

# 阿蘇火山における温泉観測(2003年9月-2009年5月)

九州大学大学院理学研究院 福井 理作・清水 洋

## 1. はじめに

九州大学地震火山観測研究センターでは、1977年に実施された第1回阿蘇火山集中総合観測を契機として、阿蘇火山温泉群のうち、栃ノ木および垂玉両温泉についての地球化学的観測に着手し、1991年まで、温泉成分の繰り返し観測を実施した<sup>1,2)</sup>。その後、観測を中断していたが、2003年9月より再開した。この報告書では、再開以降の観測結果について報告する。

## 2. 観測源泉の概要

観測源泉は、栃ノ木温泉小山旅館平湯と垂玉温泉山口旅館本湯の2カ所で、中岳火口から、それぞれ西南西約10kmおよび南西約5kmに位置している(図1)。前者がナトリウム-硫酸塩泉、後者が含硫黄-カルシウム-炭酸水素塩泉(硫化水素型)に分類される。いずれの源泉も断崖より

自然湧出しており、湧出口からは密閉された配管で約50m引湯し、浴用に供されている。温泉観測は、小山旅館平湯では浴槽への吐出口で、山口旅館本湯では分配槽への引き込み口で行っている(図2)。

栃ノ木温泉小山旅館における観測源泉は、1991年の中断までは熱湯(たでゆ)を使用した。その後に旅館が建て変わったため、2003年9月の再開以降は、隣接する平湯源泉で観測を実施している。

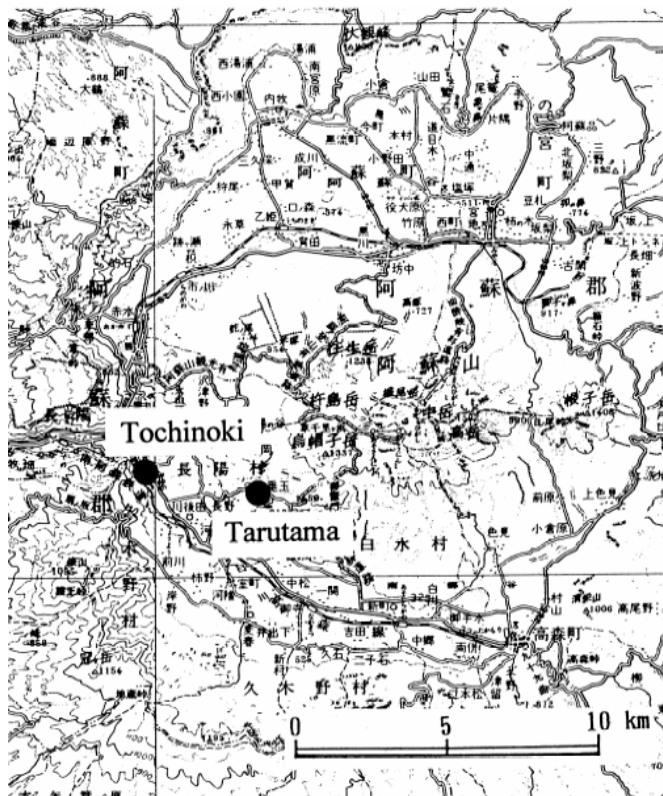


図1. 阿蘇火山における観測源泉位置(栃ノ木温泉および垂玉温泉)



栃ノ木温泉 小山旅館



小山旅館 檜湯



垂玉温泉 山口旅館



山口旅館 源泉引き込み口

図 2. 栃ノ木温泉小山旅館・垂玉温泉山口旅館とその観測風景。

### 3. 観測方法

温泉観測は、通常月 1 回の頻度で実施し、泉温、pH、電気伝導率、蒸発残留物、主要化学成分( $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ )、溶存  $\text{CO}_2$  の測定を行っている。泉温と pH は現地で測定し、他の項目については、必要な前処理後に持ち帰り、室内分析を行う。

測定方法は、以下に記載する<sup>3)</sup>。なお、両源泉とも RpH(試水をきれいな大気で十分通気したときに示す pH 値)がアルカリ性を呈し、酸度およびアルカリ度は  $\text{CO}_2$  および  $\text{HCO}_3^-$  への依存が大きい。このため、迅速かつ簡易法として、酸度およびアルカリ度から、 $\text{CO}_2$  および  $\text{HCO}_3^-$  を算出している。

水温:1/10°C 目盛り水銀標準温度計

pH: 携帯型 pH メーター(ガラス電極法)

電気伝導率: 電気伝導率計(25°C 換算)

蒸発残留物: 130°C 定温乾燥重量法

$\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ : イオンクロマトグラフ

$\text{HCO}_3^-$ : HCl 滴定法, pH4.8 アルカリ度換算

CO<sub>2</sub>:NaOH 滴定法, pH8.3 酸度換算

現地にて、定容の試料に、NaOH 標準溶液(過剰量)を加えて持ち帰る。実験室にて、HCl 標準溶液を用い、フェノールフタレイン指示薬の赤色が消失する直前まで滴定し、NaOH 標準溶液の消費量から溶存 CO<sub>2</sub> 濃度を定量する。

