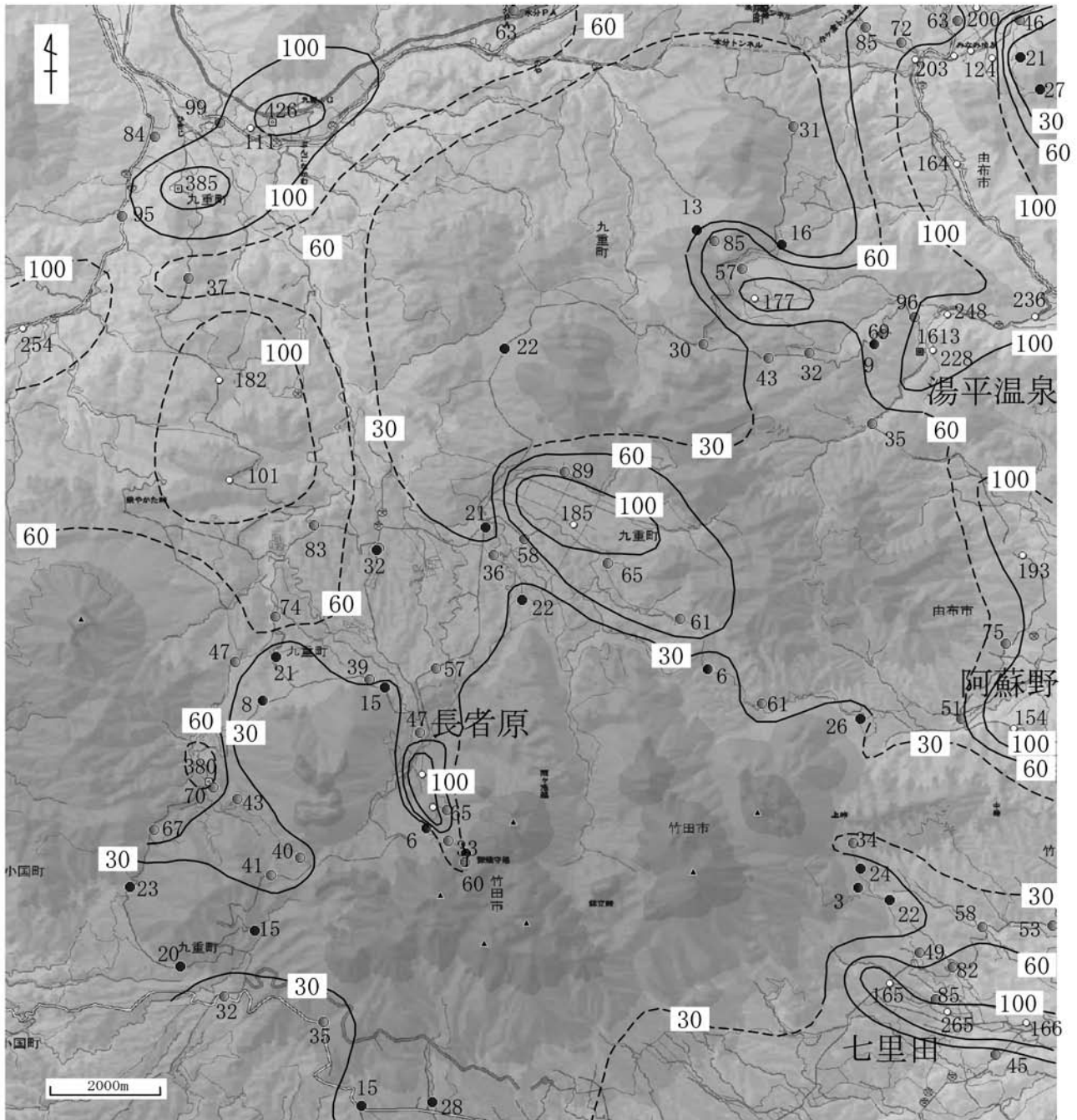


図1 VLF-MTによる九重火山群北麓周辺の表層電気伝導度分布（単位は $\mu\text{S/cm}$ ）。
（地図は、国土地理院のウォッチーズおよびカシミールによる）

