

間歇泉の地球化学的研究 (第20報)* 別府龍巻地獄間歇泉の噴出状態

岩 崎 岩 次

(九州大地理学部化学教室)

Geochemical investigation of Geysers XX.

On the nature of Tatsumakijigoku Geysers of Beppu.

I. Iwasaki

1) 龍巻地獄間歇泉の一般的性質龍巻地獄間歇泉は別府市の北部龜川町の西方約 1.5 軒の山麓に存在し、20~30 米の高さの谷谷ひになつた田畑中の安山岩層の岩石及びその堆積物の中から噴出している。有名な血ノ池地獄はこの西方約 150 米のところに噴出している。龍巻地獄間歇泉は現在では地表面下 2~3 米に水面のある広い部分で約 7 米の廣さを有する温泉池の西側の部分に約 2.5 米の大きさの噴出口をもつている。圖 1 にはその大略を示す。

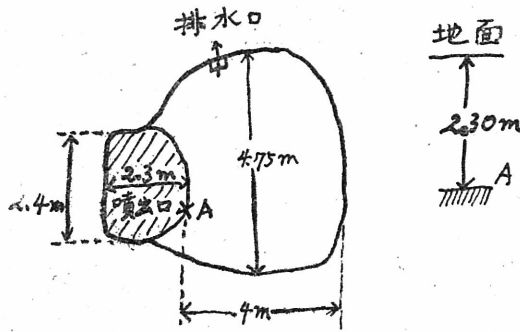


圖 1

現在龍巻地獄間歇泉は約35~40分位の噴出休止時間の後3~4分間 100°Cに達する高温の酸性の熱湯を多量の水蒸氣と共に大体 2~3 米、時には 7~8 米の高さまで噴出しているものである。木片等を入れると盛んに沸騰するところから見て過熱の状態にある温泉と思われる。野口喜三雄氏¹⁾も 100.5°C を見ている。又噴出ガス (昭和24年 3月21日の試料) では CO₂=60.0% R_H=6 マツへである。

間歇泉の所有者伊藤初治氏によれば、この間歇泉は大正 12 年に掘つたもので (深さ約 12 間)、當時は連続的噴出を行つている所謂噴騰泉中の沸騰泉であつたとのことである。その後昭和 3 年 3 月再び掘りなおして、その連続的噴出を更に強大にしたものである。ところが約 3 ヶ月後即ち昭和 3 年 6 月頃から次第に断続的に噴出するようになって来たとのことである。即ち定常噴騰泉が週期的噴出を行ふ間歇泉に変化して来たのである。この頃は噴出口が直径約 4 寸の土管であつたので、5 分位の時間の間隔で、14~15 秒位の間隔 15 米の高さに噴出していたものであるが、これを口径約 1 尺の土管にかえてからは噴出休止時間が極めて長くなり、20 分位の間隔で漸く 5~6 秒位の噴出を行ふようになった。そしてその噴出の高さも口径約 4 寸の噴出口の時のものに比較して著しく低く約 6 米位にしか達しなかつたと云はれている。これ等の間歇泉の噴出状態の變化の理論的考察及びその模型實驗による證明は既に著者²⁾が報告したところであり、それによりこの間歇泉の變化の様もよく説明出来ると思ふ。

この状態が猛烈な噴出のために噴出口附近が破壊され、噴出口の土管までもが噴きとばされてなくなり、その結果噴出口は次第に廣くなつて来て噴出週期も次第に長くなつて来たことと云われている。その後昭和 10 年 11 月

* 第20報: 岩崎岩次; 日本化学雑誌, 70 (1949), 283.

1) 野口喜三郎: 温泉科学, 1 (1941), 17.

2) 岩崎岩次: 日本化学會雑誌, 65 (1944), 640, 731, 735.

