

伊東市宇佐美 24 号泉の温度変化について

望月裕峰*†・加藤照之**

Temperature Observation at the 24th Artesian Spring of Usami, Ito City, Japan

Hiromine MOCHIZUKI*† and Teruyuki KATO**

Abstract

Temperature at the 24th artesian spring in Usami, Ito city, Japan has been observed manually using a thermometer once a day. This article reports data for the period 1990-2003. Water temperature has gradually increased about 2 degree Celsius during this time period. Short period fluctuations seem to include effects by earthquakes. Generally, instant temperature increase is associated with a nearby earthquake or swarm activity. It decreases gradually afterwards. All cases of temperature increase following an earthquake occurred when JMA intensity at Ajiro Meteorological Station by the earthquake was three or larger. A few cases of the effect due to distant earthquakes such as 1994 Hokkaido-Toho-Oki (M 8.2) have also been found. Thus, temperature increase may not be due to direct effects by strain change underground but rather due to the ground shake. However, on the other hand, many cases of nearby earthquakes that causes JMA intensity 3 or more have not caused temperature increase.

Key words : Hot spring, Temperature change

はじめに

伊東市宇佐美の 24 号泉と呼ばれる温泉井戸の温度が黒川義男氏および西尾博道氏によって 1970 年代始めから計測されてきた。1978 年 1 月の伊豆大島近海地震やその頃から始まった群発地震の際に、この温泉の温度が変化することが報告されていた(黒川, 私信)。特に、1980 年 6 月 29 日に発生した伊豆半島東方沖地震に際しては、その前後に大きな水温変化が観測された(なまずの会水位観測班, 1980; 茂木, 1982)。そこで、この温度変化がどのように推移していくのか、また、そのメカニズムは何かなどを調べる目的で、地震研究所では 1980 年頃より黒川氏から計測データを入手して調査を行ってきた。

当初は棒状温度計による 1 日 1 回の読取観測であったが、その後 1982 年 5 月の群発地震をきっかけとして、サー

ミスタによる高精度連続観測を開始した。1980 年代までの記録については、茂木ほか(1983 a, b)、東京大学地震研究所・宇佐美温泉供給会社、(1989, 1990)や Mogi *et al.* (1989) によって報告されている。今回はそれ以後の 1990~2003 年の読取観測の記録について紹介する。

観測システム

本報告で述べられる宇佐美 24 号泉は、静岡県伊東市宇佐美の宇佐美温泉供給会社の敷地内にある深さ約 600 m の自噴泉であり、1970 年代始め頃から温度測定が行われていた。図 1 に温泉の位置を、図 2 に現地の様子を示す。測定は 1 日 1 回 8 時の定時測定で棒状温度計を用い、精度(読取分解能)は 0.1°C 程度である。読み取った温度は 1 ヶ月につき 1 枚のグラフ用紙に描かれ、伊東市役所を通じて本所へ毎月 1 回 Fax 送信されてきた。送信されたグラフ用紙から温度を読み取り、Microsoft 社 Excel ソフトウェアに入力してデータベース化した。

1982 年 5 月の伊豆半島東部の群発地震を契機として、サーミスタによる連続観測が温度計による読取観測と並行して始められた。サーミスタは深さの異なる 3 地点に設置され、チャート紙に連続記録されている。精度は 0.01°C と

2004 年 9 月 13 日受付, 2004 年 11 月 14 日受理.

