

草津白根火山1976年活動とその前後の水質・ガス成分の変化^{*}

東京工業大学工学部・理学部

上智大学・理工学部

1. ま え が き

1976年3月11日群馬県草津町より、同日午前11時頃、前橋気象台員及び草津町役場職員が白根火山山頂付近を視察中、山頂火孔の一つの水釜の一隅に陥没孔を生じ、盛んに噴気中であるとの連絡があった。そこでこの通報をうけ、東工大小坂、小沢(当時)^{**}、平林と上智大高江洲、林、沢、星野、大谷、河島、大塚の10名は翌3月12日出動、13日山頂、14日山頂並びに東麓草津側、15日西麓万座温泉付近を調査した。その後も同年4月1～3日にも再調査を行ったので以上の結果を併せ、またこの間よせられた情報も加え主として地球化学的見地からの活動状況を報告し、且つ噴火前後の火山ガス、水質の変化についても言及する。

同火山の最近の活動は明治年間の数次の噴火の後、昭和7年、昭和12年の活動が顕著で、いずれも湯釜を中心とした水蒸気爆発で、その後は昭和17年の小噴火を最後にわずかの噴気孔活動を残すのみで今日に至っている。¹⁾

2. 現 地 の 状 況

2.1 新噴火孔の位置と大きさ

新しく生じた爆烈火孔は図1に示すように、山頂水釜火孔の北東隅に生じ、その大きさは、

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{長径} & 58\text{ m} \quad \text{方向 } N 42^{\circ} W \text{ (北西-南東)} \\ \text{短径} & 43\text{ m} \\ \text{深さ} & 12\text{ m} \end{array} \right.$$

のほぼ長円形で、その北東側は急崖になり、南西及び南側は崩落も加わったゆるい斜面で、孔底の北東部分は土砂流入により既にやや平坦になっていた。その容積は、

$$\text{約 } 11,000\text{ m}^3$$

と推算され、旧水釜側孔縁には旧湖底の茶褐色底土の断面が見られ、その上に噴火前水釜水面にはあった厚さ約50cmの水の一部が火孔内への崩落をまぬがれてのっていた。孔底の北隅と北東隅の2か所から白色の噴気が上っていた(図2)。