2-1 硫黄山から長者原付近の電気伝導度分布

九重火山群硫黄山は、この地域でもっとも地熱活動が活発な領域である。この領域の電気伝導度分布

は、鍵山・他(2012)においても報告しているが、図1に示すように、硫黄山から長者原にかけての沢に沿う狭い範囲で高電気伝導度を示し、一部では $100 \mu \text{ S/cm}$ 以上となっている。一方、沢から外れた場所での電気伝導度は $30 \mu \text{ S/cm}$ 以下を示している。硫黄山の噴気地帯で湧出している温泉水の電気伝導度は、 $1400 \sim 1800 \text{ mS/m}$ にも達しており、噴気地帯から長者原方向に下った沢の水は、 83.5 mS/m 21.9°C を示す一方、沢から離れた地表水は 10.16 mS/m 、 14.3°C を示している。こうした結果は、硫黄山の噴気地帯で湧出した温泉水が、細い沢筋に沿って流下していることを示している。長者原以北には湿原や火山砕屑物が埋積した平坦地が広がっており（吉部、田野地区）、その付近の電気伝導度は $60 \mu \text{ S/cm}$ 以上を示している。この高電気伝導度域が長者原から流下してくる熱水だけによるものか、法華院温泉から鳴子川を経てもたらされる熱水によるものかは、本報告の調査が十分でないために判別できない。

2-2 筋湯温泉付近の電気伝導度分布

図1に示すように、黒岩山、泉水山などの九重火山群山体部が $30 \mu \text{ S/cm}$ 以下の低電気伝導度を示している中で、牧ノ戸峠から八丁原、小松地獄、筋湯温泉を経て湯坪温泉にいたる領域で $30 \mu \text{ S/cm}$ 以上、特に高い部分では、 $60 \mu \text{ S/cm}$ 以上の比較的高い電気伝導度領域が見られる。この領域には、温泉の他八丁原、大岳の地熱発電所も稼働している。この領域と涌蓋山との関係は興味を持たれるが、調査が十分ではないために不明である。

2-3 湯平温泉—山下池の電気伝導度分布

鍵山・他(2012)では、湯平温泉近傍に $1600 \mu \text{ S/cm}$ 以上の高い電気伝導度が計測されており、この高電気伝導度領域は下湯平を経て、大分川沿いに由布院川西地区に延び由布院温泉に続いていることが示されている。湯平温泉の北西側について詳細な調査を行った結果、山下池から立石池付近に $60 \mu \text{ S/cm}$ 以上の高電気伝導度領域が北西方向に延びていることが明らかとなった。この領域には、滝上地熱発電所の生産井が含まれており、なんらかの亀裂を通して熱水が上昇し、周辺の岩盤を熱変質させているものと思われる。

2-4 長者原北西方の電気伝導度分布

長者原の北西方向に位置する飯田高原から町田牧場を経て小倉岳周辺にいたる領域において $60 \mu \text{ S/cm}$ 以上の高電気伝導度を示している。特に、小倉岳周辺では $300 \mu \text{ S/cm}$ 以上の高い電気伝導度が計測されている。この高電気伝導度領域は、玖珠川を境として東側で低電気伝導度、西側で高電気伝導度となるように見える。この領域には猪牟田カルデラが含まれており、大変興味を持たれるが、本報告の調査がまだ十分ではなく、より詳細な調査を行う必要がある。

3. まとめ

九重火山群北麓周辺において表層の電気伝導度分布を調査した。その結果、九重火山群を構成する火山体などにおいて $30 \mu \text{ S/cm}$ 以下の低電気伝導度が計測された。一方、九重火山群を構成する個々の火山の山麓において $60 \mu \text{ S/cm}$ 以上の高電気伝導度領域が認められた。たとえば、硫黄山から長者原を経て北麓に延びる領域、牧ノ戸峠から八丁原、筋湯に延びる領域である。これらは、鍵山・他(2012)が示している大船山、黒岳付近から南東側の七里田温泉、長湯温泉に延びる領域、同じく黒岳付近からや北東側の阿蘇野に延びる領域などと共通の特徴を持ち、九重火山群のマグマ起源の揮発性成分が地下水と

ともに流下して形成された可能性がある。

湯平温泉から山下池にいたる領域に高電気伝導度域が延びている。この高電気伝導度領域は、由布院盆地の川西地区から大分川に沿って南東方向に延び、下湯平から湯平温泉につながる領域の延長にあたり、断層の亀裂を通して熱水が上昇し、周辺の岩盤を熱変質させていると思われる。また、長者原から飯田高原、町田牧場を経て小倉岳周辺にいたる北西方向の領域にも高電気伝導度域が延びている。この領域には猪牟田カルデラも含まれており、関係が注目されるが調査がまだ十分ではなく、涌蓋山周辺域の調査を行う必要がある。