† h-mochi@eri.u-tokyo.ac.jp

* 東京大学地震研究所技術部技術開発室,

** 地震予知研究推進センター.

* Laboratory for Technical Support and Development,

** Earthquake Prediction Research Center, Earthquake Research Institute, The University of Tokyo.

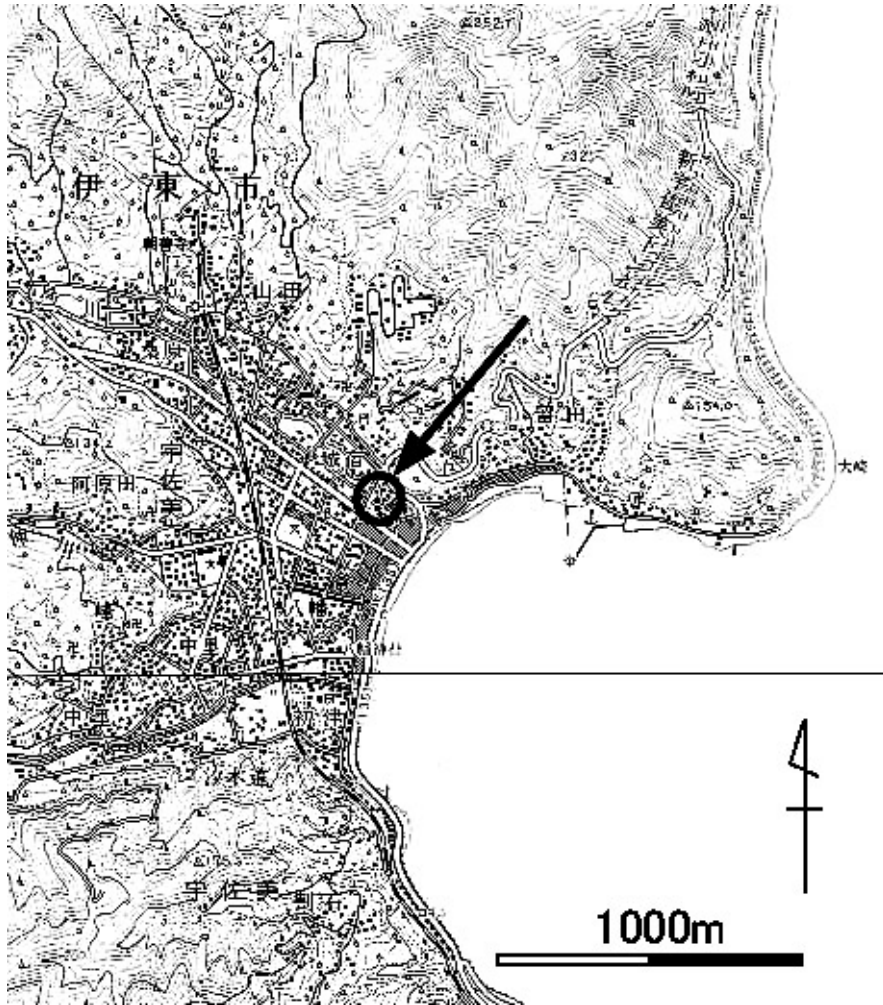


図 1. 宇佐美 24 号泉の位置。東西の線は北緯 35 度（東京測地系）の緯線を示す。



図 2. 宇佐美 24 号泉の現況。左側の小さな小屋に源泉の井戸がある。

されている。現在ではこの連続観測記録は一部テレメータによって本所に送られている。本報告では、その後も続けられてきた読み取りによる水温計測の結果についてのみ報告する。

観測データ

図 3 は 1990 年 1 月から 2003 年 8 月までの温度変化を示す。長期的に見た場合、水温は 62.5℃～65℃ の範囲で、上昇・低下を繰り返しながら次第に上昇しつつあることが見て取れる。1991 年 12 月に急激な温度低下が見られるが、前月と比較するとちょうど 1 度のステップであり、読み取りあるいはチャート記入時の誤りとも考えられる。類似の温度低下は 1998 年 5 月にも見られる。また、2001 年から 2002 年に移る際に温度のジャンプが見られるがこの原因も明らかではない。

より短期的な温度の上昇や低下のパターンには明らかに群発地震と関連しているように見えるものがあるので、次節でそれらの事例を紹介する。時間軸を拡大して見た記録にはスパイク状の変化も見られるが温度計の読取誤差や低い分解能に起因するものも多く、ここではそのようなスパイク状の変化については触れない。サーミスタを用いた連続観測データでは 1 時間程度の短時間のパルス状変化が観

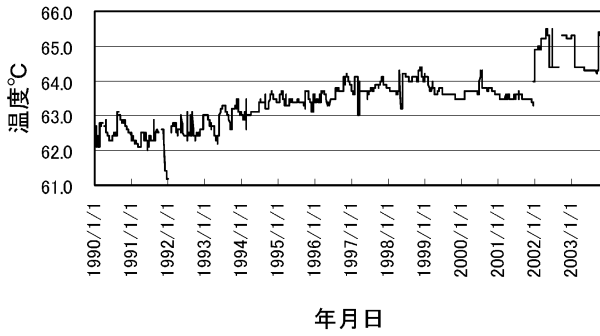
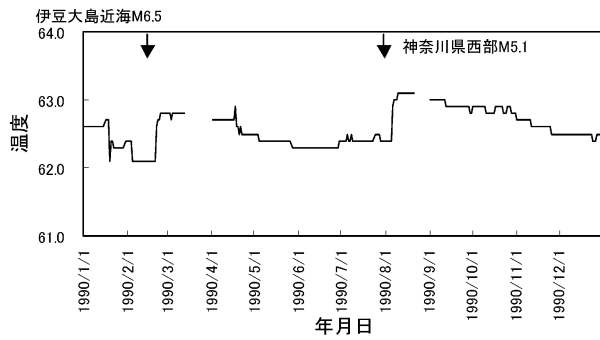


図 3. 宇佐美 24 号泉の温度変化。1990 年 1 月 1 日～2003 年 12 月 31 日。一日 1 回の棒状温度計の読取値。

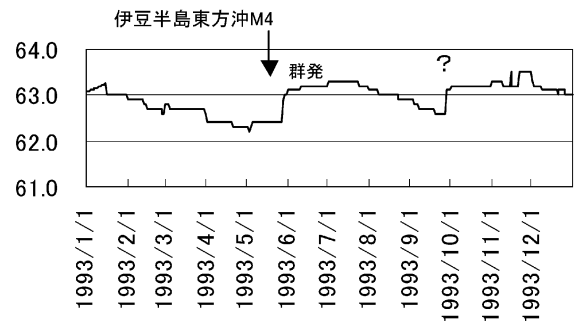
察されているほか、顕著な潮汐の影響も認められている (茂木ほか, 1983 a, b ; Mogi *et al.*, 1989)。

