

1975年阿蘇付近の地震 による泉温の上昇について*

九州大学理学部付属
島原火山観測所

1 はじめに

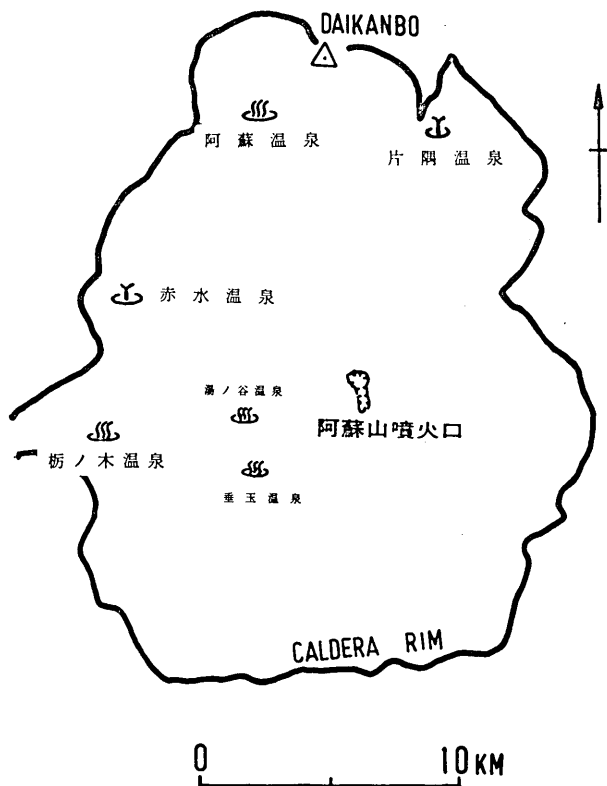
1975年1月23日を中心に、阿蘇カルデラ北部で発生した群発地震で、阿蘇火山地域の温泉群のうち、震源域に近い阿蘇(内牧)・片隅温泉群に、僅かながら泉温の上昇がみられた。たまたま、阿蘇火山は活動期にあり、この一連の地震群と阿蘇火山の活動との関連性が注目された。

一般に、活火山の近くに湧出する火山性温泉では、火山活動の活発化にともなって、泉温の上昇や泉質に異変が認められることが少なくない。

このようなことから、地震発生直後2回にわたって温泉調査を実施し、地震発生前の調査資料と比較検討してみた。

2 阿蘇火山地域の温泉群

阿蘇火山地域には、6か所にわたって、温泉群の湧出がみられる。これらの概要は第1表に示すとおりで、これらのうち、湯ノ谷・垂玉両温泉群は、中央火口丘の中腹に位置し、他の温泉群は、いずれも阿蘇カルデラの内縁に沿っている(第1図)。



第 1 図 阿蘇火山地域温泉分布図

* Received Jul. 24, 1975

第 1 表 阿蘇火山地域の温泉群

温 泉 群	泉 質
湯ノ谷温泉 垂玉温泉	酸性イオウ泉（高温泉）
栃ノ木温泉 阿蘇温泉	芒硝泉（高温泉）
赤水温泉	芒硝泉（微温泉）
片隅温泉	重曹泉質単純泉（微温～温泉）

今回調査したものは、これらのうち、湯ノ谷・垂玉両温泉群を除いた 4 温泉群の源泉である。調査の結果は、第 2～3 表に示すとおりで、地震発生直後 1 週間目と 5 週間目の 2 回にわたり実施したものをかかげているが、その後も、1～3 箇月毎に定期観測を継続し、阿蘇温泉では、自記装置により、泉温と電導度の連続観測を実施している。

第 2 表 阿蘇火山地域温泉群泉温測定記録

温泉群	栃ノ木	赤水	阿 蘇 （内ノ牧）				片 隅		
源泉	① 山下旅館	② 白雲山荘	③ 宝温泉	④ 観光会館	⑤ 大阿蘇 旅 館	⑥ 泰山荘	⑦ ひのくに 会 館	⑧ 大盛地下	⑨ 笹原実雄
—	46.2 [*] (1954.6)		45.7 [*] (1971.7)	46.3 [*] (1963.2)	44.3 [*] (1963.10)		④48.5 [*] (1963.2)	③35.2 [*] (1969.7)	25.6 [*] (1969.11)
1971.10			44	45	45	46	④45		
1972.11			40	43	44	46.1	④44	30 (1972.5)	26 (1972.5)
1974.11	45 (1974.9)		40	43	44	45 (1973.11)	④44	30 (1974.2)	25 (1974.2)
1975.12 ²⁹ ～2.1	45.5	④28.5	44.5	42.4	45.6	45.4	④44.1	33.4	27.0
1975.33 ～3.5	45.5	—	44.4	42.4	45.8	45.4	④44.3	33.5	27.2