謝辞

測定結果の解釈において、京都大学地球熱学研究施設竹村恵二教授、大沢信二教授との討議が有益であった。この誌面を借り謝意を表します。

参考文献

- 鍵山恒臣・吉川 慎・宇津木 充・井上寛之 (2010) : 由布岳・由布院盆地周辺の表層電気伝導度分布, 大分県温泉調査研究会報告, 61, 3-6.
- 鍵山恒臣・吉川 慎 (2011) : 長湯温泉周辺の表層電気伝導度分布, 大分県温泉調査研究会報告, 62, 9-12.
- 鍵山恒臣・宇津木 充・吉川 慎 (2012) : 九重火山群北東麓・阿蘇野周辺の表層電気伝導度分布, 大分県温泉調査研究会報告, 63, 19-22.
- 山田 誠・網田和弘・大沢信二 (2005) : 同位体水文学的手法による九重火山南東麓に湧出する炭酸泉の湧出機構の解明, 温泉科学, 54, 163-172.

別府市におけるボランティアガイドの特性と課題

中山 昭 則

大分県温泉調査研究会報告 第64号 抜刷

平成 25 年 7 月

別府市におけるボランティアガイドの特性と課題

別府大学 中山 昭 則

要 旨

ボランティアガイドは今や全国で1600近い団体が活動しているといわれ、地域観光振興において重要な役割を担っている。そこで、本研究は別府市各地で展開しているボランティアガイドの実態を検討し、その特性と課題を明らかにすることを目的とする。本論では別府市の中心地区を巡る「語り部の会」および朝見八幡社を基点として朝見地区を巡る「朝見ウォーク」を取り上げた。この結果、ガイドの個性によって説明内容にばらつきがあるという課題が両者ともに浮かび上がった。その一方、「語り部の会」は『レトロ』というキーワードで一貫し、「朝見ウォーク」は別府の原風景を銘打っているが新しいコースの開拓にも意欲的であった。さらに、本論では観光関連団体が一括して運営する長崎市との比較を試みた。長崎市は観光客にツアーコースをフリーでも十分楽しめるガイドマップを提供し、観光客の選択肢の幅を広げている。こうした点は別府温泉郷のボランティアガイド組織も考慮すべきであろう。

I はじめに

今日全国各地で活躍するボランティアガイドは1,600団体以上存在すると言われている。この組織数から推察して今や地域観光の重要な担い手というよう。筆者は全国屈指の温泉観光都市別府温泉郷で展開するボランティアガイドの動向について、ガイド団体とガイドへのアンケート調査を踏まえて分析し報告している(中山2012)。これによるとガイドの高齢化と人員不足は各団体が抱えている課題であることが改めて浮き彫りになった。また、個々のガイドたちは勉強不足を痛感しながら日々の活動をしているという現状もみ取れた。さらに、ガイドの育成と研修の充実が大きな課題であることが判明した。

ボランティアガイドに関する研究としては、加藤他(2003)が全国663組織を対象とした調査を行っている。この論考は1980年代中頃の黎明期から年代を追ってボランティアガイド組織の展開について検討している。これによると、1980年代は全国でもまだ40程度の組織に留まり、観光志向は低く目的性が高いことが特徴的であった。1990年代に入ると観光志向が高まるとともに行政の補助も始まり、組織化されていく時期であったとしている。この傾向はその後も進み、個人の知識活用というボランティア的な活動から、「まちづくり」という地域貢献としての活動へと広がった。松村他(2001)は、近畿地方の4つのボランティアガイド組織を対象に調査を進めた上で、組織運営のポイントとして「自発性から始まる自主的な運営」「社会貢献によって生きがいを感じる」「得意分野を持ち寄り役割分担する」などを挙げている。この「社会貢献によって生きがいを感じる」という側面は、林他(2012)による横浜市のボランティアガイド組織を対象とした調査によっても裏付けられている。これによると、活動の目的は「観光客と地域住民のため」および「地域住民のため」の二者が大半を占めていると指摘している。ボランティアガイドのスキルについては、各組織をはじめ行政等による講習・研修が年々充実しレベルアップが図られている。前述の横浜市では育成期間が2年間にも及ぶが、大半のガイドはその育成期間を「ちょうど良い長さ」と回答し、勉学意欲の高いことを示している。先に取り上げた加藤他(2003)は、ボランティアガイドとしての専門的な知識と参加者を楽しませる技術の両方が必要となる解説活動が重要となると指摘している。