になつて噴出孔上部を掘りひろげて、現在見られるような温泉池をつくり、その底部の北端の土管から温泉水を外部に流れ出させるようにしたものである。この當時5-6分、時には7分位休んでは約2分間位噴出してたと云われる。これが更に猛烈な温泉噴出作用の結果噴出口が廣大になつたためか、次第に噴出週期が變化し、約15分も休むようになり、遂に現在のように約35-40分間も休んで漸く噴出するようになったとのことである。尙噴出週期が長くて見物人に間歇的温泉噴出現象を見せるに都合が悪くなつて來た時には、この温泉池の水を早く洗し出し、水位を低くすれば再び早く噴出するようになったと云われている。この噴出状態の變化の理論的考察は既に著者³⁾の報告したところである。

このように龍巻地獄間歇泉はその噴出口上部の温泉池の水位を變化させることにより、その噴出週期を容易に變化させることの出来る間歇泉であつて、間歇泉の週期的温泉噴出現象を理解する上には極めて重要なものである。

2) 化學的性質 龍巻地獄間歇泉は既に述べたように酸性の温泉を噴出しているものである。今まで外國の學者⁴⁾は間歇泉の殆ど全部はアルカリ性を示しているもので、酸性のものは濁つた温泉を極めて少量に噴出するものが僅かに知れているだけで、強大な代表的間歇泉には酸性のものはないと云われていた。

ところが我が國に於ては既に昭和3年7月京都大學の鈴木政達氏等によつて得られた化學分析表(1表)で知れるように、この龍巻地獄間歇泉は明かに酸性を示しているものである。即ち透明な酸性の温泉を噴出することの知れた強大なる間歇泉としては世界最初のものである。その後宮城縣越前村雌釜間歇泉¹⁾、熊本縣阿蘇湯の谷大間歇泉²⁾及び同じく咆哮地獄間歇泉³⁾等も酸性を示すことが相ついで発見された。このように我が國

表1 龍巻地獄間歇泉の化學組織 (g/kg)

(昭和3年7月13日 京都大學、鈴木政達及び共同研究者による)

蒸發殘滓	3.260	Fe	0.0116
H+	0.0021	Al	0.0012
Na	0.8287	Mn	0.0063
K	0.1318	Cl	1.2553
Ca	0.0779	SO ₄	0.6261
Mg	0.0278	SiO ₂	0.2659

に於ては酸性の間歇泉もまた少くないことが知れて來たものであり、強大なる透明の酸性間歇泉は日本特有の型の間歇泉であることになる。龍巻地獄間歇泉は實にその典型的なものであつて、間歇泉の成因を研究する上には極めて大切な間歇泉である。尙第1表によれば食鹽量(蒸發殘滓)は昭和3年には3.260g/kgであり、著者等³⁾の測定では3.2-3.5g/Lで殆ど變化なく、間歇泉として

は多い方で、これ又外國⁴⁾にはない食鹽量の大なる間歇泉の例である。

3) 噴出週期 間歇泉の噴出週期はその間歇泉の温泉噴出機構の特性を示す最も大切な性質で多數の研究がある。^{1) 4) 2) 3)} この間歇泉は既に述べたように、温泉池の水位を上下させると噴出週期を人工的に變化出来るのであり、著者等が既に報告している阿蘇咆哮地獄間歇泉や³⁾ 由布院吉本間歇泉⁵⁾と同様に極めて著しい噴出現象の變化が認められるものである。著者等は阿蘇咆哮地獄、由布院吉本間歇泉等で発見した現象とこの強大なる龍巻地獄とに於ける現象との比較による間歇泉噴出現象の一般的説明及び氣象學的條件の變化による噴出週期の變化のより正確な知識を得る目的で昭和17年5月以來色々の状態の時の噴出週期を200回近く測定して

3) 岩崎岩次：日本化學會雜誌，70 (1949)，283.

4) E. T. Allen, A. L. Day: "Hot Springs of the Yellowstone National Park," p. 171-231, (1935).

