

神奈川県西部地域における地震研究用の泉温観測（1996～1999年）

棚田俊收*、大山正雄*

Thermal water temperature observation for earthquake studies in western Kanagawa Prefecture

by

Toshikazu TANADA* and Masao OHYAMA*

1. はじめに

神奈川県西部地域の地震活動と温泉の温度（泉温）変化との関係を調査するために、箱根ならびに湯河原、中川、厚木市七沢、鶴巻の5ヶ所で泉温連続観測を1996（平成8）年より開始した（大山・棚田、1997；棚田・大山、1997）。これらの観測場所は、箱根火山や伊豆半島東方沖、丹沢山地の地震活動域に近接しているばかりではなく、近い将来M7クラスの地震発生が懸念されている「神奈川県西部地震」（石橋、1994）の発生想定域を取り囲んでいる。

本報告では、まず、観測地点の概況と観測方式について述べる。次に、得られた観測データをもとに泉温変化とその特徴について説明する。特に、泉温は湧出（揚湯）量や潮汐、気温、降雨量、気圧などの影響を受けて変化しやすい（脇田、1978；小泉ら、1995）。そこで、これらの要因と泉温との相関を調べた。潮汐についてはその周期性から、泉温との相関を判断した。気温や気圧との関係は数日から数ヶ月の時間的变化に着目した。また、降雨量に関しては、気象庁資料（神奈川県気象月報）を参考とした。湧出（揚湯）量については、連続観測がなされていないので、源泉使用者に対する聞き込み調査をたよりとした。

2. 観測地点の概要と泉温・気温観測方式

図1に泉温観測地点の位置、表1には観測点座標と観測方式を示した。写真1は温度センサー部である。

2.1. 箱根

箱根では、地表の噴気活動が活発な大涌谷の3ヶ所に温度センサーを取り付けた。

そのうち2ヶ所は冠ヶ岳の直下である。この場所は約3千年前に蒸気爆発した火口跡であり、周辺には湧泉が点在している。泉質は強酸性で、泉温は沸点に近い。温度センサーは、大涌谷の観光客に生玉子を温泉につけ「黒タマゴ」として販売に利用している湧泉（観測点名：玉子茶屋）と約20m南側に離れた湧泉（玉子茶屋上）に設置した（写真2）。センサーはサーミスタ式で、その精度は ± 0.2 、分解能は0.03である。また、地表では同時に気温を測定している。

測定はともに10分間隔に設定した。観測点付近には商用電源および電話回線がないため、データは小型記録器（ジェイエムエス社製、SR-1PLUS型）に蓄え、約2ヶ月ごとに回収した。

残り1ヶ所は大涌谷噴気地帯にある第48号源泉（蒸気井）に設置した（写真3）。この源泉は火山性蒸気を噴出する蒸気井で、深さは約500mである。温度センサーは地表部に設けられた蒸気槽の上部に取り付けた。温度センサーが高温用である以外は、玉子茶屋の観測方式と同形式である。

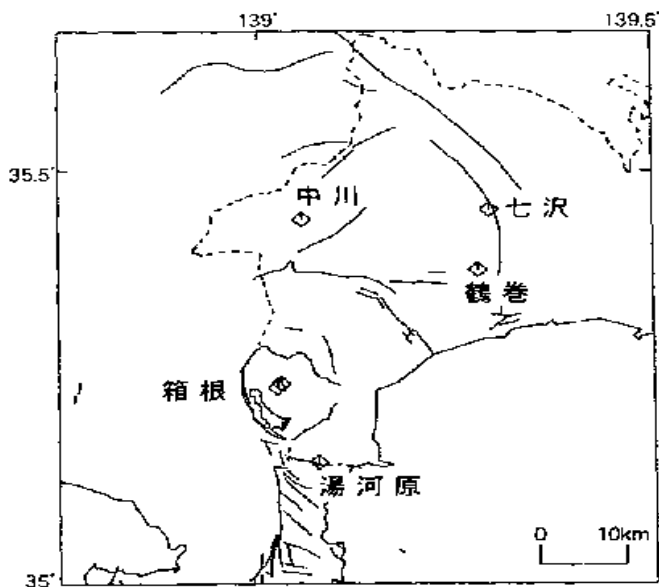


図1 泉温観測点分布
箱根（3泉温観測点）湯河原（2泉温観測点）中川（2泉温観測点）厚木七沢（1泉温観測点）鶴巻（1泉温観測点）

*神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 586
報告，神奈川県温泉地学研究所報告，第31巻，第2号，91-98，2000。

2.2. 湯河原

湯河原では、千歳川中流域の源泉（湯河原第22と28号）2ヶ所に温度センサーを取り付けた。この場所は湯河原火山の浸食カルデラの中心部にあたる。大木ほか（1983）によると、この温泉は、基盤岩である湯ヶ島層群中の割れ目から湧出していると考えられ、火山性温泉に分類される。

湯河原第22号源泉の深さは約363mである（写真4）、1985（昭和60）年の調査によれば揚湯量は72リットル/分、泉温は85.0、pHは8.0であった（神奈川県温泉地学研究所、1997）。温度センサーは揚湯している井戸頭の鉄管内に取り付け、その高さは地表面から約3mである。観測方式は箱根の湧泉と同じである。