前回の報告および上述の先行研究を踏まえて、本論では別府温泉郷におけるボランティアガイドの実態調査を通して、その特性と課題を明らかにすることを目的とする。加えて、今回は別府温泉郷と運営方法及びガイド活動において対照的な長崎市のボランティアガイドの実態調査を行い、比較研究を進めながら特性と課題を明らかにしたい。また、実態調査にあたっては、ガイドおよびツアー参加者の属性が対照的な二つのツアーを事例として取り上げる。

II. ツアー催行の実態

(1) 「語り部の会」および「あさみウォーク」の概要

語り部の会主催のツアーはリピーター率が25%程度と低く、一般の観光客の参加が多いと考えられる。ガイドもツアーコースエリアに居住する者は少なく、市内のみならず大分市そして県外から通って来ているガイドもいる。

語り部の会は「竹瓦路地裏散歩」を催行しており2012年はおよそ1,100人の参加者があった。ツアーコースはJR別府駅を起点として駅周辺の路地裏を巡りながら明治期以降の建造物と共同温泉を巡るものである(図1)。

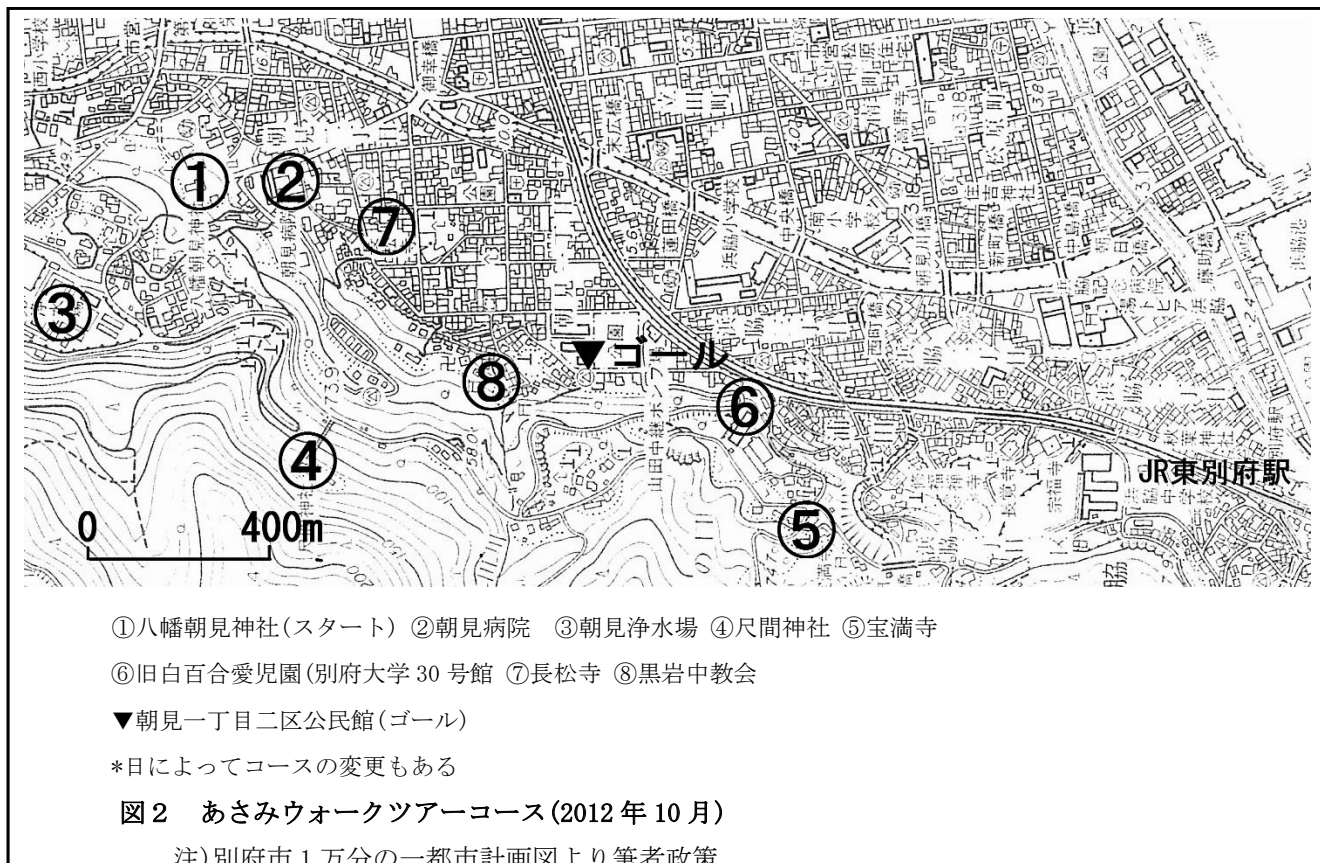


ツアーは毎週月・水・金・土・日曜日の5日間実施しており、市内の各ツアーの中ではツアー催行回数は群を抜いて多い。現在ガイドは17名を擁しているが3名は長期間活動に参加していないという。したがってツアー回数の多さゆえガイド不足状態にあり、あと5名程度の増員を望んでいるという。

語り部の発足は前述のとおり有志が立ち上げたもので、ボランティアガイドの草分け的存在と言える。ガイドたちの意欲も高く市内居住者のみならず、前述したがこのツアーに参加した県外居住者(愛媛県宇和島市)もガイドとなっている。ツアーコースも経験の蓄積からほぼ固定化されている。所属のガイド個別アンケートの回答をみる限り、ガイド各自が説明に特に力を入れる場所を持つというよりも、コース全体を万遍なく説明しているようである。このことからガイドのスキルと意識がある一定水準で統一されている様子が見

て取れる。

これに対して、あさみウォークのリピーター率は70%を占め、地元住民と別府市民が繰り返し参加しているという。ガイドも全員地元朝見地区に住んでいる。このようにガイド組織とツアー参加者の属性は語り部の会とは対照的である。またこのツアーは「別府の原点・朝見郷」と銘打っており、別府の総鎮守『朝見八幡神社』をツアーコースのメインとしている(図2)。この朝見八幡神社をはじめとした地区内の寺社は近年パワースポットとして注目を集め、若者のツアー参加者が増加傾向にあるという。ガイドたちの多くは最も力を入れて説明している場所として当神社を挙げている。