^{*} Received. Aug. 14, 1976

^{**} 現埼玉大・工学部・環境化学科

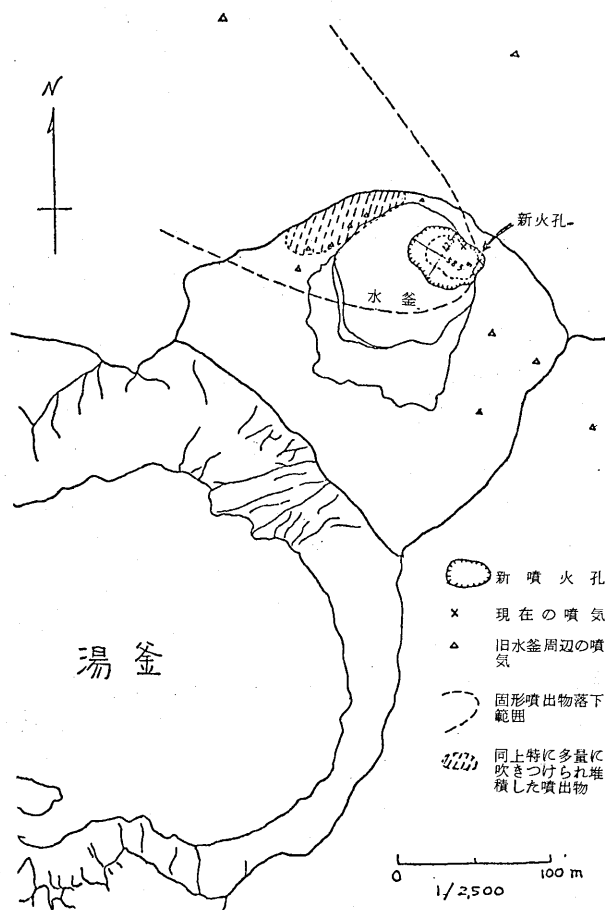


図-1 草津白根山頂水釜付近図

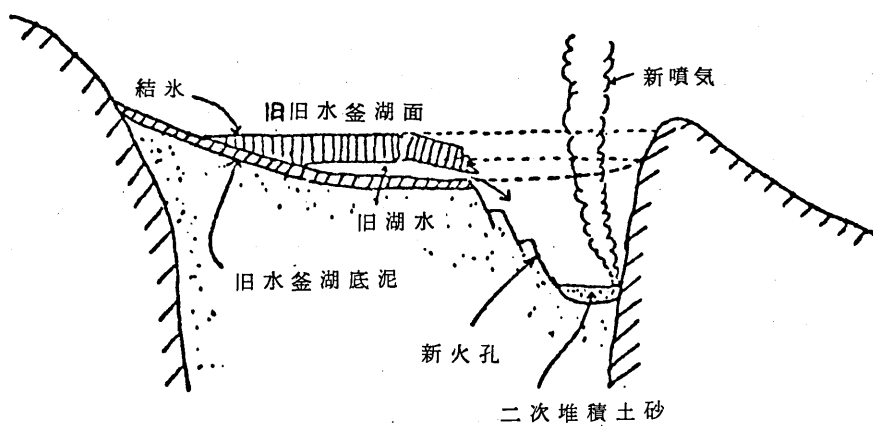


図-2 新噴火孔断面(模式図)

2.2 固形噴出物の分布

今回の活動による噴出物は、主として著しく変質をうけ粘土化した灰黒色の火山灰状細粒物と、直径2～20cm位の角の磨耗し、これまた変質のあとの著しい礫とよりなり、直接熔融マグマから由来したと思われる新鮮な岩片や火山灰は一切認められなかった。その分布は図1に示すように火孔から主として北西方に分布し、爆発時の著しい方向性を示している。

2.3 噴気温度並びにガス成分

前述の新爆烈火孔底に生じた噴気孔の温度は表1に示すように1976年3月13日現在で91～93℃であり噴出量が多いが圧力はあまり高くなかった。火孔底において直接採取した噴気ガスの化学成分も同じく表1の5、6項に示したが、それによるとH₂O以外の主な成分はCO₂, SO₂, H₂Sなどで、とりわけSO₂は近年の同火山周辺地域のものとしては最も大量に含まれており、H₂の存在とともにこの成分割合は、同火山がこの時著しく活発になっていたことを示すものである。

表1 水釜及びその付近の火山ガスの測定結果

年 月 日	温 度 ℃	H ₂ O %	H ₂ O以外の組成					R ガスの組成		
			Hcl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	He	H ₂	N ₂
'74.5.27	93.5	98.9	—	2.1	1.1	95.3	1.5	0	14	86
7.29	93.5	98.5	—	0.3	1.3	97.7	0.7	0.06	11	89
'75.5.24	92.8	98.0	0	3.6	1.7	93.8	0.7	0.11	2.2	98
7.29	91.0	97.1	0.2	1.4	2.8	94.9	0.1	0.2	5.0	95
'76.3.13	91.0	98.7	0	11.9	1.1	85.5	1.5	0.07	5.0	95
3.13	93.1	98.9	0	8.1	4.4	86.0	1.5	0.05	5.0	95

3. 固形噴出物の成分

今回の活動による固形噴出物は、既述の通り、すべて本源的、新鮮なものは認められず著しく変質をうけていたが、諸種の試験、分析を行った結果の一つ、X線による構成鉱物の同定結果を表2に示した。表には比較のため噴火以前から火孔付近に存在したと考えられる湖底物質も併せて示したが、それによるとこれら物質はいずれもQuartz, Feldspar, Cristobalite, Micaなどの造岩鉱物のほか、Montmorillonite, Kaolin, Alunite などの変質鉱物を含んでいた。

この事実は、

- 今回の活動が地表近くの変質したもののみからなっており、新鮮なものを全く含んでいないことは、地下のマグマから直接由来したものとは考えられない。
- 噴出物に含まれている粘土鉱物中の結晶水が脱水していない事を考えると、この噴火が200～600℃以上の高温に達していなかったことを示すものである。
- 新噴出物中にのみMontmorilloniteを含むのは、それが日頃は地表面には発見されず、また地表下でなければ生成されないことを考え、またその色が硫化鉄の混入による灰黒色を呈することを併せ、この新しい噴出物が、地表下浅いところから供給されたものであることがわかった。