5) 南葉宗利：地球物理，3 (1939)，314.

6) 岩崎岩次，家吉實：日本化學會誌，64 (1943)，1345，1453.

7) F. W. Clarke: "The Data of Geochemistry" p. 196-197; F. von Wolf: "Der Vulkanismus," I.: p. 609-610 (1914).

8) 岩崎岩次，村上富易：日本化學雜誌，70 (1949).

いる。表2にはその一部を示し、それからすぐ知れる二三の結果だけを報告し他は後で報告する。

表 2 龍巻地獄間歇泉の噴出週期及び変化の有様

測 定 番 號	噴出休止時間 (T_1)		噴 出 時 間 (T_2)		T_2/T_1	噴 出 週 期 T	
	分	秒 ¹⁾	分	秒 ¹⁾		分	秒 ¹⁾
1 短 (1) ¹⁾	35	30	1	00	0.028	36	30
2 " (1)	33	40	2	20	0.069	36	00
2 " (2)	33	37	2	00	0.060	35	37
2 " (3)	32	40	2	09	0.066	34	49
3 " (1)	38	00	2	30	0.066	40	30
3 " (2)	38	40	2	40	0.069	41	20
3 " (3)	36	30	2	34	0.070	39	04
4 " (1)	33	10	2	30	0.075	35	40
4 " (2)	33	10	2	40	0.080	35	50
5 " (1)	31	40	2	40	0.084	34	20
5 " (2)	31	25	2	25	0.077	33	50
5 " (3)	31	58	2	24	0.081	34	22
5 " (4)	31	45	2	37	0.082	34	22
6 " (1)	34	5	2	37	0.077	36	42
6 " (2)	30	32.5	2	30	0.082	33	02.5
6 " (3)	31	40.8	2	45	0.087	34	25.8
6 " (4)	31	23.5	2	45	0.088	34	08.5
6 " (5)	30	54	2	36	0.084	33	30
6 " (6)	31	25	2	30	0.080	33	55
6 " (7)	32	29	2	34	0.079	35	03
6 " (8)	32	00	2	45	0.086	34	45
6 " (9)	31	55	2	36	0.082	34	31
6 " (10)	31	27	2	35	0.082	34	02
6 " (11)	30	08	2	27	0.081	32	35
6 長 (1)	30	28	2	17	0.075	32	45
6 " (2)	35	34	2	20	0.066	37	54
6 " (3)	32	30	2	00	0.062	34	30
6 短 (1')	6	35	2	35	0.097	29	10
6 " (2')	30	50	2	30	0.081	33	20
7 " (1)	38	53	2	40	0.069	41	33
7 " (2)	38	02	2	30	0.066	40	32
7 " (3)	36	30	2	50	0.078	39	20
8 短 (1)	38	15	2	35	0.068	40	50
8 " (2)	37	50	2	50	0.075	40	40
8 " (3)	38	03	2	52	0.075	40	55
8 長 (1)	46	55	2	30	0.053	49	25
8 " (2)	42	40	2	00	0.047	44	40
8 " (3)	43	30	2	00	0.046	45	30
8 短 (1')	35	10	2	35	0.073	37	45
8 " (2')	38	35	2	40	0.069	41	15
9 " (1)	38	56.2	2	35	0.066	41	31.2
9 " (2)	37	01.5	2	43.5	0.074	39	45

