

## 短 報

## 霧島火山群の噴気不活性ガス組成

京都大学理学部附属地球物理学研究施設

大 沢 信 二, 由 佐 悠 紀, 北 岡 豪 一

(平成 7 年 7 月 19 日 受 付, 平 成 7 年 9 月 14 日 受 理)

Inert Gas Compositions of Fumarolic Gases Discharged from  
Kirishima Volcano, Southwestern Japan

Shinji OHSAWA, Yuki YUSA and Koichi KITAOKA

Beppu Geophysical Research Laboratory, Kyoto University

## Abstract

Kirishima volcano in southern Kyushu geologically belongs to the volcanic belt of southwest Japan. Seven fumarolic gas samples for chemical analysis were collected from fumaroles in an active crater and fumarolic areas at the northwestern and southwestern flanks of the volcano on late-May, 1995. Relatively high He/Ar and N<sub>2</sub>/Ar ratio gas is discharged from one of fumarolic vents in the crater of Shinmoe-dake become vigorous in 1991: He/Ar and N<sub>2</sub>/Ar ratios of the gas are 0.12 and 337, respectively. The other fumarolic gases hardly contain magmatic component. The inert gas compositions of these fumarolic gases indicate that magmatic gas of Kirishima volcano is not the same kind of the magmatic gas in Beppu-Shimabara graben at the northern part of Kyushu, but very similar to the magmatic gas in the volcanic belt of northeast Japan.

西南日本火山帯に属する九州島には、山頂火口あるいは山腹で活発な噴気活動を行っている活火山が、多数存在する (Fig. 1)。桜島火山の北北東約 40 km、鹿児島県と宮崎県の県境に位置する霧島火山は、20あまりの小規模火山からなる複合火山である (Fig. 2)。北西-南東方向にのびた楕円形の地域 (長径 30 km, 短径 20 km) に分布する火山群の中央部に位置する新燃岳は、1716~1717年、1959年、1991~1992年に噴火記録のある最も活動的な火口である<sup>1, 2)</sup>。この火山群の地質学・岩石学および地球物理学的な研究は精力的に行われているが<sup>1~4)</sup>、流体地球化学的な調査は、必ずしも充分には行われてはおらず、わずかな研究報告が見られるだけである<sup>5)</sup>。我々は、霧島火山から噴出する噴気ガスの化学的特徴の解明を目的として、火山体の北西および南西斜面と新燃岳火口内の噴気調査を1995年5月29日から31日にかけて行った。



Fig.1 Active volcanoes in Kyushu island, southwestern Japan. Area of Beppu-Shimabara graben is shown by Okada (1993)<sup>14)</sup>

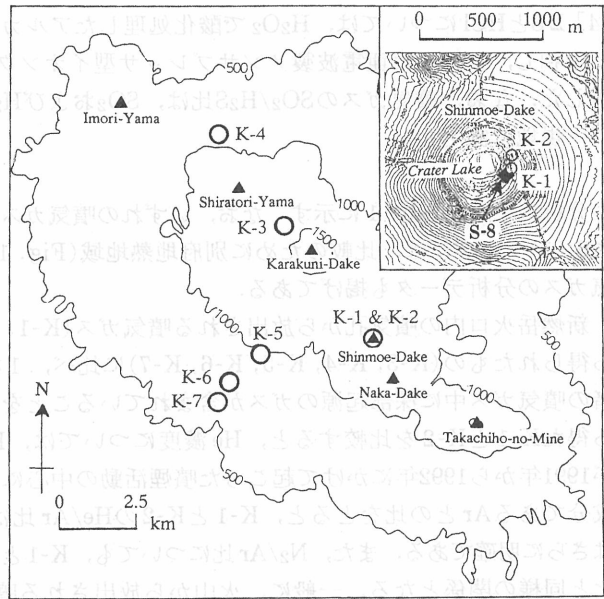


Fig.2 Sampling locations of fumarolic gases at Kirishima volcano (hollow circles). S-8 points the most active fumarole in 1991-1992 eruption<sup>2)</sup>