4. 噴火前後の噴気ガス組成の変化

筆者らは1960年頃より草津白根火山周辺の図3に示すような地点で噴気ガス成分の調査を続けてきた。そのうちの主要な3噴気孔のガス分析結果を表3、4、5に示すが、数年前までは、これらのガスの成分は H_2O を除けば CO_2 と H_2S が主要なものであった。ところが近年それらのガス中に、より高温型のガスの特徴成分である SO_2 が若干混在するようになり、また H_2S ガスもその濃度及び噴出量ともに増加し、また噴

表2 新噴出物その他のX線による鉱物組成

X線回析で同定された鉱物名	新噴出物 (灰色)	今回採取した湖底泥 (淡褐色)	これまでの湖底泥 (淡褐色)
Montmorillonite	+	±	—
Kaolin	+	+	—
Alunite	++	+	+
Sulfur	+*	±	+
Gypsum	+**	—	—
Quartz	++	++	++
Cristobalite	++	++	++
Feldspar	+	+	—
Mica	+	+	—

* 大部分の噴出物に認められた

** 一部の噴出物に認められた

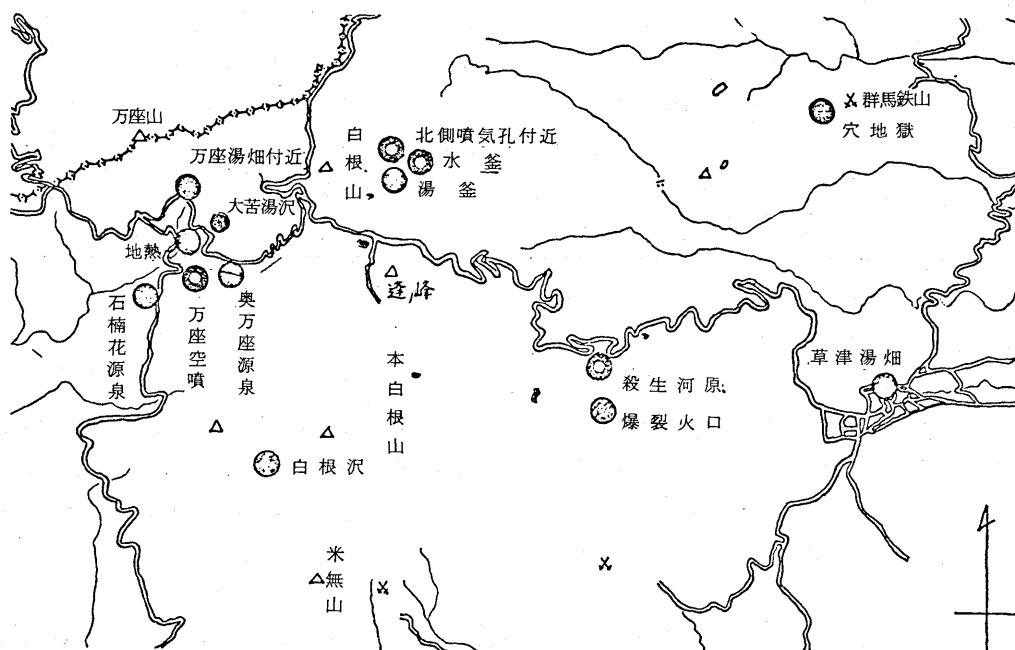


図-3 草津白根火山付近のガス噴気孔

出面積が広がってくる現象が認められ、これは同白根火山の活発化の徴候とも考えられたので1974年11月の本連絡会にも報告した²⁾(図4)。

表3 北側噴気孔ガス成分

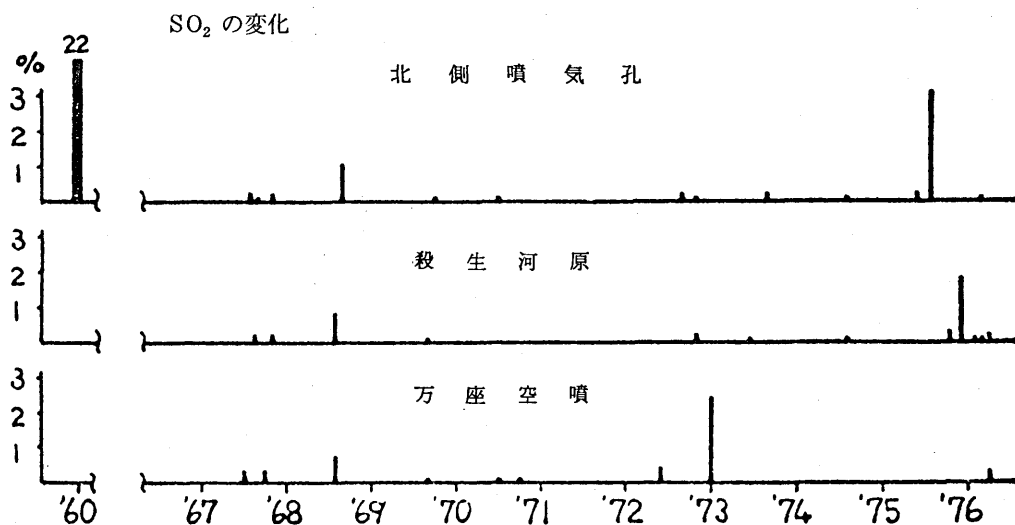
年 月 日	温 度 ℃	H ₂ O V/V %	H ₂ O 以外の組成 Vol %							R ガスの組成 V %			
			HF	Hcl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R		He	H ₂	O ₂	N ₂
'60 6.19	148.0	94.4	0.9	9.2	22.5	32.8	35.5	0.4					