あさみウォークの参加者は年間通しても250名程度で推移しているという。ガイド組織も平成20年に設立され、本格的なツアーは翌21年からスタートさせたばかりで市内で最も新しい組織である。ガイド組織設立は朝見地区が「中心市街地活性化計画」区域から外れたことが背景にある。地域の活性化策を自分たちの手で実施する必要性に迫られ、その一環としてガイド組織が設立された。

この地区は大発展を遂げた温泉観光都市別府にあって、旧来型の観光施設や資源に乏しい地区とされてきた。地元住民は「地元を知る絶好の機会」としてツアーに参加しているという。また、ガイドたちは説明に工夫を凝らしていることがリピーター率の高さにつながっていると分析しているようである。

(2) ツアー内容の比較と課題

さて、両組織のツアーの内容をみると、両者ともにその日の担当ガイドや参加者数、そして天候によってコースや説明場所と内容を少しずつ変えている。その判断は基本的に担当ガイドに任されているという。案内箇所によっては当事者がいる場合は説明をお願いすることもあるという。例えば、今回参加した語り部の会主催のツアーでは紙屋温泉と羽衣温泉で管理人から説明がなされた。しかし、両温泉ともに管理人が常駐しているわけではないので、このような説明がなされない日も多いという。また、「貸席旅館アホロトル」の名前の由来といった参加者が関心を示すであろう事柄についての説明はなかった。このような担当ガイドによる説明の力点の差はあさみウォークでも見られた。例えば、参加当日のガイドは元水道関連の仕事をし

ていたといい「浄水場」の説明が詳しかったが、その他宝満寺に詳しいガイドもいるとのことである。

このように、ガイドによって得意分野、コースと案内場所が変わるということは、参加者にしてみれば「行ってみなければわからない」という状況にあるともいえよう。ホームページにも担当ガイドに関する情報は掲載されていない。これに対してあさみウォークでは2013年から月別にテーマを設定して催行している。その結果、1月の「七社参り」には27名、2月の基本コース「パワースポット巡り」には21名の参加があった。前年の2か月の実績29名を大幅に上回り順調な滑り出しといえよう。今後は別府で最古の寺院である宝満寺および別府市街地の眺望をテーマとしたツアーを企画している。