表1. 阿蘇栃ノ木温泉小山旅館(平湯)の泉質分析結果(2003年9月-2009年5月)

採取年月日	水温(°C)	pH	電気伝導率(mS/cm)	蒸気蒸留物	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> /He
2003/9/6	41.3	6.83	180.0	1499	1924	49.5	101.8	78.7	349	865	559.3		
2003/9/15	41.6	7.02	179.1	1476	1843	64.3	104.8	78.1	340	860	556.0		
2003/10/6	41.8	7.01	179.9	1431	1864	50.7	103.6	78.7	353	868	568.7		
2003/11/4	41.6	7.01	178.1	1385	1983	44.9	103.0	78.1	359	862	561.9	318	0.229
2003/12/13	42.0	7.03	179.4	1367	1975	47.1	101.7	77.5	356	864	560.0	318	0.233
2004/1/6	41.7	7.17	179.4	1348	1984	47.1	102.6	77.7	356	858	555.4	322	0.239
2004/2/7	41.5	7.22	178.6	1353	1958	47.2	98.1	70.9	352	788	550.8	338	0.230
2004/3/6	41.5	7.16	177.5	1338	1945	53.3	98.1	72.2	352	772	550.5	323	0.241
2004/4/29	41.8	7.01	174.7	1320	1913	41.3	91.3	61.3	351	772	549.6	319	0.240
2004/5/29	41.7	7.04	174.7	1320	1913	41.3	91.3	61.3	351	772	549.6	319	0.240
2004/7/23	41.5	6.96	167.8	1265	1746	47.2	80.5	65.7	326	840	536.0	366	0.271
2004/8/5	41.5	6.96	172.9	1325	1823	47.8	82.4	69.5	343	857	543.9	375	0.283
2004/9/13	40.6	6.92	174.7	1337	1837	49.3	92.4	71.6	354	871	564.7	407	0.296
2004/10/9	41.0	6.95	176.4	1371	1849	50.3	97.2	73.0	346	786	551.9	395	0.288
2004/11/6	41.7	7.00	179.1	1368	2039	49.0	102.6	74.3	350	844	557.4	397	0.290
2004/12/18	41.4	7.03	179.6	1368	2125	65.4	101.6	78.2	358	865	596.9	386	0.282
2005/1/23	41.7	7.03	178.3	1389	2039	55.1	103.6	78.2	357	867	595.9	427	0.312
2005/3/10	41.5	7.01	178.7	1374	1929	43.5	93.5	72.9	356	847	569.6	425	0.306
2005/4/4	41.4	7.11	179.1	1367	1979	60.7	94.0	73.3	354	852	564.1	428	0.309
2005/4/23	41.4	7.00	179.9	1395	1950	47.9	94.4	73.9	359	864	600.4	409	0.293
2005/5/27	41.2	7.01	179.6	1395	1911	50.2	95.9	70.1	357	858	587.8	423	0.303
2005/6/24	41.4	7.00	181.4	1422	1907	49.4	97.6	75.5	365	827	576.1	425	0.299
2005/7/22	40.5	6.98	175.9	1383	1834	55.2	95.8	71.3	346	783	544.3	398	0.291
2005/8/16	41.3	6.97	172.3	1322	1720	40.4	89.2	66.7	341	768	535.9	376	0.289
2005/9/20	41.5	6.95	176.9	1393	1862	40.5	96.6	73.9	357	811	567.9	438	0.314
2005/11/24	41.5	7.02	180.0	1373	1834	54.5	98.6	73.5	358	807	558.3	421	0.307
2005/12/28	41.6	7.15	180.1	1353	1883	50.4	96.9	72.2	358	801	560.1	434	0.320
2006/1/27	42.1	7.14	177.2	1353	1867	50.0	93.7	70.4	357	786	546.6	425	0.314
2006/3/3	41.5	7.17	174.3	1337	1803	46.9	89.9	66.6	353	788	543.1	417	0.312
2006/4/4	41.5	7.02	172.3	1319	1798	49.4	88.8	66.0	351	782	542.2	410	0.311
2006/5/9	41.3	6.98	169.8	1314	1851	47.3	88.9	65.4	346	784	530.2	394	0.300
2006/6/13	41.6	6.97	171.5	1328	1845	44.5	94.6	69.4	345	752	529.2	408	0.307
2006/7/13	41.4	7.03	173.8	1339	1930	46.5	96.9	71.1	341	751	543.4	409	0.305