噴気孔に挿入したチタン製パイプに導入された噴気ガスを、アルカリ溶液(5MKOH)を含む2口注射器に採取した。チタン製パイプおよび注射器とパイプをつなぐシリコン・チューブには、アスベスト・リボン巻を巻き付けパイプ中での水蒸気の凝縮を防ぎ、一方で注射器を水冷することにより注射器内への噴気ガスの流入を容易にした。噴気ガス放出の勢いが弱いときは、内側がチタン製、外側がアルミ製の二重管を噴気孔に挿入し、噴気ガスを内管と外管の間にも流して、内管中を流れるガスを保温し、これを採取した。噴気ガス試料の採取場所はFig. 2に示された計7ヶ所である。これらの噴気地帯は、北西-南東方向に延びた火口列に沿うものと韓国岳の南西方向に直線的に配列するものに分けられる。試料K-1とK-2は、1991年11月から噴気活動が活発化し、降灰が観測された新燃岳火口内の噴気孔から得たものである。特にK-1は、主要な活動点となったS-8噴気<sup>2)</sup>に近い噴気孔から採取されたものである。一方、K-2は、筆者の一人(大沢)が行った1988年7月24日の調査の際にも、蒸気の噴出が認められた火口内斜面北東側の噴気群の一つから採取した。なお、今回の調査時には、火口内西側斜面の中ほどの噴気活動は著しく衰退し、火口外の西斜面の割れ目から噴出していた蒸気は、遠望では確認できなかった。K-3は、えびの硫黄山西方斜面にある熔融硫黄固結物の付着が認められる噴気孔から、またK-4は、白鳥第一温泉にある自然噴気地内の最も活発な噴気孔から採取した。K-5、K-6は、それぞれ明礬温泉北方の噴気地と林田温泉南方の硫黄谷の噴気地帯から、K-7は、丸尾の鹿児島大学医学部リハビリテーションセンターの蒸気井から得た試料である。

注射器に採取された噴気ガスは、次の方法により分析した。[1] H<sub>2</sub>Oは、試料採取前後の注射器の重量差より求めた。[2] アルカリ溶液に吸収されなかったガス(He, H<sub>2</sub>, Ar, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>)は、小型注射器に移して測容した後、大倉理研製AFG-555S型ガスクロマトグラフで分析した(O<sub>2</sub>キャリアー)。[3] CO<sub>2</sub>は、アルカリ吸収液をH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>で酸化処理した後、検液を硫酸酸性にしてCO<sub>2</sub>ガス電極(東亜電波製CE-235)で分析した。出力電位は、同社のIM-1B型イオンメータで記録した。

[4]  $\Sigma S$ とHClについては、 $H_2O_2$ で酸化処理したアルカリ吸収液をH型陽イオン交換樹脂に通して中和し、これを東亜電波製ノンサプレッサ型イオンクロマトグラフ(ICA-5000 SYSTEM)で分析した。なお、噴気ガスの $SO_2/H_2S$ 比は、 $SO_2$ および $H_2S$ 用ガス検知管(北川式)を直列に接続して、現地で測定した。

分析結果を、Table 1に示す。なお、いずれの噴気ガス中にも $SO_2$ は検出されなかった( $SO_2/H_2S < 0.01$ )。本表には、比較のために別府地熱地域(Fig. 1)の自然噴気と蒸気井から放出される噴気ガスの分析データも掲げてある。

新燃岳火口内の噴気孔から放出される噴気ガス(K-1, K-2)のHeと $N_2$ 濃度は、山腹の噴気地から得られたもの(K-3, K-4, K-5, K-6, K-7)に比べ、1桁から2桁ほど高い値を示しており、前者の噴気ガス中に深部起源のガスが含まれていることを示している。また、同じ新燃岳火口内から得たK-1とK-2を比較すると、He濃度については、K-1はK-2よりやや高く、後者より前者が1991年から1992年にかけて起こった噴煙活動の中心に近いことと符合する。大気を特徴付ける成分であるArとの比をとると、K-1とK-2のHe/Ar比はそれぞれ0.12, 0.053となり、先の関係はさらに明確である。また、 $N_2/Ar$ 比についても、K-1とK-2ではそれぞれ337, 191となり、He/Ar比と同様の関係となる。一般に、火山から放出される噴気ガスに含まれるHeは、その同位体比( $^3He/^4He$ )の研究からマグマ起源であるとされており<sup>6, 7)</sup>、マグマ起源ガスのHe/Ar比は、西南日本弧と東北日本弧でそれぞれ1.65<sup>8, 9)</sup>、2.1<sup>10)</sup>と、ほぼ共通した値を持っている。ここで仮に日本列島のマグマ起源ガスのHe/Ar比を2とし、これに空気が混ざって噴気ガスが生成しているとすると、霧島火山のK-1噴気ガスに占めるマグマ起源ガスは、6%と計算される。