（註 1） 1974 年以前の測定値は、熊本県衛生研究所（＊）および阿蘇保健所による。

（註 2） ④は動力揚湯、他は自然湧出。

（註 3） （ ）は、測定年月。

第 3 表 阿蘇火山地域温泉群調査結果

番号	温泉群名	源泉名	調査日	泉温 ℃	PH	蒸発残留 物mg/ℓ	Na ⁺ mg/ℓ	K ⁺ mg/ℓ	Ca ²⁺ mg/ℓ	Mg ²⁺ mg/ℓ	Fe ²⁺ mg/ℓ	HCO ₃ ⁻ mg/ℓ	CL ⁻ mg/ℓ	SO ₄ ⁻ mg/ℓ	F ⁻ mg/ℓ	F/Cl ⁻ ×10 ⁻²	H ₂ SiO ₃ mg/ℓ	CO ₂ mg/ℓ
1	栃ノ木	山下旅館 (熱湯)	1954. 6. -	46.2	7.2	2107.4	254.2	15.5	139.3	112.0	tr	442.4	122.4	820.7	-		199.3	34.8
			1975. 1.29	45.5	6.7	1849.6	235.0	41.4	128.1	113.1	0.00	452.3	119.0	761.0	-		192.1	76.1
			1975. 3. 3	45.5	6.8	-	242.5	40.5	126.9	112.3	0.00	437.1	117.9	773.0	-		189.7	62.1
2	赤水	白雲山荘	1967. 5.17	-	-	1979.0	295.4	22.4	156.6	91.1	0.36	209.4	184.4	929.3	1.75	0.95	19.4	50.3
			1975. 1.29	28.5	7.1	2202.8	282.0	44.7	140.4	124.7	0.14	159.3	169.3	1087.	1.50	0.89	88.3	10.0
			1975. 3. 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	阿蘇 (内牧)	宝温泉	1966. 7.13	45.7	7.3	1969.8	259.0	79.1	122.7	87.4	6.33	248.4	219.9	803.5	0.60		138.6	28.6
			1975. 1.30	44.5	7.2	942.0	149.5	27.1	49.9	41.4	0.77	189.4	68.7	399.4	-		130.3	9.6
			1975. 3. 4	44.4	7.2	-	151.0	26.5	47.5	41.4	0.69	182.3	62.9	379.5	-		120.6	10.4
4		阿蘇観光会館 (大浴場)	1963. 2. -	46.3	8.1	1922.5	300.5	46.5	137.9	55.2	1.50	178.7	142.8	918.2	-		129.8	9.7
			1975. 1.30	42.4	7.6	1650.4	235.0	29.9	123.2	76.6	0.26	204.6	125.8	769.5	-		120.8	2.0
			1975. 3. 4	42.4	7.6	-	247.5	28.7	115.8	84.6	0.40	189.4	126.6	811.0	-		144.2	4.8
5		大阿蘇旅館	1963.10. -	44.3	7.3	2220.8	286.5	38.0	249.2	37.1	1.20	304.0	198.4	930.7	-		151.5	18.9
			1975. 1.30	45.6	7.1	1820.0	281.0	44.4	115.8	87.3	0.86	299.1	139.1	838.0	-		144.2	29.4
			1975. 3. 4	45.8	7.0	-	287.0	43.5	114.6	89.3	0.87	294.5	138.9	842.0	-		128.4	28.8
6		泰山荘 (旧白雲荘)	1972.11.15	46.1	7.3	2049.4	293.9	49.5	126.5	104.5	9.56	336.2	155.7	942.8	0.89	0.094	166.3	55.0
			1975. 1.31	45.4	7.0	1892.4	282.0	45.8	118.3	94.5	0.42	292.0	146.0	858.0	0.92	0.11	152.1	33.1
			1975. 3. 4	45.4	6.9	-	287.5	45.9	120.3	80.6	0.43	280.3	142.8	875.0	-		109.7	28.2
7		ひのくに会館	1957. 5. -	48.5	-	2221.2	267.1	85.6	140.0	100.6	1.10	275.4	180.6	960.8	-		202.9	1.7
			1975. 1.31	44.1	7.1	2477.2	384.5	40.0	167.8	109.4	3.30	194.0	199.9	1262	-		124.9	16.0
			1975. 3. 4	44.3	7.1	-	389.5	40.4	168.2	111.6	3.09	182.6	199.2	1231	-		150.9	16.0
8	片隅	大盛地下	1969. 7.22	35.2	8.4	452.2	82.5	1.57	13.9	7.1	0.44	181.4	17.4	53.2	2.83	16.2	69.3	0.3
			1975. 2. 1	33.4	7.6	452.0	115.2	64.3	13.2	7.7	0.20	341.6	9.0	27.0	3.14	34.9	120.0	2.0
			1975. 3. 5	33.5	7.6	-	118.0	63.8	14.1	6.6	0.22	330.9	9.1	25.0	-		120.8	2.0
9		笹原実雄	1969.11.21	35.6	7.8	322.8	22.9	86.3	21.7	16.0	0.77	122.4	14.4	56.9	0.37	2.57	54.9	3.7
			1975. 2. 1	27.0	7.5	440.0	76.4	93.3	31.8	18.1	0.03	217.0	21.5	110.0	0.92	4.27	100.3	2.0
			1975. 3. 5	27.2	7.4	-	74.7	9.09	31.1	17.9	0.06	205.3	22.8	107.9	-		97.6	2.4