地震に伴う水温変化

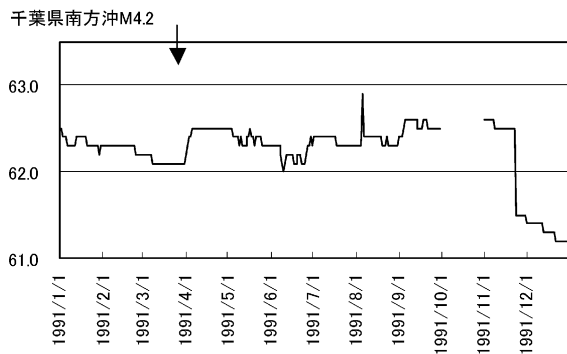
この温泉では、近傍で発生した地震と共に温度が数日のうちに急激に上昇し、その後数ヶ月かけてゆっくりと低下するという現象が一般的に観察されている。図 4 (a)～(n) に 1990 年から各年毎の水温変動を示す。図中には、地震に関連したと思われる特長的なパターンを示した事例について、その地震発生日をもあわせて示してある (注: 矢印位



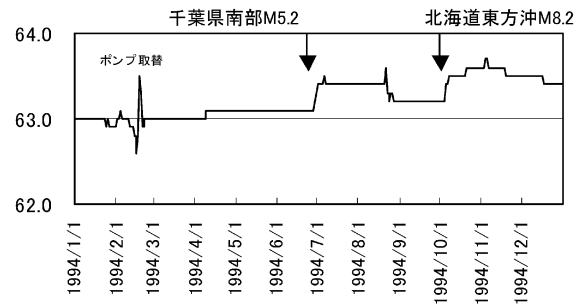
(a) 1990 年 1 月 1 日～12 月 31 日



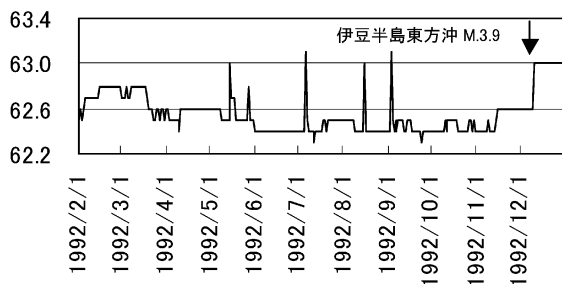
(d) 1993 年 1 月 1 日～12 月 31 日



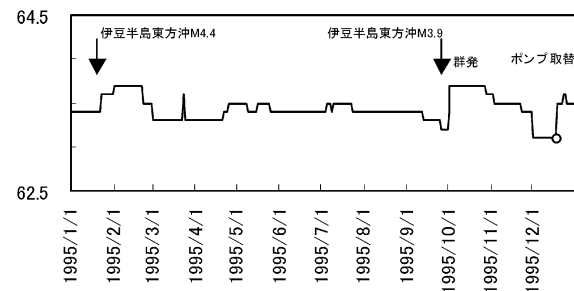
(b) 1991 年 1 月 1 日～12 月 31 日



(e) 1994 年 1 月 1 日～12 月 31 日

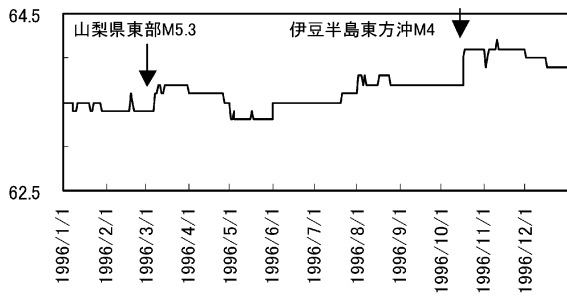


(c) 1992 年 1 月 1 日～12 月 31 日



(f) 1995 年 1 月 1 日～12 月 31 日

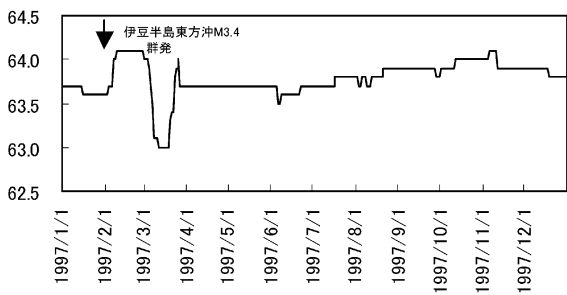
図 4. 宇佐美 24 号泉の温度変化



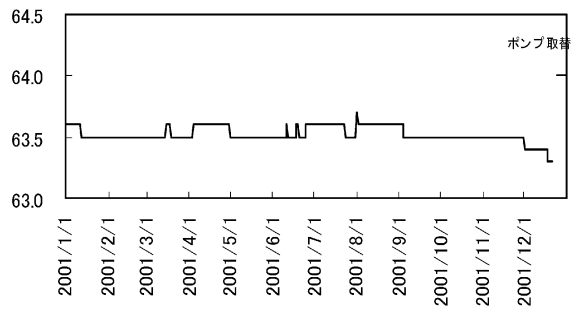
(g) 1996年1月1日~12月31日



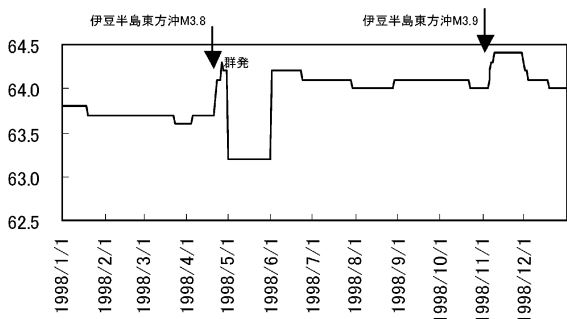
(k) 2000年1月1日~12月31日



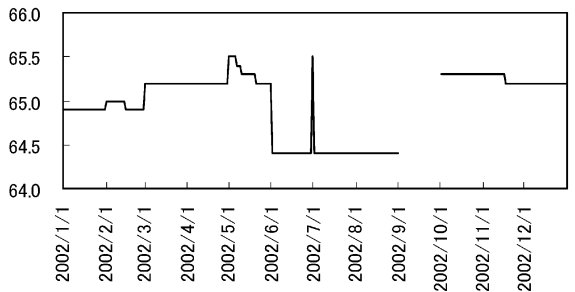
(h) 1997年1月1日~12月31日



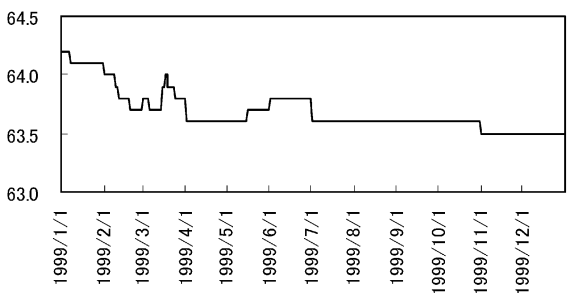
(l) 2001年1月1日~12月31日



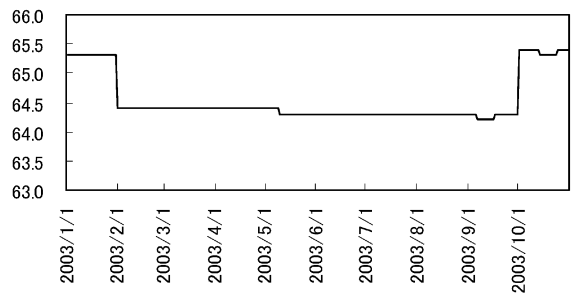
(i) 1998年1月1日~12月31日



(m) 2002年1月1日~12月31日



(j) 1999年1月1日~12月31日



(n) 2003年1月1日~12月31日

図 4. (つづき)