'67 7.14	100.7	98.0	—	<0.1	0.2	20.8	71.1	1.8					
8. 3	101.0	96.0	—	0	0.1	23.8	74.3	1.9					
11. 2	102.0	97.0	—	<0.1	0.2	28.1	69.7	2.1					
'68. 8. 2	102.0	97.6	—	0	1.1	33.0	63.6	2.3					
'69. 7.28	103.2	78.3	—	0	<0.1	38.9	58.8	2.2					
9.25	102.0	98.4	—	<0.1	0.1	38.4	59.7	1.9					
'70. 6.13	98.5	97.8	—	<0.1	0.1	38.2	58.6	3.1					
7.20	98.2	98.2	—	0	<0.1	34.1	62.6	3.2					
10.11	101.0	97.1	—	0.1	<0.1	33.2	64.2	2.6					
'72. 8. 1	94.0	98.4	—	0	0.2	18.5	79.9	1.3	0.08	0.17	—	100	
11.12	99.1	98.0	—	0	0.1	24.1	74.5	1.5	0.17	0.3	—	100	
'73. 8. 1	97.8	97.8	—	0	0.2	19.3	79.2	1.3					
'74. 7.29	96.0	98.4	—		0.1	15.6	83.4	0.9					
'75. 5.24	100.1	97.7	—	0	0.2	16.6	82.3	0.8	0.1	0.16	—	100	
7.29	101.2	93.5	—	0	3.1	10.8	85.1	1.0					
'76. 3.13	104.0	97.1	—	0.3	0.1	12.9	85.0	1.7	0.04	0.06	0	100	
4. 2	100.0	95.0	—	0.1	0.03	11.9	86.1	1.9	0.04	0.05		100	