2006/8/14	41.4	7.00	177.5	1379	1973	45.7	100.3	73.7	345	774	561.3	416	0.302
2006/9/14	41.5	7.06	177.1	1395	1969	53.7	98.4	73.1	349	765	558.8	401	0.287
2006/10/13	41.6	6.98	177.1	1348	1914	49.8	98.0	72.9	353	782	560.8	400	0.297
2006/11/17	41.4	7.04	176.5	1345	1925	43.3	91.1	66.6	355	804	566.7	387	0.288
2006/12/12	41.5	7.08	176.5	1344	1927	41.9	89.3	62.2	354	809	555.9	415	0.309
2007/1/16	40.9	7.05	176.5	1344	1927	41.9	89.3	62.2	354	809	555.9	415	0.309
2007/2/16	40.9	7.05	176.5	1344	1927	41.9	89.3	62.2	354	809	555.9	415	0.309
2007/3/16	40.9	7.05	176.4	1333	1741	42.6	88.5	64.3	353	816	551.1	382	0.282
2007/4/13	41.0	7.09	174.7	1328	1750	43.4	88.4	65.5	354	789	545.4	393	0.288
2007/4/13	41.3	6.96	174.0	1340	1770	52.1	88.0	64.2	353	785	543.2	397	0.296
2007/5/18	41.2	6.92	172.0	1343	1844	49.8	94.2	68.9	350	783	533.5	391	0.294
2007/6/14	41.2	6.88	173.3	1343	1844	49.8	94.2	68.9	350	783	533.5	391	0.294
2007/7/12	41.6	6.88	173.9	1319	1929	45.9	96.6	69.7	349	804	538.4	394	0.293
2007/8/10	41.1	6.93	174.9	1336	1832	50.1	98.0	71.6	338	820	552.8	393	0.294
2007/9/11	40.7	6.91	180.5	1405	1845	49.9	97.8	72.8	352	806	562.5	400	0.285
2007/10/11	40.7	6.91	179.3	1392	1883	46.1	98.9	74.0	354	840	590.5	391	0.283
2007/11/15	40.4	7.05	180.1	1383	1942	54.9	98.9	74.2	359	841	594.1	403	0.291
2007/12/14	40.7	7.06	180.3	1363	1867	49.7	97.5	73.1	358	853	587.6	389	0.285
2008/1/17	40.2	7.12	178.9	1358	1878	50.8	98.7	71.9	356	819	580.0	383	0.282
2008/2/19	40.7	7.09	178.7	1349	1897	53.3	98.5	65.5	354	808	571.2	400	0.297
2008/3/21	43.4	6.95	177.4	1352	1888	45.3	88.6	63.9	352	814	573.8	412	0.305
2008/4/15	43.0	6.91	176.6	1372	1866	46.7	90.0	65.2	351	795	569.9	403	0.286
2008/5/15	43.5	6.92	176.6	1372	1866	46.7	90.0	65.2	351	795	569.9	403	0.286
2008/6/19	42.0	6.90	169.3	1293	1877	41.8	85.8	61.4	320	755	513.8	357	0.278
2008/7/18	41.9	6.87	176.7	1384	1797	42.3	90.0	68.1	341	817	571.3	411	0.297
2008/8/18	41.6	6.83	180.6	1397	1874	47.8	97.9	70.8	351	841	585.1	425	0.304
2008/9/20	42.2	6.96	182.3	1425	1984	45.1	96.5	72.6	352	874	594.1	412	0.289
2008/10/23	41.8	6.96	179.4	1369	1967	48.7	97.2	71.5	357	869	577.3	391	0.286
2008/11/20	39.0	7.06	181.1	1376	1984	44.9	96.5	71.7	354	854	590.1	403	0.293
2008/12/16	38.5	7.13	180.6	1372	1965	46.5	96.2	68.7	355	850	578.8	431	0.314
2009/1/16	41.0	7.12	180.6	1357	1969	46.9	94.5	68.5	353	840	574.7	408	0.301
2009/2/20	42.0	7.19	178.1	1364	1986	42.2	93.8	68.6	351	816	566.4	399	0.293
2009/3/22	41.2	7.01	174.9	1329	2010	44.9	95.0	66.9	346	800	545.7	386	0.286
2009/4/16	40.8	6.97	175.4	1354	1951	41.7	92.1	67.5	349	810	552.3	386	0.285
2009/5/19	40.6	6.91	176.5	1360	1933	48.8	93.0	67.6	353	840	549.8	392	0.288