表 1. 網代測候所における震度 3 以上の地震と温度変化の有無

No.	発現時(年月日)	発現時(時分秒)	震央地名	北緯	東経	深さ	Mag	熱海市網代 震度	温度変化 の有無	備考
1	1990/2/20	15:53:39	伊豆大島近海	34 45.6'	139 14.0'	5.8	6.5	3	○	
2	1990/8/5	16:13:02	神奈川県西部	35 12.4'	139 05.7'	13.6	5.1	3	○	
3	1991/4/1	1:45:03	千葉県南方沖	34 55.0'	139 45.8'	41.9	4.2	3	○	
4	1991/4/25	7:12:04	静岡県中部	35 03.5'	138 12.3'	32.3	4.9	4		
5	1991/11/19	17:24:02	東京湾	35 36.3'	140 01.5'	81.2	4.9	3		
6	1992/2/2	4:04:05	東京湾	35 13.6'	139 47.5'	92.3	5.9	3		
7	1992/4/10	23:31:29	東京都23区	35 42.4'	139 37.8'	89	4.9	3		
8	1992/10/4	10:13:23	伊豆大島近海	34 51.5'	139 38.6'	31.2	4.6	3		
9	1992/12/10	18:09:43	伊豆半島東方沖	34 57.5'	139 09.7'	3.1	3.9	3	○	
10	1993/1/11	2:58:15	伊豆半島東方沖	34 55.4'	139 11.1'	5	3.7	3		群発地震
11	1993/1/11	5:33:02	伊豆半島東方沖	34 55.2'	139 10.2'	2.6	3.5	3		群発地震
12	1993/5/21	11:36:37	茨城県南部	36 02.5'	139 54.0'	60.8	5.3	3		
13	1993/5/27	23:53:13	伊豆半島東方沖	34 57.9'	139 08.0'	3	4	3	○	群発地震
14	1993/5/30	16:07:40	伊豆半島東方沖	34 58.7'	139 08.1'	5.8	3.5	3		群発地震
15	1993/5/31	0:20:43	伊豆半島東方沖	34 58.1'	139 07.3'	3.7	3.9	3		群発地震
16	1993/5/31	4:09:37	伊豆半島東方沖	34 58.5'	139 07.9'	3.3	3.9	3		群発地震
17	1993/5/31	15:12:56	伊豆半島東方沖	34 58.5'	139 07.7'	2.8	4.8	4		群発地震
18	1993/5/31	16:28:24	伊豆半島東方沖	34 58.0'	139 08.0'	2.5	3.5	3		群発地震
19	1993/5/31	17:57:56	伊豆半島東方沖	34 58.4'	139 07.2'	3.4	3.6	3		群発地震
20	1993/6/1	6:02:04	伊豆半島東方沖	34 59.3'	139 10.4'	6.8	3.9	3		群発地震
21	1993/6/1	9:45:03	伊豆半島東方沖	34 59.7'	139 11.6'	5.8	4.1	3		群発地震
22	1993/6/1	9:47:57	伊豆半島東方沖	34 58.9'	139 10.7'	6	3.5	3		群発地震
23	1993/6/1	12:03:37	伊豆半島東方沖	34 59.1'	139 11.2'	2.6	3.8	3		群発地震
24	1993/6/2	18:37:27	伊豆半島東方沖	34 58.3'	139 07.2'	3.4	3.8	3		群発地震
25	1993/6/2	18:55:29	伊豆半島東方沖	34 58.3'	139 07.7'	3	3.8	3		群発地震
26	1993/6/3	3:19:32	伊豆半島東方沖	34 58.8'	139 07.3'	3.5	4.2	4		群発地震
27	1993/7/26	3:29:42	伊豆半島東方沖	34 58.1'	139 09.7'	3.8	3.8	3		
28	1993/10/12	0:54:20	東海道沖	32 01.5'	138 14.6'	390.7	7.1	3		
29	1994/6/29	11:01:58	千葉県南部	34 57.1'	139 52.9'	60	5.2	4	○	
30	1994/10/4	22:22:56	北海道東方沖	43 22.3'	147 40.7'	28	8.2	3	○	
31	1994/10/25	15:06:17	神奈川県西部	35 10.7'	138 59.2'	3.9	4.9	3		
32	1995/1/1	5:52:26	千葉県西北部	35 37.50'	140 06.46'	77.33	4.8	3		
33	1995/1/7	21:34:39	茨城県南部	36 17.91'	139 58.83'	71.49	5.4	3		
34	1995/1/22	17:01:27	伊豆半島東方沖	34 53.45'	139 16.16'	14.38	4.4	3	○	
35	1995/4/18	20:26:25	駿河湾	35 03.70'	138 35.34'	24.13	4.5	3		
36	1995/7/3	8:53:23	相模湾	35 09.79'	139 34.06'	122.06	5.2	4		
37	1995/9/30	9:11:28	伊豆半島東方沖	34 57.81'	139 09.28'	3.14	3.9	3	○	群発地震
38	1995/10/1	11:42:46	伊豆半島東方沖	34 58.35'	139 09.23'	4.85	4.5	4		群発地震
39	1995/10/1	20:48:04	伊豆半島東方沖	34 56.61'	139 09.37'	0	4.5	3		群発地震
40	1995/10/2	1:06:43	伊豆半島東方沖	34 58.05'	139 08.97'	5.67	3.7	3		群発地震
41	1995/10/4	17:05:17	伊豆半島東方沖	34 57.87'	139 08.15'	4.25	3.8	3		群発地震
42	1995/10/4	19:47:11	伊豆半島東方沖	34 57.77'	139 08.21'	1.52	3.8	3		群発地震
43	1995/10/4	22:57:27	伊豆半島東方沖	34 57.91'	139 08.45'	2.75	3.8	3		群発地震
44	1995/10/10	17:00:37	伊豆半島東方沖	34 58.01'	139 11.03'	7.08	3.7	3		群発地震