9	"	(3)	38分	21.2秒	3分	05.3秒	0.081	41分	26.5秒
9	"	(4)	37	41	2	59.5	0.079	40	40.5
9	長	(1)	41	59.4	2	25	0.062	44	24.4
9	"	(2)	43	01.8	2	08	0.050	45	09.8
9	"	(3)	42	00.5	1	55	0.046	43	55.5
9	短	(1')	35	49	3	03.5	0.085	38	52.5
9	"	(2')	38	42	2	49.5	0.073	41	31.5
10	"	(1)	38	17.5	3	09.5	0.083	41	27
10	"	(2)	40	40	3	00	0.074	43	40
10	"	(3)	41	42	3	21	0.080	45	03
10	"	(4)	38	53	2	29.5	0.064	41	22.5
10	"	(5)	38	28.1	2	48.5	0.073	41	16.6
10	"	(6)	36	40	2	40	0.068	39	20
10	"	(7)	37	46.2	2	29	0.066	40	15.2
10	"	(8)	37	41	3	04.2	0.082	40	45.2
10	"	(9)	38	08.8	2	51.2	0.075	41	00
10	"	(10)	39	31.9	2	50.7	0.072	42	22.6
10	"	(11)	37	55.5	2	46.2	0.073	40	41.7
10	"	(12)	38	54.4	3	09	0.081	42	03.4
10	"	(13)	38	44.5	2	56	0.076	41	40.5
11	"	(1)	38	38.6	2	50	0.073	41	28.6
11	"	(2)	39	27	3	04	0.078	42	31
11	"	(3)	40	32.6	3	06	0.071	43	38.6
11	"	(4)	40	56	2	29	0.061	43	25
12	"	(1)	43	10	3	07.4	0.072	46	17.4
12	"	(2)	42	45.7	3	00.6	0.070	45	46.3
12	短	(3)	42	04	2	59	0.071	45	03
12	"	(4)	39	58	3	02	0.076	43	00
12	"	(5)	39	44.8	2	54	0.073	42	38.8
12	"	(6)	40	38.6	3	05	0.076	43	43.6
12	"	(7)	40	11.6	2	58.4	0.074	43	10
12	"	(8)	42	27.2	2	57.3	0.070	45	24.5
12	"	(9)	41	58	3	02	0.072	45	00
12	"	(10)	41	10.5	2	57	0.072	44	07.5
12	"	(11)	40	07	3	10	0.079	43	17
12	"	(12)	43	07.2	3	00.8	0.070	46	08
13	"	(1)	42	40	3	04	0.072	45	44
13	"	(2)	41	23.4	3	00	0.072	44	23.4
13	"	(3)	42	48	3	07	0.073	45	55
13	"	(4)	42	48	2	55	0.068	45	43
13	"	(5)	45	05	2	29	0.055	47	34
14	"	(1)	43	07	3	11	0.074	46	18
14	"	(2)	41	33	2	56	0.071	44	29
14	"	(3)	39	41.8	2	56.4	0.074	42	38.2
14	"	(4)	44	30	3	03	0.069	47	33
14	"	(5)	43	25.5	3	06.5	0.072	46	32
15	"	(1)	36	10	3	10	0.088	39	20
15	"	(2)	35	40	3	02	0.086	38	42

16	"	(1)	34分	30秒	2分	50秒	0.082	37分	20秒
16	"	(2)	36	00	3	10	0.088	39	10
16	"	(3)	34	20	3	30	0.10	37	50
16	"	(4)	36	20	2	58	0.082	39	18
17	"	(1)	35	55	3	15	0.090	39	10
17	"	(2)	34	50	2	30	0.072	37	20
17	"	(3)	35	20	3	10	0.090	38	30
17	"	(4)	34	50	3	10	0.091	38	05
17	"	(5)	35	50	2	55	0.081	38	45
17	"	(6)	35	40	3	10	0.089	38	50
17	"	(7)	37	20	3	20	0.089	40	40
17	"	(8)	36	50	3	00	0.081	39	50
17	"	(9)	36	00	3	00	0.084	39	00
17	"	(10)	35	30	3	00	0.085	38	30
17	"	(11)	35	00	3	00	0.086	38	00
17	"	(12)	36	53	3	07	0.085	40	00
17	"	(13)	38	20	3	00	0.078	41	20
18	"	(1)	34	30	3	00	0.087	37	30
18	短	(2)	34	00	2	30	0.074	36	30
18	"	(3)	35	00	2	50	0.081	37	50
	"	18 (4)	33	15	2	35	0.072	35	50
18	"	(5)	32	00	2	40	0.083	34	40
18	"	(6)	34	00	3	00	0.088	37	00
19	"	(1)	35	00	2	50	0.081	37	50
19	"	(2)	35	30	3	00	0.085	38	30
19	"	(3)	34	30	2	50	0.082	37	20
20	"	(1)	37	50	2	50	0.075	40	40
20	"	(2)	35	30	2	50	0.080	38	20
20	"	(3)	36	10	3	00	0.083	39	10
20	"	(4)	35	15	2	45	0.078	38	00
21	"	(1)	35	48.4	2	41.6	0.075	38	30
21	"	(2)	34	21	2	56	0.085	37	14
21	"	(3)	38	09	3	01	0.079	41	10
21	"	(4)	36	15	3	00	0.083	39	15
21	"	(5)	37	16	3	04	0.082	40	20
21	"	(6)	37	20	3	10	0.085	40	30
21	"	(7)	36	32	2	58	0.081	39	30
21	"	(8)	35	00	2	50	0.081	37	50
21	"	(9)	35	16	2	52	0.081	38	08