4. 観測結果

測定結果は、表1と表2に掲載している。また、それらの測定結果の推移を、孤立型微動日別回数(気象庁資料)とともに図3と図4に示す。

阿蘇火山では、2003年夏以降、2003年7月10日、2004年1月14日、2005年4月14日、

表2. 阿蘇垂玉温泉山口旅館(本湯)の泉質分析結果(2003年9月-2009年5月)

採取年月日	水温(°C)	pH	電気伝導率(mS/cm)	蒸発残留物	(単位:mg/l)									
					Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub>	
2003/9/15	51.5	5.89	58.8	509	360	26.9	30.6	40.9	19.1	177	70	119.7		
2003/10/6	51.0	6.08	55.7	509	322	23.3	28.3	39.6	20.8	182	69	119.7		0.712
2003/11/4	51.5	6.02	59.9	497	334	24.9	33.9	39.9	21.3	182	69	122.6		0.712
2003/12/13	50.8	6.16	61.6	488	334	23.2	40.0	40.0	22.3	183	70	124.9		0.684
2004/1/6	48.7	6.08	56.1	488	331	24.8	36.6	37.6	21.3	183	70	118.2		0.734
2004/2/8	48.2	6.13	56.8	511	30.4	22.2	39.2	39.2	19.9	187	70	117.8		0.669
2004/3/6	50.6	6.20	57.1	517	31.0	22.4	38.3	38.3	20.7	188	71	118.6		0.708
2004/3/30	51.3	5.96	56.9	523	31.1	22.9	37.9	37.9	20.5	188	72	120.3		0.709
2004/4/27	50.8	6.08	56.4	521	31.2	22.6	37.9	37.9	19.6	179	66	126.0		0.758
2004/5/29	51.4	5.94	56.2	508	29.9	21.5	37.7	37.7	19.6	180	66	120.0		0.856
2004/7/3	50.7	5.90	54.9	518	31.7	23.6	36.9	36.9	19.7	182	69	120.0		0.882
2004/8/5	50.3	5.95	56.3	502	30.2	23.4	37.0	37.0	20.2	176	70	119.7		0.930
2004/9/13	50.2	5.93	55.8	503	31.3	23.0	36.4	36.4	20.9	176	70	116.9		0.920
2004/10/3	49.6	5.81	54.3	486	31.6	23.0	36.4	36.4	20.9	176	70	116.9		0.920
2004/11/6	48.3	5.81	54.3	486	31.6	23.0	36.4	36.4	20.9	176	70	116.9		0.920
2004/12/18	49.2	6.10	55.6	487	33.5	22.6	41.6	41.6	22.2	183	73	126.0		0.940
2005/1/20	50.1	6.02	56.4	487	34.5	22.6	39.4	39.4	21.7	186	74	129.6		0.930
2005/3/10	49.3	5.95	56.0	513	32.0	24.0	37.4	37.4	20.3	183	74	124.1		0.938
2005/4/4	48.8	5.99	55.6	504	31.0	22.4	36.8	36.8	20.6	185	74	124.7		0.930
2005/5/21	50.5	5.90	55.5	504	30.2	23.0	35.9	35.9	20.2	181	74	123.8		0.900
2005/6/24	50.3	5.87	55.6	508	29.8	23.2	36.1	36.1	20.3	176	70	121.5		0.900
2005/9/21	50.1	5.87	55.1	508	32.7	24.6	36.0	36.0	19.8	177	67	113.6		0.920
2005/9/22	50.1	5.77	55.2	512	32.2	23.9	36.1	36.1	19.8	176	67	119.2		1.040
2005/9/27	50.0	5.94	55.3	518	29.5	20.8	37.9	37.9	20.4	176	69	120.7		0.828
2005/10/20	50.0	5.94	57.7	513	30.7	20.6	38.7	38.7	19.7	179	68	116.9		0.977
2005/11/24	50.9	6.01	59.4	523	30.7	22.0	40.1	40.1	20.2	186	68	119.1		0.868
2005/12/29	50.6	5.88	56.4	491	30.8	21.5	39.5	39.5	20.0	186	70	116.9		0.984
2006/1/27	49.9	5.94	55.9	502	30.9	21.0	39.3	39.3	20.0	187	68	115.3		1.008
2006/3/3	49.0	5.95	55.6	502	31.0	21.6	37.4	37.4	19.4	185	68	116.6		0.928
2006/4/4	50.2	5.94	55.3	506	30.6	21.3	37.3	37.3	20.1	185	68	116.9		0.974
2006/5/9	50.2	5.86	55.2	517	31.2	22.2	37.2	37.2	20.2	177	71	117.2		0.952