45	1996/2/17	0:22:58	福島県沖	37 18.38'	142 33.07'	58	6.8	3		
46	1996/3/6	23:35:28	山梨県東部	35 28.36'	138 57.05'	19.59	5.3	3	○	
47	1996/9/11	11:37:14	千葉県東方沖	35 38.13'	141 13.21'	51.99	6.4	3		
48	1996/10/16	22:58:57	伊豆半島東方沖	34 58.49'	139 07.11'	4.12	4	3	○	群発地震
49	1997/2/8	17:28:22	伊豆半島東方沖	35 01.74'	139 05.75'	3.06	3.4	3	○	群発地震
50	1997/3/3	14:20:14	伊豆半島東方沖	34 57.27'	139 09.54'	3.84	3.8	3		群発地震
51	1997/3/3	20:10:59	伊豆半島東方沖	34 57.43'	139 10.96'	3.88	4.4	3		群発地震
52	1997/3/3	23:09:43	伊豆半島東方沖	34 57.40'	139 09.66'	0.14	5.3	4		群発地震
53	1997/3/4	0:30:22	伊豆半島東方沖	34 57.68'	139 10.46'	0	4.7	4		群発地震
54	1997/3/4	10:24:53	伊豆半島東方沖	34 57.74'	139 11.08'	3.17	3.5	3		群発地震
55	1997/3/4	12:51:27	伊豆半島東方沖	34 57.14'	139 10.37'	2.64	5.7	4		群発地震
56	1997/3/4	23:28:23	伊豆半島東方沖	34 57.22'	139 10.07'	1.92	3.7	3		群発地震
57	1997/3/5	22:43:28	伊豆半島東方沖	34 57.51'	139 09.49'	3.26	4.3	3		群発地震
58	1997/3/7	2:36:09	伊豆半島東方沖	34 57.60'	139 09.66'	2.51	3.9	3		群発地震
59	1997/3/7	7:29:58	伊豆半島東方沖	34 57.68'	139 08.96'	5.07	3.6	3		群発地震
60	1997/3/7	16:33:21	伊豆半島東方沖	34 57.99'	139 09.02'	1.45	4.5	4		群発地震
61	1997/3/7	21:35:47	伊豆半島東方沖	34 57.61'	139 09.07'	1.17	-	4		群発地震
62	1997/3/8	23:53:21	伊豆半島東方沖	34 57.59'	139 09.94'	2.65	4	3		群発地震
63	1997/3/16	14:51:39	愛知県東部	34 55.49'	137 31.69'	39.12	5.8	3		
64	1997/3/23	14:58:55	茨城県南部	35 57.93'	140 06.62'	71.46	5	3		
65	1997/8/21	5:54:43	伊豆半島東方沖	35 01.39'	139 06.44'	5.22	3.5	3		
66	1997/9/8	8:40:38	東京湾	35 33.28'	140 00.32'	108.59	5.2	3		
67	1998/1/14	2:17:07	千葉県西北部	35 36.79'	140 14.17'	77.98	4.9	3		
68	1998/4/21	14:11:34	伊豆半島東方沖	34 57.52'	139 09.65'	7.42	3.8	3	○	群発地震
69	1998/4/21	19:27:51	伊豆半島東方沖	34 57.52'	139 10.99'	5.99	4.1	3		群発地震
70	1998/4/22	4:41:49	伊豆半島東方沖	34 57.10'	139 11.45'	6.05	4	3		群発地震
71	1998/4/22	10:40:55	伊豆半島東方沖	34 57.15'	139 11.16'	6.79	4.1	3		群発地震
72	1998/4/22	17:49:57	伊豆半島東方沖	34 57.06'	139 11.53'	7.24	4.1	3		群発地震
73	1998/4/25	18:34:10	伊豆半島東方沖	34 57.27'	139 13.79'	7.41	4.1	3		群発地震
74	1998/4/26	7:37:36	伊豆半島東方沖	34 57.60'	139 10.60'	6.09	4.7	4		群発地震
75	1998/4/26	15:03:45	伊豆半島東方沖	34 58.65'	139 11.19'	3.13	4.4	4		群発地震
76	1998/4/26	22:02:59	伊豆半島東方沖	34 56.88'	139 11.46'	6.78	4	3		群発地震
77	1998/4/27	6:09:21	伊豆半島東方沖	34 57.32'	139 11.71'	9.23	4.5	3		群発地震
78	1998/5/3	10:59:27	伊豆半島東方沖	34 57.53'	139 11.06'	5.76	4.1	3		群発地震
79	1998/5/3	11:09:05	伊豆半島東方沖	34 57.44'	139 10.74'	4.72	5.7	4		群発地震
80	1998/8/29	8:46:42	東京湾	35 37.78'	140 01.96'	64.6	5.1	4		
81	1998/11/6	7:26:31	伊豆半島東方沖	35 00.83'	139 08.16'	8.36	3.9	3	○	
82	1998/11/8	21:40:44	東京湾	35 37.62'	140 02.51'	79.96	4.5	3		
83	1999/9/13	7:56:46	千葉県西北部	35 35.66'	140 09.79'	75.81	4.9	3		
84	2001/4/3	23:57:12	静岡県中部	35 01.25'	138 05.84'	30.34	5.1	3		
85	2001/6/1	0:41:45	静岡県中部	34 59.47'	138 06.63'	30.27	4.8	3		
86	2002/5/19	5:00:18	千葉県西北部	35 38.51'	140 12.96'	72.31	4.6	3		
87	2003/5/12	0:57:06	茨城県南部	35 51.94'	140 05.34'	46.87	5.2	3		
88	2003/8/18	18:59:40	千葉県西北部	35 48.02'	140 06.73'	69.18	4.6	3		