表4 殺生河原ガス成分

年 月 日	温 度 %	H ₂ O V/V %	H ₂ O 以外の組成 V %						R ガスの組成 V %			
			Hcl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R		He	H ₂	N ₂	CH ₄
'67. 7. 9	94.8	97.2	<0.1	0.2	34.6	63.5	0.6					
10.31	93.2	97.9	0.1	0.2	42.0	56.1	0.8					
'68. 8. 3	92.1	96.4	0	0.8	54.4	42.4	2.5					
'69. 8. 1	93.0	98.4	0	<0.1	45.9	51.2	2.8					
9.25	94.0	97.1	0	0.1	44.6	52.9	2.5					
'70. 6.12	93.0	97.7	<0.1	<0.1	42.0	55.7	2.3					
7.10	93.0	96.8	0	<0.1	48.3	49.1	2.6					
10.10	94.3	97.0	0	<0.1	48.1	49.2	2.7					
'72. 8. 2	93.8	99.5	0	—	24.3	73.4	2.3	0.01	—	95	1	
11.11	96.0	95.0	0	0.2	25.0	72.3	2.5	0.03	0.18	99	1.1	
'73. 1. 1	94.0	95.6			38.2	60.7	1.1	0.05	0.04	99	1.2	
3.22	93.8	97.4	0	0	29.8	68.7	1.5					
6. 4	93.8	95.8			28.8	70.2	1.0					
7.31	93.5	99.3	0	0.1	16.0	83.2	0.7					
'74. 8. 4	93.5	94.6		0.1	27.9	70.7	1.2	0	1.0	93	6.2	
'75. 3. 8	93.1	94.5	—	—	19.5	77.9	0.6	0.05	0.09	98	1.5	
5.10	93.5	95.7		0	16.7	82.2	0.7					
8. 1	93.5	94.9	0.1	0.6	28.9	69.3	0.1					
12.20	93.0	93.5	0.2	1.8	22.6	74.2	1.2					
'76. 1.16	93.0	96.7	0	—	23.8	74.5	1.7					
2.27	92.1	96.9	0.2	0.1	17.1	81.0	1.6	0.07	0.10	99	0.9	
3.14	93.0	94.9	0	0.1	26.0	72.5	1.4	0.05	0.03	99	1.0	
4. 3	93.0	95.3	0	0.2	26.1	72.2	1.5	0.04	0.04	99	0.9	

表5 万座空噴ガス成分

年 月 日	温 度 ℃	H ₂ O V/V %	H ₂ O 以外の組成 V%					R ガスの組成 V%			
			Hcl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	He	H ₂	N ₂	CH ₄
'67. 8. 2	92.0	98.9		0.3	76.3	22.3	0.3				
11. 2	94.0	98.4	0	0.3	67.1	32.2	0.4				
'68. 8. 4	93.6	98.6	0	0.7	87.2	11.8	0.4				
'69. 7.30	94.0	98.2	0	<0.1	70.0	29.5	0.5				
9.26	94.0	98.6	<0.1	0.1	68.5	31.0	0.4				
'70. 6.12	93.0	99.2	0	<0.1	69.2	30.3	0.4				
7.10	93.5	99.0	<0.1	0.1	70.6	27.5	0.8				
10.10	95.0	99.1	<0.1	0.1	71.0	27.5	0.5				
'72. 8. 4	94.0	100.0	0	0.4	96.0	3.1	0.5		0.7	99	
11.13	94.0	99.4	0	2.4	92.1	5.2	0.3				
'73. 3.23	93.7	99.0	0	—	90.9	8.6	0.5				
7.31	94.2	—	—	—	87.5	11.6	0.9	0.01	0.4	99	0.7
'74. 8.12	94.0	99.4	—	0	89.0	10.7	0.3	0.11	2.5	98	0
'75. 5.26	93.0	99.1	—	0	96.0	2.5	0.3	0.007	0.8	99	0.3
8. 1	93.5	94.8	1.2	—	93.7	4.7	0.4				
'76. 4. 1	93.5	98.6	0	0.3	90.3	6.8	2.5	0.02	1.6	98	0.6

図-4 草津白根山主要噴気孔のSO₂ガス成分変化

また図5に示すように1973年頃より、同火山水釜火孔周辺に数箇の小規模な噴気孔が新たに生じはじめ、しかもこれら新噴気孔の成分が表1の1～4項に示すようなSO₂を含む高温型の成分であることに注目し、もし同火山に近く異変があるならば水釜付近の可能性が高いと注意を喚起していた。