一方、コースの設定に関する「新たに案内してみたい場所がありますか」の質問に対する回答は両者対照的なものであった。語り部の会のガイドたちからは新たに案内したい場所は全く挙がってこなかったが、あさみウォークのガイドは「乙原の滝」「志高湖」「隠山」が挙がった。語り部の会のコースは『路地裏』をキーポイントとしており、その周辺の案内場所も従来から別府を象徴する建造物が多く、新しい説明ポイントは見出しにくいと考えているようである。一方あさみウォークのコース周辺はこれまで観光資源として活用されてきたものがほとんどないことが背景にあらう。「乙原の滝」は既に新コースとして試験的に実施している。しかし、健脚向けのコースで片道1時間という歩行時間が課題となっている。

このツアーコースの歩行距離については、語り部の会のホームページには3kmと明記されているが、あさみウォークには記載がない。参加者の大半が中高齢者という現状を鑑みると歩行距離は重要な情報と考えられる。この語り部の会の3kmという距離は、例えば各コースが1.5km前後で設定されている「長崎さるく」と比較すると長い。あさみウォークの歩行距離もツアーに参加してみてもやはり3km程度はあらう。ガイドたちが実地の場で苦労している“長い行列”が出来てしまうのは歩行距離の長さにも一因があらう。

(3) 今後の展望

ツアー催行の実情から見えてきた課題を今後の活動にどのように活かすべきか。先ず個々のガイドが各自の得意分野の説明に偏る傾向を指摘したが、ガイドの個性を活かすならば、例えばホームページに得意分野を持つガイドのスケジュールを掲示することも考えられよう。さらに所属するガイドの得意分野を把握することによって、どの分野のガイドを今後育成・募集すべきかという点も明確にならう。また、各組織の連携を図れば同じ分野を得意とするガイドたちのスキルアップも効率的に出来よう。また同一分野を得意とするガイドたちをリレー形式で繋ぐことも可能ではないか。松村がガイド組織運営のポイントの一つとして指摘する「得意分野を持ち寄り役割分担する」という点は別府温泉郷においても検討しなければならないであらう。各組織には“歴史が得意なガイド”“寺社が好きなガイド”といったように得意分野を持つガイドが所属しているので、“自己完結型”の精神を尊重しつつも連携そして連動した活動も視野に入れるべきと考える。

次に、ツアーコースの歩行距離の長さも指摘したが、現状を見る限り「1回のツアーですべてを案内する」傾向が強い。3kmという距離は夏場の参加者は当然であるがガイドとその補助者にとっても辛いのではないだろうか。市内の他のツアーコースもほぼ同じ歩行距離である。距離が長くなれば参加者の歩くペースにも差が生じ安全確保の面においても不安が募る。例えば前述した「長崎さるく」のように歩行距離を1.5km程度にしてテーマ別のコースを設定することも考えられる。例えば、語り部会のコースならば「路地裏」と「レトロな建物」「昔ながらの共同温泉」の3コース設定も可能と考える。あさみウォークでは「パワースポットをめぐる」「近代化遺産ツアー」といった設定が考えられる。

しかし、これには人員確保という課題が残る。募集に際しては「短いコースで得意分野を活かして説明できる」というフレーズで募集をすれば可能性は見えてこよう。

Ⅲ. 長崎市におけるボランティアガイドの活動

(1) 組織運営

長崎市で活動するボランティアガイドは「長崎国際コンベンションセンター」が運営している。ボランティアガイドツアーは「長崎通さるく」と銘打っている。これは2006年に開催された『長崎さるく博』を契機に始まった。この「通さるく」の他にガイドマップを片手に自由に歩く「遊さるく」、専門家の講座等に参加する「学さるく」、食を満喫する「食さるく」が設定されている。この“さるく”とは「町をぶらぶら歩く」という意味の方言である。

「通さるく」は季節によって多少異なるが30コース程度設定されている。ガイドは400名近い登録者がいるというが、実働者はその半数程度という。ガイドを志願する場合は催行されているコースから幾つかを選択し、そのツアーに参加しながら先輩ガイドの説明を観察する。その次には実際にガイドを経験しながら覚えるという。基本的にはこの2回のツアー参加でガイドとして登録される。聞き取りによると平均して6コース程度の登録をしているガイドが多いという。しかし、登録をしながら「自信がない」あるいは「大変だ」という理由でガイドとして活動しない者が多いという。実際ガイド登録者の半数のガイドはこうしたパターンと思われる。

