

木曾御岳火山活動における地球化学的調査・研究(その3)*

東工大・工 小坂丈予・平林 順一
埼玉大・工 小沢竹二郎

1. 概要

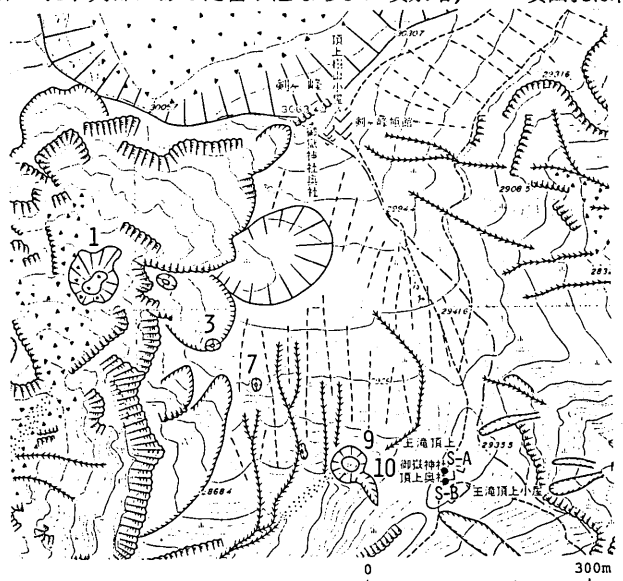
1979年10月28日突然噴火を開始した木曾御岳火山は、1980～1981年と活動を続けて来ているが、その後激烈な爆発もなく、主として地震観測など地球物理学的測定結果によると、同火山の活動は専ら沈静化の一途をたどっているようである。^{1),2),3)} しかし今回の噴火で1979年山頂南側斜面に新たに生じた火孔群の活動は、その後数こそ減少したが噴出ガスの量・圧力などの減衰は著しくなく、噴気温度はかえって上昇の傾向が認められるほどで、⁴⁾同火山の活動状況を知るためには、この点の解明が必要になって来た。

そこで1981年6月、国土庁、長野県の取り計らいで、同火山山頂火孔噴気ガスと火孔留水の測定並びに採取を行う機会を与えられたので、それらの分析結果と、噴火開始以後の噴気ガス、留水成分を比較して、御岳火山の活動状況の推移を考察した。

2. 火孔の状況

1972年10月の噴火で新たに開孔した王滝山頂の第1～第10噴火孔のうち、調査時活動中のものは第1, 3, 7, 9, 10の5火孔であり、うち第7と第10火孔の一部は火孔留水中からガスが絶えず噴騰し、中央に噴気塔を形成していた。また第9火孔中央部にあった留水池ならびに噴気塔、ガス噴出孔は消滅し、その北側崖上に前年から認められた噴気孔が活発に活動していた。噴気孔温度は前記第9火孔上方のものが 120°C 、第10火孔噴騰泉の東側では最高 132.3°C を記録し、その火山ガスを採取し、分析を行った(第1図、第2図参照)。また調査当日は弱い西風が吹いており、噴気ガスはすべて東方にたなびき、登山道をおおう形になっていたので、王滝頂上小屋西側の登山道2ヶ所に、火山ガス吸引吸引器を設置し、大気中の硫化水素、塩化水素の濃度を測定した。

今回の現地調査後間もなく、残存の火孔群中さらに第3, 第7火孔にお



第1図 木曾御岳火山山頂付近地形図

Fig. 1. Topographic map at the summit of Kiso-Ontake Volcano

* Received Dec. 28, 1981



第2図 第10火孔・噴泉の状況(昭和56年6月16日)

Fig. 2. Hot spring at the No. 10 crater

るガス噴出が停止し、現在は第1, 第9, 第10火孔のみが活動中との事である。⁵⁾

3. 火山ガス, 火孔留水の測定結果

1981年6月現地調査の際、測定、採取した火孔噴気ガス並びに噴騰泉貯留水の分析結果を次に示す。

先ず第10火孔噴気ガス成分の分析結果を第1表の第4, 5段に示した。それによるとこのガスの孔口における温度は最高1323°Cで、その地点で採取したガス成分中のH₂O(水蒸気)は98.9~99.0%であり、H₂Oを除いた残りのガスのうちではCO₂(二酸化炭素)ガスが6.40~6.45%で最も多く、これに次いでH₂S(硫化水素)が3.22~3.33%でこれは前年10月のものに較べ約2倍であり、これに反しSO₂(二酸化硫黄)は1.8~1.9%と減少している。このほかにはHCl(塩化水素)が0.6~0.7%含まれており、残りがRガス(残留ガス)で0.3~0.9%であった。このRガスの内訳はN₂(窒素)が最も多く7.07~8.64%を占めており、これに次いでH₂(水素)が8.2~18.5%とかなりの量を含み、その他He