2006/6/13	49.9	5.83	54.9	520	31.1	18.9	39.5	39.5	20.3	173	69	119.7		1.015
2006/7/13	48.4	5.82	55.6	520	32.0	21.4	39.8	39.8	20.5	172	67	122.1		0.981
2006/8/13	48.3	5.86	55.6	507	32.6	21.2	40.8	40.8	20.8	174	65	124.2		1.055
2006/9/14	48.7	5.85	54.9	509	30.9	22.4	38.7	38.7	20.0	175	65	120.8		0.966
2006/10/13	48.0	5.83	55.0	489	31.4	22.9	38.5	38.5	19.9	177	70	119.5		1.012
2006/11/12	48.4	5.81	55.3	487	33.2	20.8	38.3	38.3	18.4	183	71	118.7		0.939
2006/12/12	48.3	5.87	55.5	501	29.3	20.6	35.8	35.8	18.5	183	72	118.6		0.948
2007/1/12	48.0	5.98	55.5	494	29.3	19.4	35.2	35.2	18.2	184	72	118.6		0.952
2007/2/16	49.3	5.83	54.7	496	29.8	18.7	35.0	35.0	18.1	184	72	118.6		0.952
2007/4/13	49.3	5.84	54.7	489	29.7	21.5	35.0	35.0	18.1	182	71	118.6		0.930
2007/6/14	49.2	5.81	55.7	526	32.4	23.5	38.0	38.0	20.0	184	70	115.3		0.938
2007/7/12	50.0	5.81	55.7	534	30.7	19.9	38.0	38.0	20.2	181	70	115.8		0.851
2007/8/10	50.8	5.82	57.0	526	32.9	24.6	39.7	39.7	20.6	176	69	120.9		0.927
2007/9/11	49.7	5.81	55.9	508	30.5	23.7	38.0	38.0	19.7	177	69	118.5		1.000
2007/10/11	48.9	5.79	55.9	507	32.3	23.0	39.0	39.0	20.1	179	70	124.0		0.937
2007/11/15	48.8	5.90	55.0	489	31.5	22.8	38.5	38.5	20.0	184	70	119.8		0.961
2007/12/14	48.8	5.90	55.8	500	32.7	21.6	38.5	38.5	20.0	184	70	117.9		0.900
2008/1/17	49.0	5.92	55.6	500	31.0	21.4	38.6	38.6	20.0	185	70	119.8		0.912
2008/2/19	49.7	5.94	56.4	489	31.6	21.2	36.5	36.5	19.0	186	69	120.4		0.949
2008/3/21	51.0	5.92	51.5	524	32.4	21.2	37.4	37.4	19.0	186	71	121.6		0.924
2008/4/17	49.6	5.82	55.3	501	32.7	25.1	36.2	36.2	18.8	183	69	118.9		0.940
2008/5/15	50.1	5.91	55.3	510	32.0	22.2	36.0	36.0	19.1	179	69	118.6		0.931
2008/6/19	49.8	5.83	55.0	529	31.6	21.9	37.5	37.5	19.2	173	69	121.4		0.883
2008/7/18	50.2	5.78	56.3	531	32.4	21.7	38.5	38.5	19.6	175	67	124.8		0.953
2008/8/19	49.9	5.78	55.2	513	30.5	21.1	37.5	37.5	19.3	176	69	120.5		0.909
2008/9/20	49.3	5.87	55.2	529	30.3	23.7	37.3	37.3	19.3	177	72	119.1		0.817
2008/10/23	49.2	5.88	54.8	483	28.6	17.9	37.1	37.1	19.1	177	72	118.5		0.882
2008/11/20	47.9	5.90	54.8	479	33.3	27.7	37.7	37.7	19.5	176	72	117.6		0.908
2008/12/16	48.3	5.86	55.3	503	30.0	20.9	37.9	37.9	18.7	182	71	118.3		0.983
2009/1/16	48.3	6.03	55.6	489	30.4	20.9	36.6	36.6	18.7	184	74	115.8		0.939
2009/2/20	48.8	6.03	55.6	494	29.4	17.5	36.6	36.6	18.7	184	74	115.8		0.939
2009/3/22	48.9	5.98	55.3	506	30.5	20.6	37.0	37.0	18.9	177	73	118.7		0.887
2009/4/16	48.9	5.92	55.0	508	32.2	23.7	37.1	37.1	18.9	180	70	117.2		0.886
2009/5/19	48.6	5.87	55.4	508	31.9	22.6	37.4	37.4	19.1	181	70	117.1		0.837