(註) 1974年以前の調査資料は、熊本県衛生研究所による。

4 過去の調査資料との比較

現在えられている過去の調査資料は、第2表に併記しているとおりである。

泉温については、たまたま、阿蘇保健所によって、別の目的で定期的に測定されていて、直前資料として、3～14か月前のものがえられた。しかし、化学成分については、2年前のもの1件を除くと、5～10年前の資料であり、古くは20年前のものにさかのぼらざるをえないものもある。したがって、今回の調査結果との相違が、必ずしも、今回の地震に原因しているものとは断定できない。さらに、分析法の違いなどを考慮すると、厳密な比較をすることは、必ずしも適当ではない。しかし、現時点では、これら以外に、過去の分析資料がえられないので、これらのなかでも比較的新しい№6、8および9を対象に検討してみた。

(1) 温 度

調査した9源泉のうち、明らかに泉温の上昇が認められたのは、阿蘇温泉の大阿蘇旅館源泉(№5)と片隅温泉の大盛地下(№8)および笹原(№9)両源泉で、それぞれ1.6, 3.4および2℃上昇している。これらはいずれも自噴井で、今回の地震によって湧出量が著しく増加していることが、それぞれの源泉所有者によって確認されている。

また、阿蘇温泉の宝温泉(№3)でも記録のうえからは、4.5℃上昇しているが、その間に湧出パイプの清掃(スケールの除去)がなされ、その結果、著しく湧出量が増加したと云うことであり、泉温の上昇が、今回の地震の影響のみによるとは断じ難い点がある。