第1表 木曾御岳火山噴気孔ガスの化学成分

Table 1. Chemical compositions of gaseous components at the Kiso-Ontake Volcano

	Temp.	H ₂ O V %	composition of gases exclusive of water (V%)					composition of R-gas (V%)					SO ₂ H ₂ S+SO ₂	
			HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	H ₂	CH ₄	N ₂	He	Ar		O ₂
1979-11-10	902	94.0	0.01	16.1	3.3	80.2	0.4	9.7	0.21	89.6	0.27	0.24	-	0.83
1980-10-10	108	98.6	0.3	2.5	16.9	7.99	0.4	17.0	1.7	74.8	-	-	6.5	0.13
1980-10-10	108	98.4	0.3	2.4	16.5	80.4	0.4	17.5	1.9	74.2	-	-	6.4	0.13
1981- 6-16	1323	99.0	0.6	1.8	32.2	64.5	0.9	8.2	0.5	86.4	0.05	-	4.9	0.05
1981- 6-16	1323	98.9	0.7	1.9	33.3	64.0	0.3	18.5	1.0	70.7	0.1	-	9.3	0.05

(ヘリウム), CH_4 (メタン)などがわずかに存在しており, O_2 (酸素)は噴出途次がガス採取中に空気中より混入したものと考えられる。

また同日11時50分より13時40分迄登山道わき2ヶ所で行った大気中に含まれる火山ガス成分の測定結果を第2表に示す。この地点の大気中には測定時0.07~0.04 ppmのHClガスと3.2~2.0 ppmの H_2S が検出された。これは噴気孔ガスにおけるHCl: H_2S の割合1:50とほぼ見合うものであり, それらのガスが大気中に放出後そのまま拡散したものと考えられる。大気中のガス濃度は, 測定地点, 地形, 風向, 風速, 気温などにより著しく影響を受けて変化するものである。

次に同日採取した第10火孔西端の噴騰泉貯留水の化学分析結果を第3表の第6段に示した。この水はpH1.7の強酸性を示し, 陰イオンではCl(塩素):1980 ppm, SO_4^{2-} (硫酸根):1434 ppmなどが非常に多く, また陽イオンでは Al^{3+} (アルミニウム):403 ppm, Fe(鉄):284 ppm, Ca^{2+} (カルシウム):113 ppmなどが特に多く, 全体としてかなり濃縮されたものである。

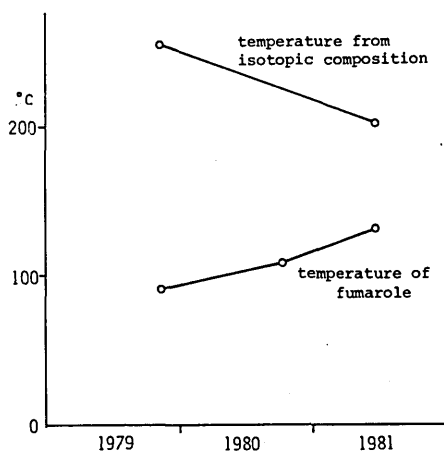
4. 結果の検討と考察

1979年10月噴火開始以来, 御岳山王滝山頂火孔群中でこれまで筆者らが測定し得た噴気温度は1979年11月10日には 90.2°C ⁶⁾, 1980年10月10日には 108°C (杉浦孜氏によれば 127°C)⁷⁾, 1981年6月16日には最高 132.3°C ⁸⁾(気象庁火山室によれば 138°C *)となっており, 少なくとも地表で測定され

第2表 王滝山頂大気中のガス組成

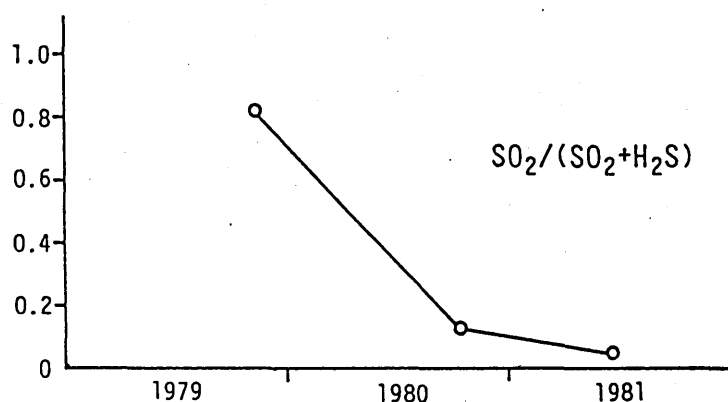
Table 2. Concentrations of HCl and H_2S gas in atmosphere at the summit of Kiso-Ontake Volcano