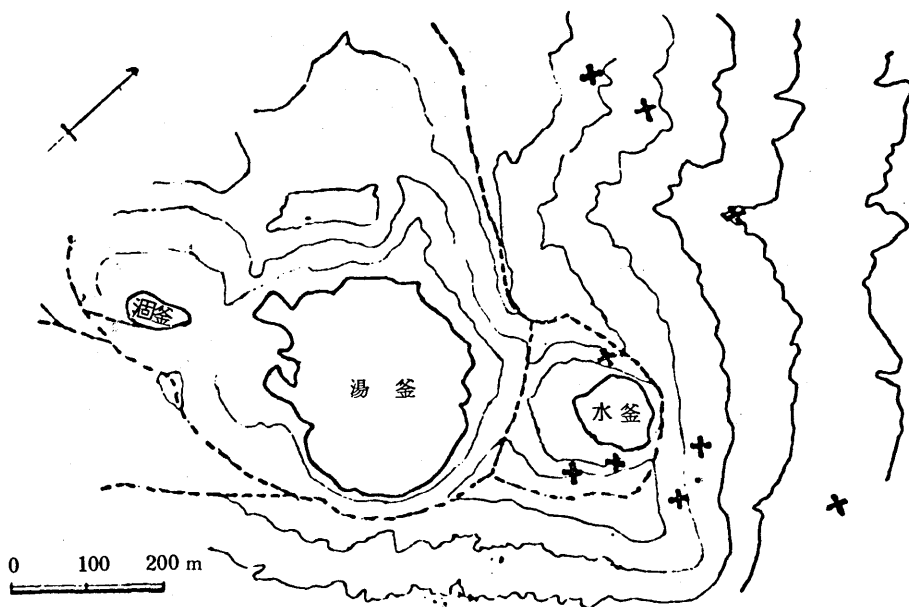


図-5 水釜周辺に新たに生成した噴気ガスの位置(×印)

5. 火口湖の水質の変化

筆者らは山頂付近各火口湖の水質の分析もくり返し行っているが、そのうち噴火前年の1975年7月の調査で、水釜の水質が突然変化し、特に二価鉄(Fe^{2+})の含有量が激増し、二価鉄と三価鉄(Fe^{3+})の割合が逆転した(表6、8列目)。この原因が何によるものか不明であったが、今回はからずも爆発

表6 水釜の水質変化

	S-41 VII 6	S-42 VII 11	S-43 VIII 4	S-44 VII 29	S-48 VII 24	S-49 VII 29	S-50 VII 29	S-51 III 13
気温 $^{\circ}\text{C}$	—	14.2	22.5	15.3	18.6	18.6	19.3	-8.8
水温 $^{\circ}\text{C}$	—	17.4	21.5	18.9	20.6	20.3	21.6	10.2
pH	2.8	2.73	2.8	2.6	2.69	2.70	2.7	2.6
Na mg/l	5.8					7.5	5.8	33.8
K "	1.2					1.5	1.2	10.4
Ca "	94.4					101	95.9	260
Mg "	3.7					3.6	0.29	18.1
Fe^{2+} "			13.4	13.3	6.27	9.3	31.1	78.0
Fe^{3+} "	15.8		30.2		6.53	43.5	8.59	0
Al "	39.4						37.6	195
Cl "	0.5						0.7	2.6
SO_4 "	637						518	2080
H_2SiO_3 "	36.4						42.5	183

起こり、新しく生じた爆裂火孔の南側、旧水釜火口湖湖底に当たる位置の断面から新たに湧出した水が、表 6、9 列目に示したように著しく二価鉄 (Fe^{2+}) に富むものであることが判明した。それ故前年の水釜湖水の突然の水質変化は、この湧水の水釜湖底への湧出のためと考えられる。

湯釜の水質是水釜に比べると著しく濃厚で、湖中へのわずかな影響でその成分が左右されることはないが、近年の変化は表 7 に示すようなもので、噴火前年に比して U-2 地点で SO_4 イオンの若干の増加が認められた (図 6)。

表 7 湯釜の水質変化

U - 1

mg/l

	W.T.	pH	Na	K	Ca	Mg	Al	Fe	Cl	SO_4	H_2SiO_3
1966	17.7	0.99	223	196	190	19.2	256	153	4480	11790	220
67	18.8	0.90	186	169	168	16.3	230	149	4360	10160	181
68	19.5	1.05	172	145	149	15.3	216	132	3730	8130	187
69	19.7	0.97	186	157	133	11.7	210	135	3770	8980	181
70	20.4	0.94	156	134	123	7.8	188	129	3640	8240	164
71	21.0	0.99	136	122	115	7.8	180	129	3620	7730	166
72	19.8		130	112	129	5.0	155	114	3440	6720	156
73	20.8	1.10	121	98	108	10.5	128	112	3060	6130	145
74	21.0	1.00	127	105	107	8.1	138	107	3170	6210	145
75	19.3	1.2	118	91	85.9	6.8	147	93.7	2680	5520	174