ガイドは前の月に翌月活動できる日を登録し、ツアーの予約が入るとコンベンションセンターから出動の打診が来ることになっている。ボランティアであるが1回の出動で1,000円の交通費が支給される。また、修学旅行シーズンは生徒向けのガイドで出動日が多くなるという。修学旅行の場合は殆どが原爆公園を基点とする「平和コース」のガイドをする。活動頻度としてはこちらの方が多いう。

ツアー参加者は基本的には予めHPにてツアー催行日と空き情報を確認して、ウェブもしくは電話で予約をする。ツアーの定員は10名で空きがある場合に限り当日申し込みもできる。集合場所で当日訪れて参加可能なツアーの申し込みをする観光客も多いという。ツアー参加料金は一人500円である。しかし、ツアーによっては出発地まで公共交通機関を利用する場合もあり、その場合の交通費は自己負担となっている。また、ツアーの所要時間は一部のツアーを除けば2時間で統一されている。人気の高いツアーは午前と午後の2回設定されている。これも実働ガイド数が200人という規模が成せる技といえよう。

(2) ボランティアガイドツアーの現況

ツアーの実施状況を見ると、ガイド一人態勢で催行している。ガイド一人で説明と移動の安全確認を確実にを行うために10人定員で実施しているという。別府のようにツアーガイドの他に交通整理、ガイド補助といった複数人が携行することはないという。ツアー参加者は集合場所で受付を済ませると詳細なガイドマップがもらえる。このマップはツアーごとに作成されており、ガイドツアーに参加しなくともコースを辿ることができるので、マップを持って自由に散策を楽しむ観光客の姿も多くみられる。このようなガイドマップを見ながらツアーに参加するという形態が一般化しているのか、参加した3コース共にガイドの説明はあまり深入りしない場合が多かったように感じた。殆どの参加者はマップとマップに記載されている説明を読みながらガイドの説明を聞くというスタイルであった(図3)。さらに、コース中随所に案内板も設置されており、ガイド自らその案内版を説明する場面も多かった。

長崎国際コンベンションセンターの資料によると、平成24年のツアー参加者はおよそ1万8千人であった。各コース別の参加者も数千人の参加者を集めたコースもある一方数百人というコースもあるという。同資料によると修学旅行の参加者も2万人程度あり、修学旅行生のガイドとしての出動が多いという前述の聞き取り内容がほぼ裏付けられている。また、「長崎さるく」関連の予算規模は毎年おおよそ7千万円で、その内ガイド・職員の人件費に4千万円、マップ作製や宣伝費に3千万円かけているという。



図3 長崎通さるく ガイドマップ

(3)別府温泉郷との比較

以上、観光管轄する部署によって一元的に管理運営されている長崎市のボランティアガイドの実態をみてきた。別府温泉郷と比べるとガイドツアーマップが充実しているのが、ガイドツアーはそのマップに準拠する形で催行されている。したがって別府温泉郷の事例と比べるとガイドは細かなところまで説明はしていない。また、マップ上に観光スポットとして記載している場所も飛ばしてしまうケースもまま見られた。ガイドそして参加者の間には「参加者はガイドマップを見ながらツアーに参加する」という暗黙の了解が成り立っているという雰囲気である。ガイドツアーに参加して長崎観光の概略を把握して、さらにガイドマップを片手に見たいスポットをじっくり見るといった観光形態がかなり浸透しているようである。ガイドツアーは数ある市内観光方法の一つの選択肢としての役割が定着しているように感じられた。こうした観光形態も新しい視点として注目に値する。

5. まとめ

以上、別府市各地で活動しているボランティアガイドの活動実態について検討を加えてきた。その結果以下の知見を得ることができた。

ツアー催行の実態をみると、担当ガイドによって説明箇所やコース設定に違いが生じている。さらにその情報は殆ど提示されていない。また、ツアーの歩行距離も他地域の同様のツアーと比べると長い。その一方では、コースにテーマを持たせて催行する動きも見られ今後の動向に注目したい。

課題としては、各組織ともに総じて解説スキルの向上という視点にまで至っていない点があげられる。ガイド個々の知識と個性に委ねるツアーは確かに魅力的ではあるが、参加者あつてのツアーである。また、今後ガイドツアーが人気を呼ぶほど各ガイドの「秘密の場所」は多くの参加者に知れ渡ることになる。これか