	HCl	H_2S
S-A	0.07 ppm	3.2 ppm
S-B	0.04	2.0



第3図 噴気孔温度と硫黄同位体組成比より求めたガス温度の変化

Fig. 3. Changes of temperature at the outlet of fumarole, and of temperature from isotopic composition of ^{34}S



第4図 火山ガス中の $\text{SO}_2/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ 比の変化

Fig. 4. Changes of $\text{SO}_2/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ ratio in volcanic gases

*) 同庁よりの連絡による。

第3表 木曾御岳山噴気孔周辺の水質成分

Table 3. Chemical compositions of water samples around the Kiso-Ontake Volcano

	Date	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Mn	Al ³⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	acidity
mud pot	79-11-9	<1	2360	710	3700	1670	3840	-	3820	57200	6350	655	0.49 N
	79-11-10	2.1	631	110	2760	235	1720	-	760	9330	1650	215	-
	80-6-12	3.62	842	313	291	577	289	16	22	426	714	308	-
№9 mud pot	80-9-10	2.68	109	676	533	296	245	6.33	152	221	457	147	-
№10 mud pot	80-9-10	2.10	646	146	659	134	105	322	436	1290	1430	134	-
	81-6-16	1.7	579	181	113	247	284	1.9	403	1980	1434	512	-
nino-ike	79-11-9	3.9	16	13	220	12	21	-	-	43	548	52	-
	80-6-12	3.80	4.1	1.7	27.9	2.7	0.04	0.7	2	19	103	2	-
sanno-ike	80-6-12	5.88	0.6	0.7	0.6	0.2	tr.	0.003	<0.1	0.5	10	1	-
Nigorigawa-bashi	79-11-9	3.1	78	24	545	118	62	-	32	600	1310	93	-
Matsubara-bashi	79-11-20	2.54	303	272	375	7.90	17.1	0.77	8.99	51.2	279	220	-
	79-12-20	3.10	325	1.20	637	0.87	0.24	0.05	1.90	5.40	593	110	-
	80-1-22	2.84	389	4.41	326	1.44	0.96	1.51	1.25	113	162	345	-

mg/l

た噴気温度に関する限り年々高くなって行く傾向が見られた(第3図)。これに対し噴気ガス成分は1979年噴火当初には9.40%の H_2O を除いたあとのガス中の H_2S :3.3%に対して同じく SO_2 :16.1%もあり完全に $SO_2 > H_2S$ の高温型を示しており,⁹⁾ また H_2 ガスも0.4%のRガス中に9.7%も含まれていた。さらに岡山大学温泉研究所の酒井均氏によるガス中の硫黄同位体比からの地下温度算定では地中ガスの温度は少なくとも $255^\circ C$ 以上と推察され,¹⁰⁾ また当時の噴出火山灰に付着した可溶性成分中の Cl^-/S のモル比が0.31~1.04と比較的高い値であった。これらのことなどから同火山の1979年の爆発は、その熱源はやや深いところにあり、そこから割れ目を通して上昇して来た比較的高温のガス(約 $300^\circ C$)が、山頂付近に堆積する、水を多量に含んだ粘土層に突入し、この水を急速に水蒸気化したために引き起こされたもので、ガス温度は逆にこの水の存在により著しく冷却されて、 $90^\circ C$ 前後に下がったものと考えられる。噴気孔に伴う湧水や留水の化学成分は著しく高濃度のものもあるが、1979年のものはいずれも SO_4^{2-} に対し Cl^- が極めて多く、 Cl^-/SO_4^{2-} のモル比が1.53~2.44と大きな値を示した。これは地中の火山ガス成分が地上への噴出にあたって地表付近の帯水層を通過する際、最も水に溶解しやすい HCl が多量に水相に移るためと解釈した。⁶⁾

その後噴気活動の継続により、堆積層中の含有水分が少しずつ涸渇し、また冬期降雪のため水分の地下への浸透がまたげられ、地中でのガス温度の冷却効果が次第に衰え、ガスの地表での噴気温度は徐々に上昇しはじめた。このことは、同年12月、翌1980年1月の航空写真で、王滝山頂付近の新しい積雪の上に、火山ガスによりもたらされた黄色の硫黄が常に付着していたことによっても推し量られ、また気象研究所においても航空熱映像による測定でこの傾向を認めている。⁴⁾