Fig. 3は、霧島火山と別府-島原地溝で得られた噴気ガスのデータをHe- $N_2$ -Arの三角ダイアグラム<sup>11)</sup>にプロットしたものである。別府(BEPPU)のデータは、Table 1によるもので、九重硫黄山(KUJU)のデータは文献値<sup>12)</sup>を引用した。別府-島原地溝内(別府, 九重, 大岳, 雲仙)から放出されるマグマ起源ガスは、東北日本弧のそれに比べ $N_2$ に乏しいことが報告されており、その原因は次のように説明されている<sup>8, 9)</sup>。マグマ中の $N_2$ は、海洋性プレートの沈み込みにもなると地球内部に引きずり込まれた海洋性堆積物に由来し、その熱分解により生成してマグマに

Table 1 Chemical Data of Gas Discharges from Fumaroles and Steam Wells in Kirishima Volcanic Region and Beppu Geothermal Area

No.	Sampling Location	Sampling Date	Temp. (°C)	CO <sub>2</sub>	$\Sigma S$	HCl	He	H <sub>2</sub>	Ar	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
				(mmol/mol H <sub>2</sub> O)			(μmol/mol H <sub>2</sub> O)				
—Kirishima—											
K-1	Shinmoe Dake(A)	May 30, 1995	95.2	40.0	8.09	<0.01	0.162	102	1.37	462	2.93
K-2	Shinmoe Dake(B)	May 30, 1995	95.8	43.1	2.38	<0.01	0.142	5.97	2.66	508	3.03
K-3	Ebino Iwo San	May 29, 1995	96.4	0.51	0.97	<0.01	0.003	1.04	1.03	73.6	0.20
K-4	Shiratori Daiichi	May 31, 1995	97.8	1.29	0.25	<0.01	0.010	3.62	1.08	91.8	21.8
K-5	Northern Myouban	May 29, 1995	97.6	3.40	1.15	<0.01	0.005	1.22	0.69	71.2	18.6
K-6	Iwo Dani	May 29, 1995	98.1	2.10	1.35	<0.01	0.004	52.8	0.58	60.4	46.5
K-7	Kagoshima Univ. Hospital*	May 29, 1995	98.3	3.93	1.13	<0.01	0.006	49.7	0.78	82.6	76.1
—Beppu—											
B-1	Mugen no Sato*	August 18, 1994	129.0	21.6	0.37	<0.01	0.261	16.1	3.36	273	16.4
B-2	Sato*	August 18, 1994	131.9	37.7	0.33	<0.01	0.359	16.4	2.18	208	9.94
B-3	Yuyama Kogen So*	August 19, 1994	119.9	3.96	0.43	<0.01	0.056	2.25	2.12	150	16.1
B-4	Nagano*	August 19, 1994	98.7	3.73	0.095	<0.01	0.082	2.99	1.17	112	15.3
B-5	Tsukahara Mine(A)	August 19, 1994	118.6	6.46	1.27	<0.01	0.086	104	1.72	135	2.98
B-6	Tsukahara Mine(B)	April 4, 1995	98.1	4.86	1.03	0.02	0.069	21.6	1.49	109	1.80
B-7	Tsukahara Mine(C)	April 4, 1995	97.7	7.21	1.59	<0.01	0.119	1.53	1.00	93.2	4.06
B-8	Fuyu ga Jo(A)	June 6, 1995	97.8	4.48	0.12**	0.05	0.137	1.07	40.6	3470	42.1
B-9	Fuyu ga Jo(B)	June 6, 1995	99.1	3.67	0.70	<0.01	0.054	2.71	0.69	87.0	19.7
B-10	Nabeyama*	June 6, 1995	99.3	25.1	17.3	<0.01	0.248	8.80	1.12	154	54.6