2009年2月4日に、ごく小規模な噴火が確認されている。

栃ノ木温泉の水温は、2008年3月頃から上昇し、2003年9月の観測再開以降で最も高い値を観測した。同年6月頃にはほぼ通常のレベルに戻り、年末には最も低い値が観測された。現在は、ほぼ通常のレベルに戻っている。この水温変化の原因は特定できていないが、短期的に水温が上下していることや垂玉温泉で対応する水温変化が認められないこと、水温以外の他の観測量にも変動が見られないことなどから、この水温変化は火山活動に起因するものとは考え難く、泉源のごく浅部における湧水状態の変動によるものである可能性が高い。一方、栃ノ木温泉よりも火口に近い垂玉温泉の水温変動は、明瞭では無いが、孤立型微動日別回数の消長と調和的に見える。

両温泉のpH値には、水温および溶存CO<sub>2</sub>濃度との逆相関の傾向が認められる。現地測定

# 阿蘇火山における温泉観測

## 栃ノ木温泉

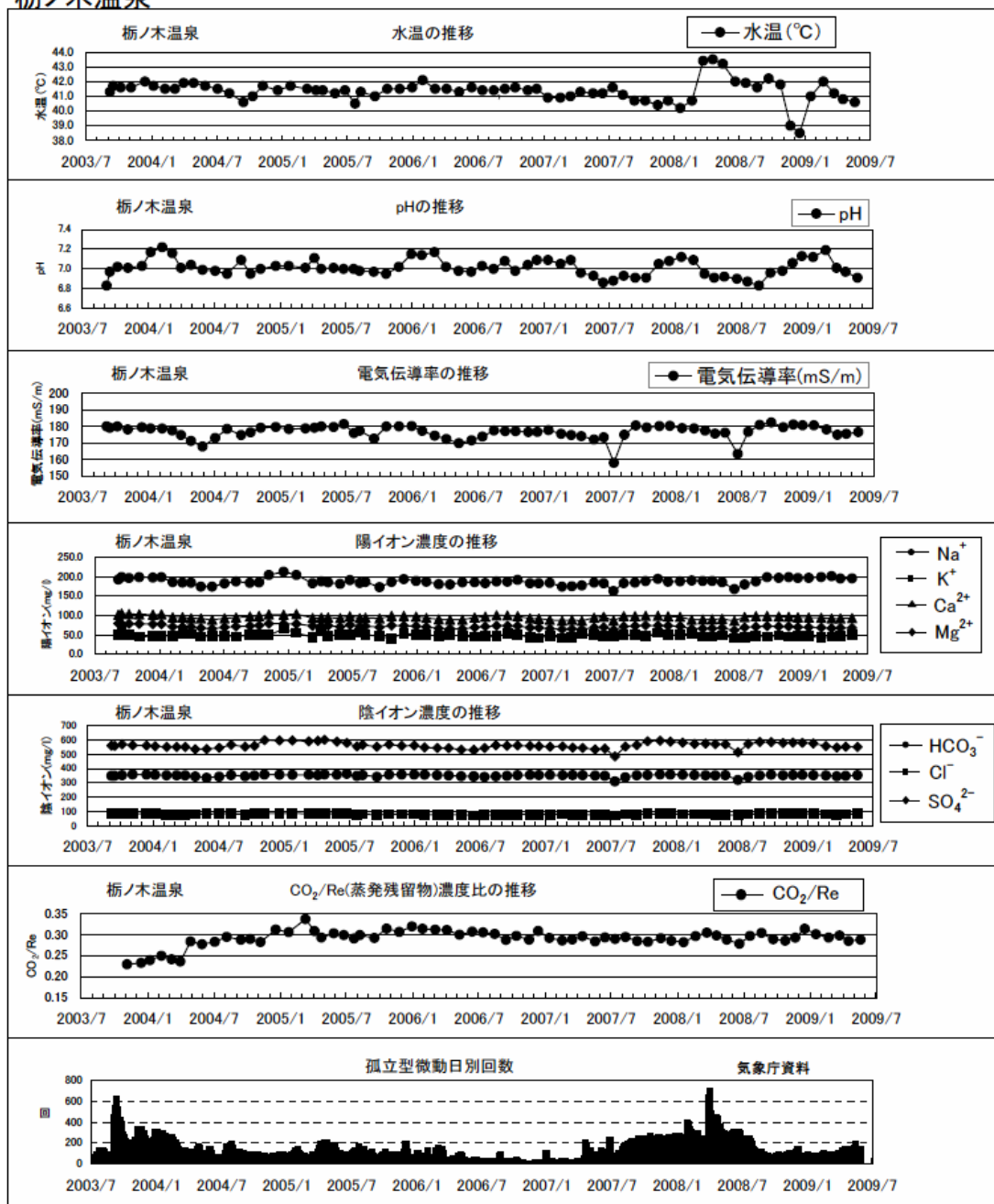


図3. 阿蘇栃ノ木温泉小山旅館(平湯)の水温・pH・電気伝導率・主要化学成分濃度・CO<sub>2</sub>/Re(蒸発残留物)濃度比の推移. 孤立型微動日別回数は気象庁資料.

ため、年間の気温差が大きく、pHメーター(温度補償機能)の若干の揺らぎは避け難い。電気伝導率および陰陽両イオン成分については、主に梅雨期後に降水の影響を受けてわずかに低下している。なお、溶存CO<sub>2</sub>濃度については、降水による希釈の影響を排除するため、溶存CO<sub>2</sub>と蒸発残留物(Re)との濃度比を用いた相対濃度(CO<sub>2</sub>/Re)で表示している。このように、両温泉の主要化学成分等には、測定機器の特性や気象の影響による若干の変動が見られるものの、