置は必ずしも正確でない). 通常の雑音の振幅 (約 0.5°C) と同じ程度の振幅を示すものが多く, 地震と直接関係しているかどうか判断できないようなものもあるが, 変化のパターン (急激な温度上昇とゆるやかな回復) が似ているものについてはすべて示してある.

表1は本報告の期間に網代測候所で震度3以上を記録した地震のリストであり, その中で地震後に水温変化を記録した事例を丸印で示してある. 約10年間の報告期間内に認められた水温変化の事例は14例である. 水温変化が現れた地震は伊豆半島近傍で発生した場合が多いが, 中には, 図4(e)に示されている1994年10月4日の北海道東方沖地震 ($M 8.2$) のように, 震央距離が2,000 km以上離れた地震でも変化の現れた場合がある. 逆に, 網代で震度2以下であったような地震については, ここで示したような水温変化はなかった.

1997年の2月から3月にかけて見られる水温変化は, 上で述べたような一般的に見られる変化とは異なる水温変化の推移を示していて興味深い (図4(h)). 図5に1997年2~3月の水温変化を時間軸を拡大して示す. この時は, まず同年2月8日に通常の伊東市沖とは異なる網代南方沖 (宇佐美の北方) で群発地震活動が始まった. 震源の深さは3~5 km程度と比較的浅いものであった (気象庁, 1997). 宇佐美の水温はこの群発活動の1日前頃から上昇を示した. その後, 群発活動は小規模で収まったように見えたが, 3月に入ると今度は伊東市沖で群発活動が始まった. この時には, 通常とは異なり, 宇佐美の水温は急激に 1°C 以上も低下した. この低下は, 3月終わり頃の群発活動の収束と共に急速に回復した. 水温変化が地下の泉源における湧出量

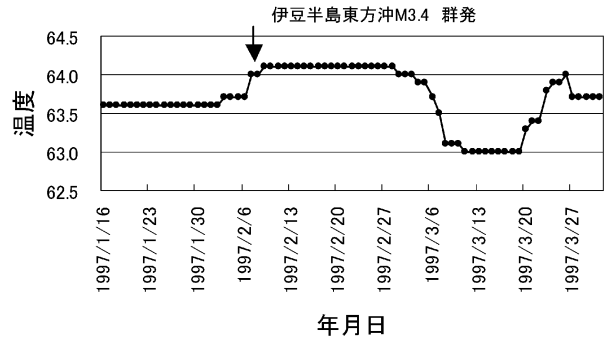


図5. 1997年2~3月の宇佐美24号泉の温度変化.