但し2表中の測定番号の符號は前報¹⁾と同様に1短(1)又は8長(3)等の中で1, 2, 3等は測定期日の番號で, 短, 長は上部の温泉池の水位を自然のままにした時の噴出週期を短, 水位を人工的に高かめて噴出週期を長くした時の長週期をあらわし, (1), (2), (3)等は同一測定期日中の連続して測定している噴出週期の順を示すものである。表3には測定期日を示す。表2を見ると噴出週期は大体35~45分位の間で大体規則正しい噴

表 3 測 定 期 日

測定 番號	測 定 期 日	測定 番號	測 定 期 日
1	(野口喜三雄氏測定)	12	昭和19年 5月19日
2	昭和17年 5月30日	13	" 5月20日
3	昭和18年 5月 2日	14	" 5月22日
4	" 7月15日	15	" 7月26日
5	" 8月13日	16	" 8月19日
6	" 8月14日	17	" 8月20日
7	" 11月27日	18	" 8月21日
8	" 11月28日	19	" 8月22日
9	昭和19年 2月11日	20	" 12月28日
10	" 2月13日	21	" 12月29日
11	" 2月14日		

出週期を示している。野口氏の測定した短(1)だけが噴出時間(T_2)が1分で他は殆ど全部が3分附近である。昭和18年の8月には T_2/T_1 は0.08近くになつて T_2 が大きく(噴出週期 5, 6), 同年11月には再び T_2/T_1 は0.07附近になり, 噴出週期も幾分長くなつているようである。これが19年5月頃まで続き7月8月(噴出週期 7, 21)頃は再び噴出週期は短くなり, T_2/T_1 0.08附近になつている。即ち気温の高い夏には気温の低い冬より噴出週期が短くなつてゐることが認められる。又噴出週期の人工的變化に伴ふ變化, 氣壓による變化, 化學組織の變化等につ

いても多數の資料が得られているがこれは後で報告することにする。

終りに臨み御教示を賜りたる恩師東京大學教授木村健二郎博士に謹みて感謝の意を表する。現在まで多大なる御援を賜つた龍巻地獄の主人伊藤初治氏にも謹みて感謝の意を表する。尙研究費は日本學術振興會および別府市温泉綜合研究費等の御補助によるものでここに附記して謹みて感謝の意を表する。

Geochemical Investigations of Geysers. XX. On the Nature of the Tatsumakijigoku Geyser of Beppu.

Iwaji Iwasaki

Summary

Tatsumakijigoku Geyser is an acidic weak common salt hot spring having about 2.4 g salt per litre. It ejects water (100°C) about 3 minutes after about 30-40 minutes (the quiet interval). Periods of eruption and quiet intervals are observed and discussed in this paper.