## 垂玉温泉

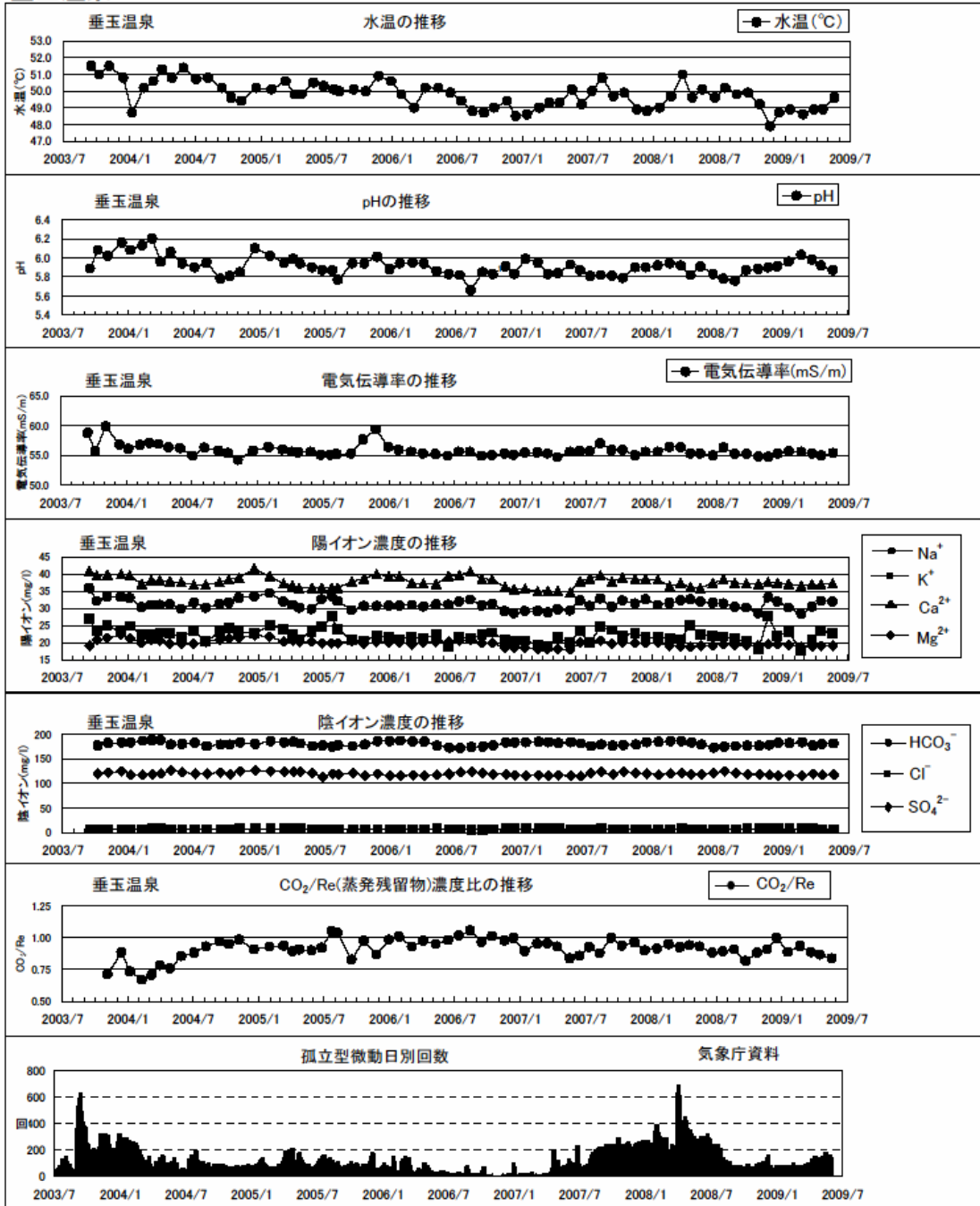


図4. 阿蘇垂玉温泉山口旅館(本湯)の水温・pH・電気伝導率・主要化学成分濃度・CO<sub>2</sub>/Re(蒸発残留物)濃度比の推移. 孤立型微動日別回数は気象庁資料.

観測を再開した2003年9月以降、いずれも顕著な変化はなく安定して推移している。観測期間中に発生した小規模な噴火にともなう変化も観測されなかった。また、2006年3月頃から垂玉温泉の約1.3km北方に位置する南阿蘇村吉岡において噴気活動が活発化したが、これまでのところ、この噴気活動の活発化にともなう垂玉温泉の主要化学成分等に有意な変化は、確認できていない。