今回調査しなかった他の源泉では、関係機関の調査でも顕著な泉温の上昇は認められていない。したがって、あったとしても、1℃以下にとどまっているものと推定される。

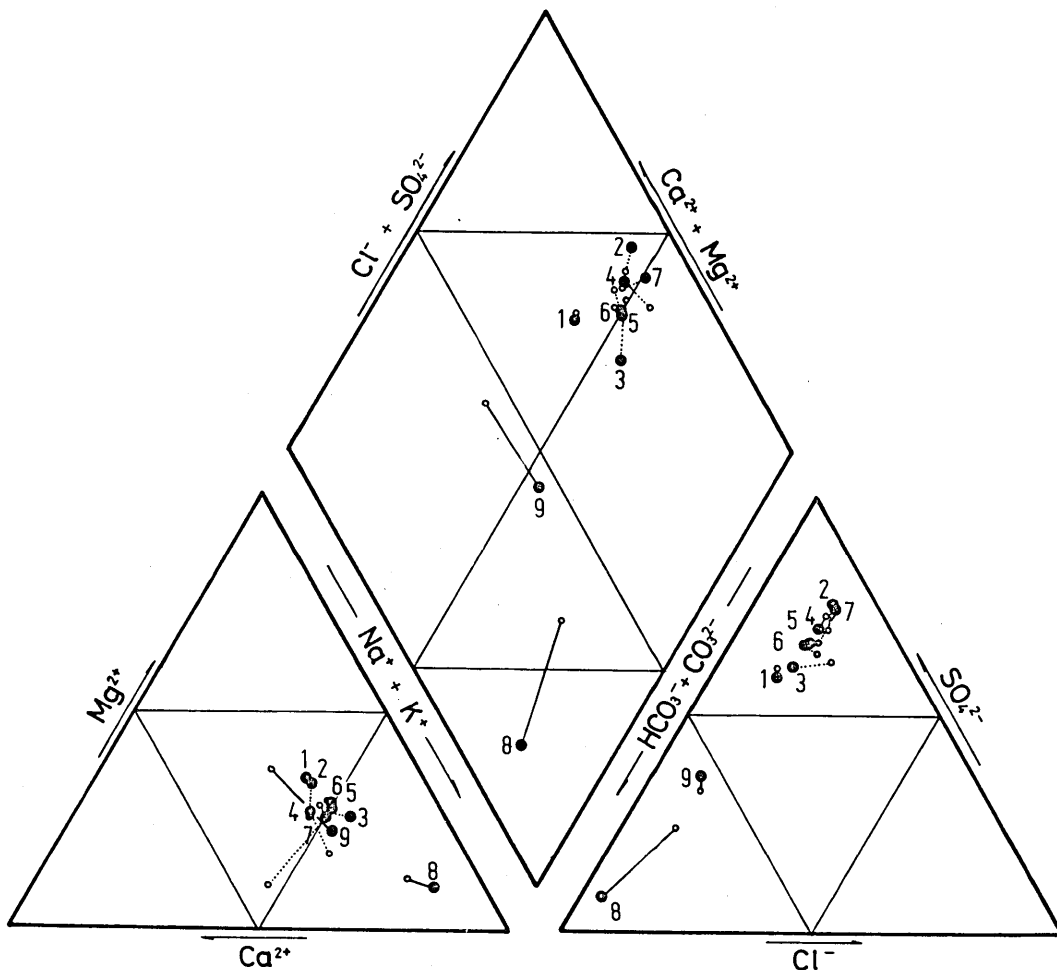
なお、阿蘇温泉群では、1970年頃より、恐らく乱堀と過剰湯湯によって、自噴力と泉温が低下の傾向にあるが、今回の地震によって泉温の上昇がみられたものでも、源泉開発当初の状態には回復していない。これに対して、片隅温泉群の場合は、開発当初よりも高くなっていて、注目される。

(2) 泉 質

これらの諸源泉の主要成分の溶存比(millival%)をキーダイアグラムで示したものが、第2図の水質組成図である。第3表と第2図とによって、地震前後の分析資料を比較してみると、今回の地震前のものとしては最も新しい№6では、蒸発残留物(全濃度と相関性がある)は約5%減少しているが、この程度は、通常の変動範囲内であり、水質組成にはほとんど変化が認められない。この源泉では、泉温の上昇は認められなかったが、阿蘇温泉群には、今回の地震によって本質的な変化はなかったものと推定される。

片隅温泉の2つの源泉では、蒸発残留物は№8ではほとんど不変であるが、№9では約30%増加している。さらに水質組成は、両者ともに大きく変化していて、№8では Na^+ と HCO_3^- が濃度、溶存比ともに激増している。また、№9では、陰イオンはいずれも増加しているが、溶存比では SO_4^{2-} が若干増加しているものの、著しい変化は認められない。しかし、陽イオンでは、濃度、溶存比ともに、 Na^+ が激増している。つまり、この片隅温泉の2源泉に共通する傾向として注目されることは、 $\text{Na}-\text{HCO}_3$ の増加である。

なお、他の源泉では、すでにのべたように、分析資料が古いので、厳密な比較はさけなければなら



第2図 阿蘇火山地域温泉群水質組成図 (millival%)