らは「場所の発掘」から「説明の工夫」に重心を移していかなければならないと考える。各ガイドの説明スキルの客観的な測定方法の構築も視野に入れる必要がある。

各組織ともに運営はいわば“自己完結”的な色彩が強いと思われる。この「地域のことは地域住民で」というスタンスは別府温泉郷で展開するボランティアガイドの特性であり“売り”ともいえ評価できよう。また、他地域に多く見られる行政主導のもとで活動する場合予算削減に伴う活動の縮小もしくは休止という事態に陥るリスクを背負っている。これによると、別府温泉郷では各組織独立採算なのでこのようリスクはかなり少ないという利点がある。

別府温泉郷という限られた空間に15コースのガイドツアーを催行するという地域的特性を活かすためにはリピーターの発掘が欠かせない。「次はあのコースを巡ろう」という気にさせる仕掛けが必要ではないか。そのためにはガイドのスキルアップ(自己研鑽)の実情を検証する必要がある。ガイドたちがどのような資料・データ・情報を基に説明資料を作成しているのか検証しなければならない。ガイドの育成についても各組織によって背景が異なることが見えてきたので、その実態も検証する必要がある。

別府温泉郷のボランティアガイドは各組織の独自性が強い。これは活動エリアが競合しないということと、各エリアの地域的特色に大きな差があるという背景がある。こうした現状はまた別府温泉郷の売りとも言えよう。その反面、別府温泉郷を一つの観光スポットとしてみた場合、各ツアー間における連動性はあまり重視していないように感じられる。例えば、「レトロ」という特色は幾つかの組織で被っている。地域性が異なるので現行のやり方においても評価はできるが、別府温泉郷全体を「レトロ」という共通テーマのもとでガイドツアーを実施することで、各地域の“何処が”そして“何が”「レトロ」なのかより鮮明になるのではないか。さらに、土曜日に催行するツアーと日曜日に催行するツアーとを明確化すれば、観光客も両日滞在して二つのツアーに参加するという可能性も生まれてこよう。現行では月一回の催行という組織が多いので、毎月どこかの週末にツアーを集約することも視野に入れてみるのも良いであろう。

次いで、ガイドマップの共通仕様化やガイドコースを表示し自由に歩けるようにすることも考慮すべきであろうが予算的な課題が生じてくる。しかし、長崎市の場合はガイドツアー参加者と自由に歩く観光客が同じコースを同じマップを持って歩いている。これに対して別府温泉郷の場合は「ガイドツアーに参加しなければコースもわからない」という状況である。やはり、ツアーコースをフリーでも気軽に歩けるようにすべきではないだろうか。長崎の雰囲気は“観光地としての成熟さ”を強く感じた。こうした観光客に楽しみ方の選択肢をより多く提供するという視点は今後考えていくべきであろう。

【謝辞】

本研究を進めるにあたって、「語り部の会」および「朝見ウォーク」関係者からは有益なお話を伺った。また、長崎国際コンベンションセンターの皆さんからも有益なお話とデータを頂いた。この場をお借りして御礼申し上げます。尚本研究は別府大学 GP(別大 GPRS6「地域社会との協働による地域資源の観光資源化の構築に向けた研究」)の一部を利用した。

【文献】

- 1) 加藤麻理子他(2003):「地域住民による観光ボランティアガイド活動の実態と動向に関する研究」ランドスケープ研究: 日本造園学会誌 66(5), 799-802 ページ, 社団法人日本造園学会。
- 2) 松村直美ほか(2001):「ボランティアガイドの活動から見るガイド成功要因とまちづくりへの影響に関する研究」平成13年度日本建築学会近畿支部研究報告集, 489-492 ページ, 日本建築学会
- 3) 林 懿嫻(2012):「横浜市の観光ボランティアガイド組織に関する研究: その育成方式を中心にして」観光科学研究 (5), 95-106 ページ, 首都大学東京 大学院都市環境科学研究科 観光科学域。
- 4) 中山昭則(2006):「観光・地域づくりと住民参画-別府温泉郷における市民による地域ガイドの事例-」、『観光からの地域づくり戦略』総合観光学会編, 159-172 ページ。
- 5) 中山昭則(2012):「別府市におけるボランティアガイドの動向」、『大分県温泉調査研究会報告』第63号、大分県温泉調査研究会、27-34 ページ。