Remarks: 1.\*; Steam Well, 2.\*\*;  $SO_2/H_2S=0.1$  (Gas Test Tube)

付加されたものである。東北日本弧の下部に向かって沈み込む太平洋プレート上の堆積物の厚さは、別府-島原地溝を含む西南日本弧に潜り込むフィリピン海プレートのそれより厚く、これを東北日本弧のマグマ性ガスが西南日本弧のマグマ性ガスに比べ $N_2$ に富む理由としている。しかし、本研究で明らかにされた、霧島火山から放出される噴気ガスの組成は、東北日本弧のマグマ起源ガスと空気の混合線上に位置している。

すなわち、西南日本弧のメンバーである霧島火山のマグマ性ガスは、東北日本弧のマグマ性ガスと類似の組成であることを示している。 $N_2$ に乏しいマグマ性ガスは、北らが指摘したような<sup>8,9)</sup>西南日本弧に見られる特徴ではなく、むしろ別府-島原地溝のような伸張応力場にある地域に特有なものである可能性がある。あるいは、別府-島原地溝の地下では、海洋性プレートの沈み込みに伴う深発地震が観測されないことが知られている<sup>13)</sup>ので、フィリピン海プレートの先端部が別府-島原地溝の直下には達しておらず、マグマへの $N_2$ の供給が少なくなっているのかもしれない。

これを確めるためには、西南日本弧に属するその他の火山、例えば薩摩硫黄島、中之島(トカラ列島)、雲仙普賢岳などの噴気ガス採取を行い、不活性ガス( $He$ ,  $N_2$ ,  $Ar$ )に関する十分な数のデータを集積する必要がある。

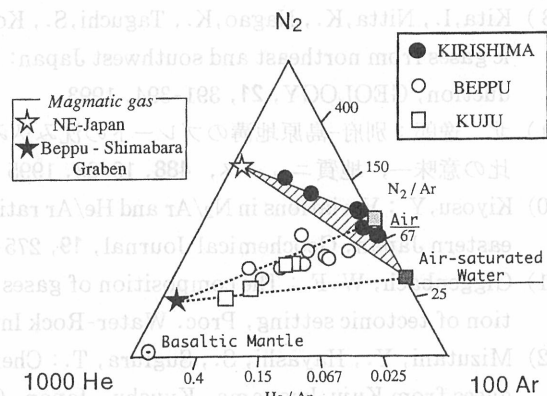


Fig. 3 He- $N_2$ -Ar triangular plot of fumarolic gases discharged from active volcanoes in Kyushu island, southwestern Japan. Data of KUJU are cited from Mizutani et al. (1986). Magmatic gases of northeastern Japan and Beppu-Shimabara graben are estimated by Kiyosu (1986) and Kita et al. (1993), respectively. "Basaltic Mantle" is shown in Giggenbach (1992)

## 謝 辞

本研究の一部は、文部省科学研究費重点領域研究(課題番号: 05232102)の援助を受けて行われた。記して関係各位に謝意を表します。

## 文 献

- 1) 井村隆介, 小林哲夫: 霧島火山群新燃岳の最近300年間の噴火活動, 火山, **36**, 135-148, 1991
- 2) 井村隆介: 霧島火山群新燃岳1991~92年の小活動, 火山, **37**, 281-283, 1992
- 3) 正路徹也, 山田俊雄: ランドサットMSS画像の立体視と霧島火山の層序解析への利用, 地熱, **8**, 437-455, 1986
- 4) 鍵山恒臣, 歌田久司, 増谷文雄, 山口 勝, 笹井洋一, 田中良和, 橋本武志: 霧島火山群・新燃岳1991~1992年微噴火と電磁気観測, 地熱観測所技術報告, 32特別号, 279-286, 1992
- 5) 北 逸郎, 田口幸洋: 北霧島地熱地域の土壌ガスの化学組成および同位体組成から見た地域特性, 地熱, **10**, 41-50, 1988
- 6) Nagao, K., Takaoka, N., Matsubayashi, O.: Rare gas isotopic compositions in natural gases of Japan, Earth and Planet. Sci. Lett., **53**, 175-188, 1981
- 7) 佐野有司: ヘリウム同位体比とテクトニクス, 地球化学, **22**, 1-11, 1988