U - 2

1975.7.25	18.2	1.09	137	107	(91.7)	(73)	(157)	100	(2680)	(5889)	(186)
76.3.13	5.7	0.98	132	112	105	11.9	148	97.0	2540	6470	160
76.4.2	5.3	0.98	135	118	85.6	7.3	126	92.9	2410	6570	152

() 内の値は 1975 年の U-1 と U-2 の Fe の比から計算で求めた。

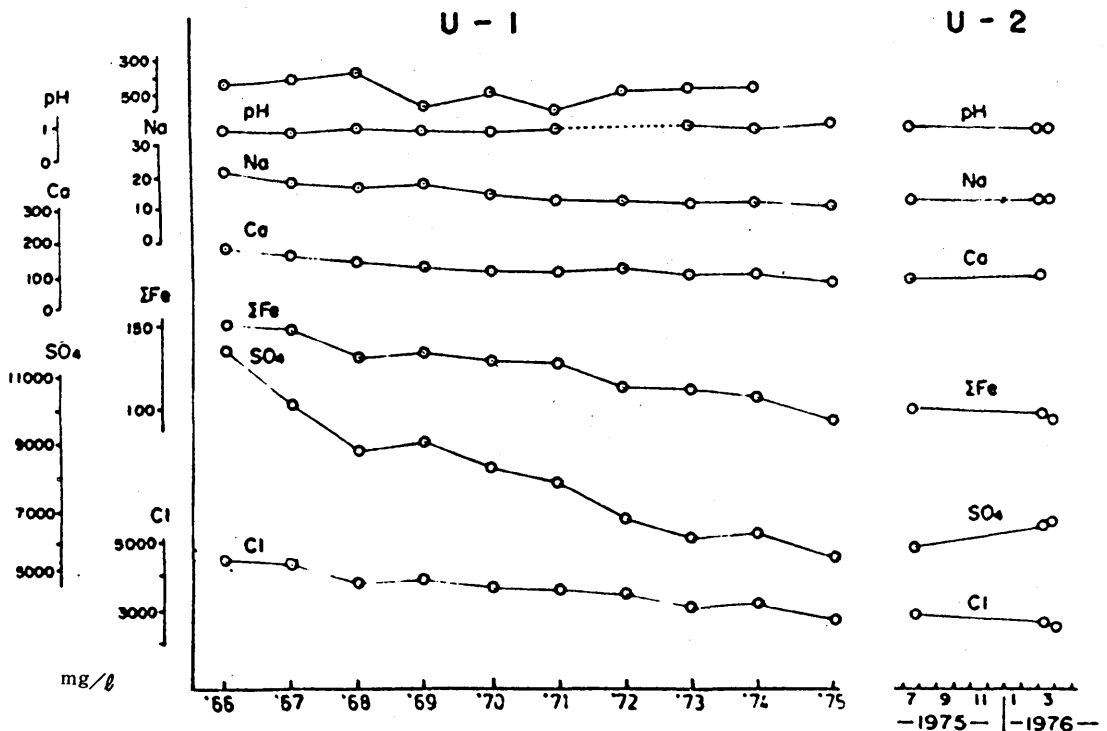


図 - 6 湯釜水質の変化

6. あとがき

以上述べたように今回の草津白根火山の突然の噴火は、ほとんどの人に知られない時におこり、しかもそれがこれまで噴火の記載のなかった水釜火口であった。爆発は噴火前後の状況や噴出物の検討から、いわゆる水蒸気爆発と考えられるが、その活動の開始以前に噴気ガス、火口湖水質に若干の前兆的現象ともいえる異変が認められていた。

またこれまでの噴火の多くは湯釜を中心に行われたものが多いが、現在は静穏で外面上は特に変化が認められないが、その水質中、他の成分の漸減にもかかわらず硫酸根のみは増加の傾向にあることは注目に価するであろう。

いずれにしても今回の白根山の噴火においては、その地球化学的測定によるわずかの異変がその活動と関連して認められた一例と考えられるので、ここに報告する。調査にあたって種々御協力を賜った草津町当局に深く謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1 気象庁(1975): 日本活火山要覧、44~46
- 2 小坂丈予(1975): 草津白根火山噴気ガス成分の変化、火山噴火予知連絡会報、2、15~20