われわれが実施している温泉観測の項目のうちで、これまで火山活動との相関が認められ、火

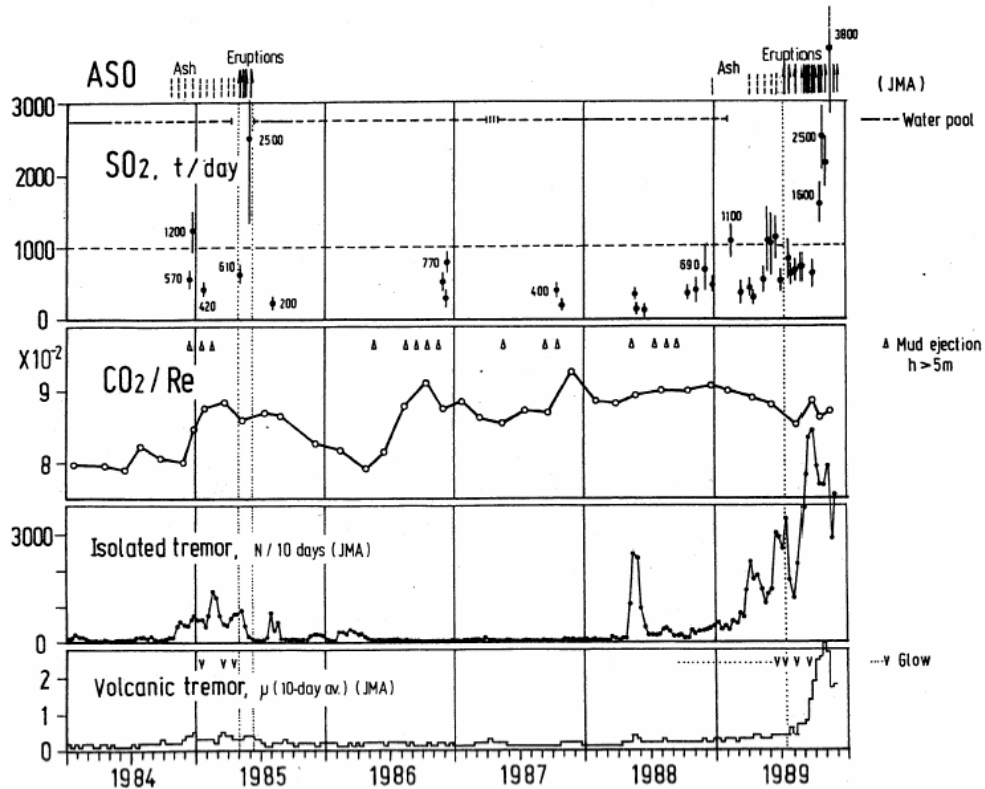


図 5. 阿蘇火山山頂噴火口からの二酸化イオウ放出量と栃ノ木温泉溶存炭酸ガス相対濃度の推移<sup>5)</sup>

山活動度の指標として注目しているのは溶存 CO<sub>2</sub> 相対濃度(二酸化炭素濃度/蒸発残留物濃度)である。例えば、栃ノ木温泉と垂玉温泉の溶存 CO<sub>2</sub> 相対濃度は、過去の観測において、噴火活動開始前に漸増し、活動期に入るとともに減少に転じる傾向が認められている<sup>1,2,4)</sup>(図 5)。温泉水中の溶存 CO<sub>2</sub> 濃度が、火山活動、ことに山頂活動の消長に対応して増減する現象は桜島火山でも認められていて<sup>2)</sup>、その原因としては、マグマ溜まりへのマグマ供給量の増加に伴ってマグマ発散物(HF, HCl, H<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>Oetc.)<sup>6)</sup>が激増するとともに、火山体内部の間隙流体圧を著しく高めるため、温泉水への CO<sub>2</sub> の溶解度が増加するからと考えられる(Henry の法則)。2003 年 9 月以降、両温泉における溶存 CO<sub>2</sub> 相対濃度に増加が認められないことは、現在、阿蘇山のマグマ溜まりにおいて顕著なマグマの蓄積(増圧)が進行していないことを示唆するものと思われる。

## 5. おわりに

阿蘇火山では、2003 年夏に活発化の兆候が見られ、9 月に温泉観測を再開した。その後も、小噴火・土砂噴出・噴湯現象などが観測されたが、観測期間中(2003 年 9 月～2009 年 5 月)は、比較的静穏な時期であった。期待した溶存 CO<sub>2</sub> 濃度の推移にも、有意な変化は確認できなかった。マグマ供給率が増大しマグマ活動がより活発化すれば、溶存 CO<sub>2</sub> 濃度や陰イオン成分の増

大が期待できるので、今後も観測を継続して行くつもりである。

## 謝 辞

栃ノ木温泉小山旅館ならびに垂玉温泉山口旅館での現地観測は、170 回を越えた。いつも暖かく迎えていただき、多忙な中をご協力賜りました事に、謝意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 太田一也(1978): 阿蘇火山における温泉観測, 阿蘇火山の集中総合観測(第 1 回)報告(1977 年 8~12 月), 56-63.
- 2) 太田一也(1984): 阿蘇火山における温泉観測(1977~1982 年), 阿蘇火山の集中総合観測(第 2 回)報告(1981 年 8~12 月), 89-98.
- 3) 鉱泉分析法指針(改訂)(2002): 環境省自然環境局.
- 4) 太田一也(1988): 火山性温泉の生成・湧出機構と泉質の多様性, 鹿児島国際火山会議論文集, 940-943.
- 5) 九州大学理学部附属島原地震火山観測所(1989): 阿蘇火山における二酸化イオウ放出量及び温泉溶存炭酸ガス濃度の推移, 火山噴火予知連絡会会報, 45, 117-118.
- 6) Iwasaki, I., Ozawa, T. et al.(1966): Differentiation of magmatic emanation. Bull. Tokyo Institute of Technology, 74, 1-57.