さらに1980年10月のガス測定によれば、そのガス温度は $108^\circ C$ と前年同期のものに較べて若干高い値を示しているが、化学成分は H_2O :98.4~98.6%を除く残りのガス中の H_2S :1.65~1.69%に対し SO_2 :2.4~2.5%となりこの両者の関係は前年度とは逆に $SO_2 < H_2S$ と低温型⁹⁾に転じていることが判明した。これは前述の通り地表付近の水分の減少により冷却効果が衰え、ガス温度としては若干上昇したものの、そのもとになった地下深所より供給される高温のガス温度は逆に降下しつつあるものと考えられる。さらに0.4%を占めるRガス中の H_2 ガスが1.70~1.75%もあることは、続く噴火活動で地下深所の熱源からのガスの通り路が定常化したためかとも思われ、今後この状態がかなり長引くものと予想される。また噴気に伴う留水や湧水中の Cl^-/SO_4^{2-} が前年より著しく小さな2.44を示したのも、この地中ガスの温度降下に伴ってガス中の HCl 成分が本質的に減少したためと考えられる。⁷⁾

次いで1981年6月の調査では、山頂地表で観測されたガス温度が最高 $132.2^\circ C$ と前年度よりさらに上昇し、地下水の涸渇に伴う冷却効果の低下はより進行したものと考えられる。一方ガス成分は $SO_2 < H_2S$ の傾向がより著しくなり、これまでの分析値から $SO_2 / (SO_2 + H_2S)$ の値を求めて比較したところ、1979年度が0.83, 1980年度が0.13, 1981年が0.05と次第に減少して来ており、地下深所より供給されるガスの温度が徐々に降下を続けていることが推察される(第4図)。さらにまた前記酒井氏の測定になる1981年度のガス中の硫黄同位体比からの計算によれば、地中ガスの温度は1979年度の $255^\circ C$ に対し $203^\circ C$ とより低い値を示しており,^{**)} この推論を支持している(第3図)。またRガス中の H_2 の濃度は依然として保たれており、このことは地下深所の熱源から地表へのガス通過孔がなお連通したま

**) 酒井氏よりの私信による。

まであり、この状況は当分続くものと考えてよいであろう。噴気孔に伴う湧水の $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ の値は3.74と前年のものに比して大差なく、地下よりの HCl ガスの供給は減少したままと考えてよい。また登山道わきにおける大気中の HCl 、 H_2S ガスは、この程度の濃度であれば直ちに人体に対し危険であるとは言えないが、既述のように噴出ガスそのものの直接の影響であることは明白であり、天候（特に曇天、無風状態、気温低下）、夜間、或いは噴気孔の消長によりこの地点でもやや危険な濃度に達しないとは言いがたく、ここ当分の間は特に注意して監視する必要がある。

今後このままの状況で推移するとすれば、1981年6月以降、噴気温度はなお若干の上昇が予想されるものの、供給源となる地下のガス温度の低下が続き、両者の差が縮まり、遂には地表におけるガス噴気温度も低下する時期がやがては到来するものとする。

最後に本年度の御岳火山の調査、観測に積々の御援助、御協力を賜った気象庁火山室、国土庁震災対策課、長野県総務部、同県警本部、王滝村役場の関係各位に深く感謝申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 青木治三、大井田徹、藤井巖、山崎文人(1980):御岳山1979年火山活動の地震学的調査・研究、御岳山1979年火山活動および災害の調査研究報告、55-74.
- 2) 下鶴大輔、宮崎務(1980):1979年御岳火山噴火後の地震活動観測について、御岳山1979年火山及び災害の調査研究報告、75-90.
- 3) 名古屋大学理学部(1980):御岳山周辺の地震活動、(その2):噴火予知連会報、19、1-5.
- 4) 気象研究所地震火山研究部(1980):御岳山、阿蘇山における空中赤外映像による温度測定、噴火予知連会報、19、12-20.
- 5) 気象庁地震課火山室(1981):全国火山活動状況(1981年4~6月)、噴火予知連会報、22、42-50.
- 6) 小坂丈予、平林順一、小沢竹二郎、君島克憲(1980):木曾御岳山1979年活動における地球化学的調査・研究、御岳山1979年火山活動および災害の調査研究報告、25-35.
- 7) 小坂丈予、小沢竹二郎(1981):木曾御岳火山活動における地球化学的調査・研究、噴火予知連会報、20、10-13.
- 8) 小坂丈予、平林順一、小沢竹二郎(1981):木曾御岳火山のその後の活動状況、日本地球化学会年会講演要旨集1981年、55.
- 9) Iwasaki. I., Ozawa. T., Yoshida. M., Katsura. T., Iwasaki B. and Kamada M.(1966): Differentiation of magmatic emanation, Bull. Tokyo Inst. Tech., 74, 1-57.
- 10) 小坂丈予、平林順一、小沢竹二郎、君島克憲、酒井均(1980):木曾御岳火山1979~80年活動の噴出物の成分と活動状態、日本地球化学会年会講演要旨集1980年、141~142.