の変化に関係しているとする, この急激な低下は湧出速度が急速に低下したためである可能性がある. 1980年の伊豆半島東方沖地震に際しては, 地震時に自噴が停止した例が知られているが, 1997年の場合もこれと似たことが起こったのかもしれない. 3月の群発では比較的大きな最大 $M 5.7$ をはじめとする $M 5$ クラスの地震が発生しており, そのメカニズムが1980年の地震と似ていることと調和的と考えられる. また, 本報告以前の記録であるが, 1989年7月の伊東市沖の活動においても, 7月4日から活発化した群発活動に伴っていったん水温は上昇し, 7月7日の $M 5.2$ の地震直前から急激な低下が見られた (東京大学地震研究所・宇佐美温泉供給会社, 1990).

地震の発生前に水温が変化した事例がいくつかあるが, 最も顕著な例は, この宇佐美24号泉の1980年伊豆半島東方沖地震 ($M 6.7$) に際してのものであろう (図6) (例えば, 茂木, 1982). 本地震発生前の25日の群発地震開始と

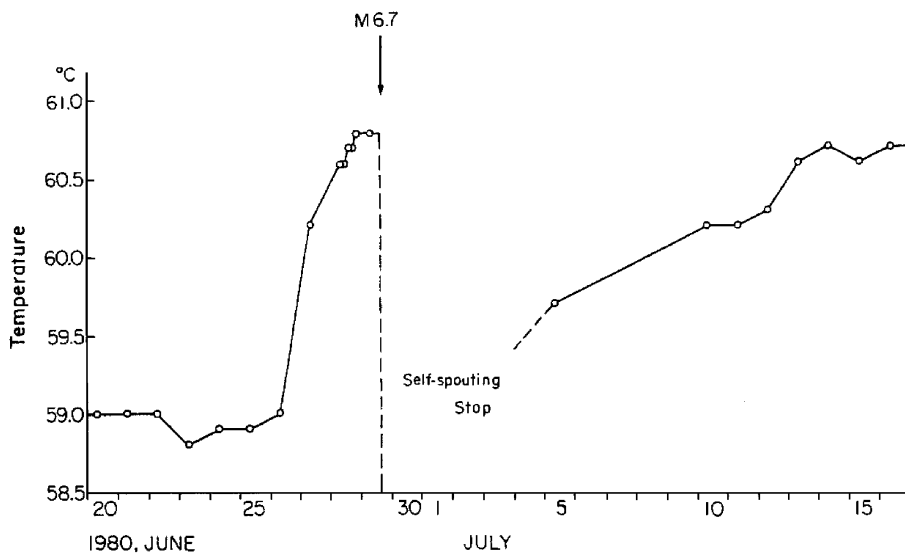


図6. 1980年伊豆半島東方沖地震 ($M 6.7$) 前後の宇佐美24号泉の温度変化 (Mogi *et al.*, 1989).

共に水温が上昇をはじめ、地震発生直前までに 2°C 程度上昇した。この変化については茂木 (1982) や Mogi *et al.* (1989) に詳しい説明があるので省略するが、少なくとも、本報告期間内に発生した地震については、これと同程度の大きな水温変化を記録した事例はない。なお、伊東市赤沢 6 号泉で実施されている地質調査所による水温計測でも地震後の水温上昇が認められている (地質調査所, 1981, 1989)。

議 論

地震発生後に見られる水温変化は、前節でも述べたように、地震発生と同時に急激に温度上昇が始まり、数日後にはそれが反転してゆるやかに低下してゆき、通常に回復するという経過をたどっている。地震直後の水温上昇は、地下の泉源における何らかの物理的変化によって湧出量が多くなり、湧出速度が大きくなることによって地表への移動に伴う温度低下が減少することによるものと考えられる。このような変化を引き起こす原因が広域のテクトニックな原因によるものなのか、局所的な擾乱によるものなのか、は興味深い問題である。

水温上昇を引き起こす地震は近傍に発生するものが多いが、1991 年千葉県南方沖や 1994 年北海道東方沖などの遠地の地震で発生している場合もある。このような遠地の地震による直接的な静的弾性ひずみ変化は無視しうほど小さいと考えられるので、そのような静的ひずみ変化がなんらかの地下泉源の物理的変化を引き起こした原因とは考えられない。従って、広域的な原因というよりは局所的に、ダイナミックな地震動により泉源に擾乱が与えられたことが原因と考えるのが妥当であろう。ところが一方、網代で震度 3 以上を記録したような地震でも、水温変化が検出されない場合も多い。従って、単純に、ある程度以上の震動が与えられれば必ず湧出速度変化とそれに伴う水温上昇を引き起こすとは限らない。