○は1975年地震前の調査資料、●は1975年地震後の調査結果、数字は源泉番号。

ないが、栃ノ木温泉 (No. 1) では、約20年前と、濃度、水質組成ともに驚くべきほどよく一致している変化が認められない。赤水温泉 (No. 2) では、 $Mg-SO_4$ が増加し、阿蘇温泉のNo. 3では $Na-HCO_3$ 、No. 4では $Mg-HCO_3$ 、No. 5では Mg 、No. 7では $Na-SO_4$ が溶存比において増加していて、共通した傾向は認められない。

微量成分では、 F^- が片隅温泉のNo. 9において激増し、No. 8でも若干の増加がみられる。これを F^- / Cl^- で示すと、片隅温泉群における F^- の相対的な増加は顕著である。

5 泉温上昇についての考察

一般に、火山性温泉の泉温上昇の原因としては、つぎの2つが考えられる。

- (1) 火山活動の激化にともなうマグマ発散物あるいは深部熱水供給量の増加
- (2) 地震動に原因した温泉上昇通路の拡大による湧出量の増加

もし、(1)に原因している場合は、当地域のような $Na-SO_4$ 型の温泉では、 Cl^- や F^- など、深部熱水に特徴的なハロゲンイオンが著しく増加するものと思われる。ただし、 F^- は、花こう岩を湧

出母岩とする温泉にも多く含まれているので、この種の温泉水が混入してくると当然 F^- は多くなってくる。したがって、 F^- のみの増加は、必ずしもマグマの活動度のバロメーターにはならない。

つぎに、(2)に原因している場合は、濃度が高まることはあっても、各イオンの濃度比には大きな変化はみられないであろう。

このような観点から、地震前の過去の分析資料と比較検討してみると、阿蘇温泉の $\#6$ は主要イオンの溶存濃度比 — 水質組成 — に変化はなく、 F^- や Cl^- の濃度にも著しい増加は認められない。他の源泉でも、比較する分析資料は古いが、 F^- や Cl^- に著しい増加が認められるものはない。したがって、阿蘇温泉群の泉温上昇の原因を、マグマの活動が激化したとする積極的な現象は認められない。

他方、片隅温泉群では、すでに指摘したように、 Na^+ 、 HCO_3^- および F^- の顕著な増加が認められる。 F^- を多く含有し、 $Na-HCO_3$ を主成分とする温泉は、花こう岩を湧出母岩とするものにしばしばみられ、当地域周辺では、山鹿温泉群や熊入温泉群の一部に存在している。¹⁾ 片隅温泉群の地下深所にも、花こう岩が潜在していて、 $\#8$ では深さ482mで縫着し、600mの深さまで掘さくされている²⁾。なお、 $\#9$ は $\#8$ に隣接しているが、掘さく深度が浅いので、花こう岩には到達していない。しかし、泉質はいずれも重曹泉($Na-HCO_3$ 型)～重碳酸土類泉($Ca, Mg-HCO_3$ 型)質で、当地域の他の温泉群と違って、花こう岩を湧出母岩としていることを示唆している。そして、今回の地震によって、重曹泉質の性格を強めたことは、当温泉群が、今回の震源域内かあるいは極めて近いところに位置している³⁾ことから、恐らく今回の地震に関連して発生した花こう岩体における亀裂の増加が、深部に賦存する花こう岩に関係した重曹泉質温泉水の供給量を増加させたものと解釈される。

6 むすび

このように、現時点では、いずれの場合も、(1)のマグマの活動が激化したために、泉温が上昇したとする積極的な現象は認められない。

当地域では、その後も時折り地震が発生しているが、観測を継続するとともに、さらに多くの成分について分析をすすめており、いずれ再検討を試みたい。

謝 辞

この調査にあたっては、阿蘇保健所高橋昭三主任から、貴重な泉温測定資料の提供をうけた。また、阿蘇保健所当局は、これらの公表の快諾を与えられた。

なお、本調査は、文部省科学研究費によって実施した。

これらのご厚意に対し、深甚の謝意を表する。

文 献

- 1) 熊本県衛生部 (1 9 6 5) : 熊本県鉱泉誌, 熊本県衛生研究所
- 2) 松本幡郎・藤本芳男 (1 9 6 9) : 阿蘇カルデラ内の注目すべきボーリング結果について, 火山 2 集, 1 4. (1) 。
- 3) 久保寺 章 (1 9 7 5) : 1 9 7 5 年阿蘇カルデラ北部に発生した群発地震活動について, 日本火山学会 1 9 7 5 年度春季大会講演