水温変化を引き起こす真のメカニズムは、単に温度変化を計測しているだけではわからず、他の各種物理化学的計測を併用しないと解明は難しいであろう。例えば水位の変化については近傍の地震による体積ひずみ変化でよく説明できると考えられている (例えば、小泉ほか, 2003)。1980 年伊豆半島東方沖地震の際に自噴が一時停止したが、これは、この地震が南北走向の断層面に沿っての左横ずれ運動であったため宇佐美付近では体積ひずみが正、すなわち空隙が拡大するような変形があったので水位が低下したと考えれば説明がつく。しかし、水温の変化は局所的な震動によって引き起こされると考えられる場合も多いが、震度が大きくても水温の変化が現れない場合も多いことから、水位の変化の場合に適用される単純な力学的なモデルでは説明できない場合がある。実際は、近傍の地震による直接的

な弾性応答に伴う地殻ひずみ変化によるものと、泉源近傍の震動による擾乱に起因する湧出量変化の両方の影響が合わさっているのであろう。また、そのような地震動が与えられるまで地下深部から浅部に上昇してくる (あるいは周囲から流れ込む) 流体によって時々刻々変化する泉源の物理的・化学的状態や周囲の岩盤との相互作用なども水温変化の重要な要素であるのかもしれない。今後、より詳細な地下泉源の挙動や周囲の岩盤との相互作用についてのメカニズムの探求が望まれる。

本報告は、より詳細なメカニズム解明のための基礎資料を提供するものと考えたい。一方、長期的な水温上昇の原因は、自噴が停止したあとにポンプによる汲み上げが始まったことがその原因ではないかと考えられる。強制的な地下泉源の汲み上げにより、より高温の温泉が吸い上げられるために水温が上昇するのであろう。

結 論

1990 年 1 月～2003 年 12 月の伊東市宇佐美 24 号泉の水温読み取り値について報告した。現地で震度 3 以上となるような地震のうち 14 例について、地震後の水温の急激な上昇とゆるやかな回復が見られた。このような典型的な地震の際の水温変化が見られる一方、1997 年 2～3 月の群発地震に際しては急激な水温の低下も観測された。温泉の水温の変化は地震に伴って温泉源の湧出速度が変化するためと考えられるが、本報告では、それがどのような原因によるものか、明確な結論は得られなかった。

伊東市近傍の地震活動は火山性のものと考えられており、地下のマグマの挙動を理解することはこの地域の火山噴火の予測にも重要と考えられる。地下でのマグマの挙動の変化やダイナミクスは地表近傍のひずみや応力の変化をもたらしとされるが、それが何らかの物理的・化学的過程を経て水温変化として現れると考えるならば、このような宇佐美における温泉の水温変化を他の様々な観測と共に継続して監視することは、今後も極めて重要であろう。

謝 辞：1970 年代始めより温泉の温度を長期にわたって計測してこられた宇佐美温泉供給会社の黒川義男氏 (故人)、西尾博道氏、及び地震研究所に毎月読み取り記録を Fax にて送信して下さった伊東市役所生活安全課の方々々に謝意を表す。また、原稿を見ていただき有益なコメントをしていただいた吉田真吾助教授に感謝する。

文 献

- 地質調査所, 1981, 1980 年伊豆半島東方沖地震と地下水温, 水温の変化, 地震予知連絡会会報, 25, 148-153.
地質調査所, 1989, 伊東市赤沢 6 号泉の水温・自噴量変化, 地震予知連絡会会報, 41, 319-322.
気象庁地震予知情報課, 1997, 伊豆半島およびその周辺の地震活動, 地震予知連絡会会報, 58, 229-238.

- 小泉尚嗣・松本則夫・北川有一・大谷 竜・佐藤 務・高橋 誠, 2003, 東海地域における地下水位変化と地殻変動との比較研究, 月刊地球号外, No. 41, 49-54.
- 茂木清夫, 1982, 日本の地震予知, サイエンス社, 234-237.
- 茂木清夫・望月裕峰・黒川義男, 1983 a, 伊豆半島宇佐美の自噴泉の温度変化 (1), 地震予知連絡会会報, **29**, 171-172.
- 茂木清夫・望月裕峰・黒川義男, 1983 b, 1983 年 1 月伊豆半島東方沖群発地震のハイドロホンによる観測及び宇佐美自噴泉の温度測定, 地震予知連絡会会報, **30**, 158-159.
- Mogi, K., H. Mochizuki and Y. Kurokawa, 1989, Temperature changes in an artesian spring at Usami in the Izu Peninsula (Japan) and their relation to earthquakes, *Tectonophysics*, **159**, 95-108.
- なまずの会水位観測班, 1980, 伊豆半島東方沖地震とその前兆水位変化, 神奈川県温泉地学研究所報告, **12**, 1-9.
- 東京大学地震研究所・宇佐美温泉供給会社, 1989, 1988 年 7 月～8 月の伊豆半島東方沖群発地震に伴う宇佐美 24 号泉の温度変化 (1951 年～1987 年), 地震予知連絡会会報, **41**, 316-318.
- 東京大学地震研究所・宇佐美温泉供給会社, 1990, 1989 年 7 月の伊東沖群発地震・海底噴火に伴う温泉の変化, 地震予知連絡会会報, **43**, 290-299.