湯河原第28号源泉の深さは約290mである（写真5）、1991（平成3）の調査では揚湯量は58リットル/分、泉温は81.4、pHは8.3であった（神奈川県温泉地学研究所、1997）。温度センサーは揚湯している井戸頭に取り付け、その高さは地表面とほぼ同じである。観測方式は箱根の湧泉と同じである。

なお、両源泉から揚湯された温泉は、観測期間中各宿泊施設で利用されていた。

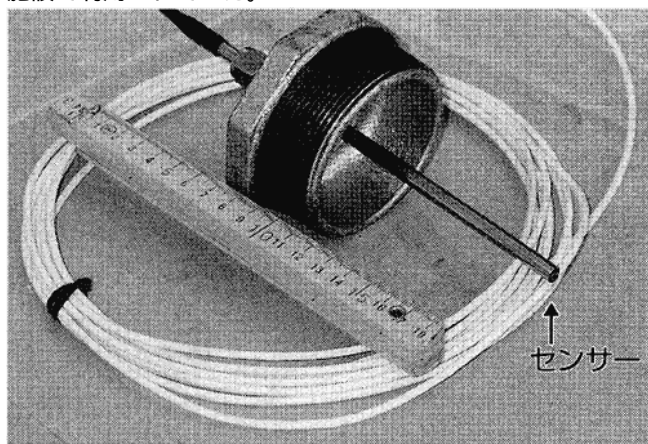


写真1 温度センサー部

2.3. 中川温泉

中川温泉では、河内川支流の湯ノ沢に位置する源泉2ヶ所に温度センサーを取り付けた。泉質はアルカリ性単純温泉で、泉温は25～40である。大木ほか（1967）によれば、この温泉の成因はマグマの貫入による熱水作用の名残と考えられ、非火山性の深層地下水型温泉に分類されている。

中川第4号源泉は自噴井で、その深さは約300mである（写真6）、1985（昭和60）年の調査では自噴量は56リットル/分で、泉温は39.6、pHは9.8であった（神奈川県温泉地学研究所、1997）。温度センサーは自噴している井戸中につり下げた。センサー深度は地表面から約4m下である。観測方式は箱根の湧泉と同じである。

中川第2号源泉は、中川4号源泉の250m下流に位置する（写真7）、井戸の深さは約288mで、自噴井である。1994（平成6）年の調査では自噴量は185リットル/分で、泉温は35.6、pHは9.6であった（神奈川県温泉地学研究所、1997）。温度センサーは自噴している井戸頭に取り付け、その高さはほぼ地表面に相当する。観測方式は箱根の湧泉と同じである。

表1 観測点座標と観測方式

観測点名	緯度	経度	標高(m)	観測方式
玉子茶屋	35°14'12.37"	139°01'18.45"	1078	JMS(泉温・気温)
玉子茶屋上	35°14'12.37"	139°01'18.45"	1078	JMS(泉温・気温)
大涌谷第48号源泉	35°14'29.62"	139°01'36.98"	932	JMS(泉温・気温)
湯河原第22号源泉	35°08'38.63"	139°04'27.80"	126	JMS(泉温・気温)
湯河原第28号源泉	35°08'45.55"	139°04'24.92"	126	JMS(泉温・気温)
中川第2号源泉	35°26'20.87"	139°03'08.26"	382	JMS(泉温・気温)
中川第4号源泉	35°26'24.19"	139°03'16.78"	383	JMS(泉温・気温)
厚木第11号源泉	35°27'10.19"	139°17'34.36"	106	JMS(泉温・気温)
秦野第17号源泉	35°22'43.03"	139°16'39.75"	21	JMS(泉温・気温)

JMS:SR-1 PLUS型

なお、両源泉から揚湯された温泉は、観測期間中各宿泊施設で利用されていた。

2.4. 厚木市七沢温泉

厚木市七沢温泉では、玉川上流部に温度センサーを取り付けた。観測点から約 1km 東には伊勢原断層が南北方向に延びている。泉温は 15~20 で、中川温泉と同様な非火山性の深層地下水型温泉である（大木ほか、1983）。

観測用の温度センサーを設置した厚木第 11 号源泉（写真 8）は自噴井で、その深さは 5m である。1923（大正 12）年関東大地震でかぶと岩と称される岩が崩れたのちに湧出した温泉とされている（山水楼所有者私信）。1993（平成 5）年の調査では自噴量は 5 リットル/分で、泉温は 17.5、pH は 10.0 であった（神奈川県温泉地学研究所、1997）。温度

センサーは自噴している井戸底に設置した。観測方式は箱根の湧泉と同じである。なお、自噴している温泉は、観測期間中宿泊施設で利用されていた。

2.5. 鶴巻温泉

鶴巻温泉の泉質はカルシウム・ナトリウム - 塩化物泉で、泉温は 20~40 である。非火山性化石海水型温泉と考えられている（大木ほか、1983）。

観測用の温度センサーを設置した秦野第 17 号源泉の深さは 500m で、自噴井である（写真 9）。1990（平成 2）年の調査では自噴量は 303 リットル/分で、泉温は 37.3、pH は 9.0 であった（神奈川県温泉地学研究所、1997）。温度センサーは自噴している井戸頭に取り付け、その高さは地表面から約 75cm である。観測方式は箱根の湧泉と同じ

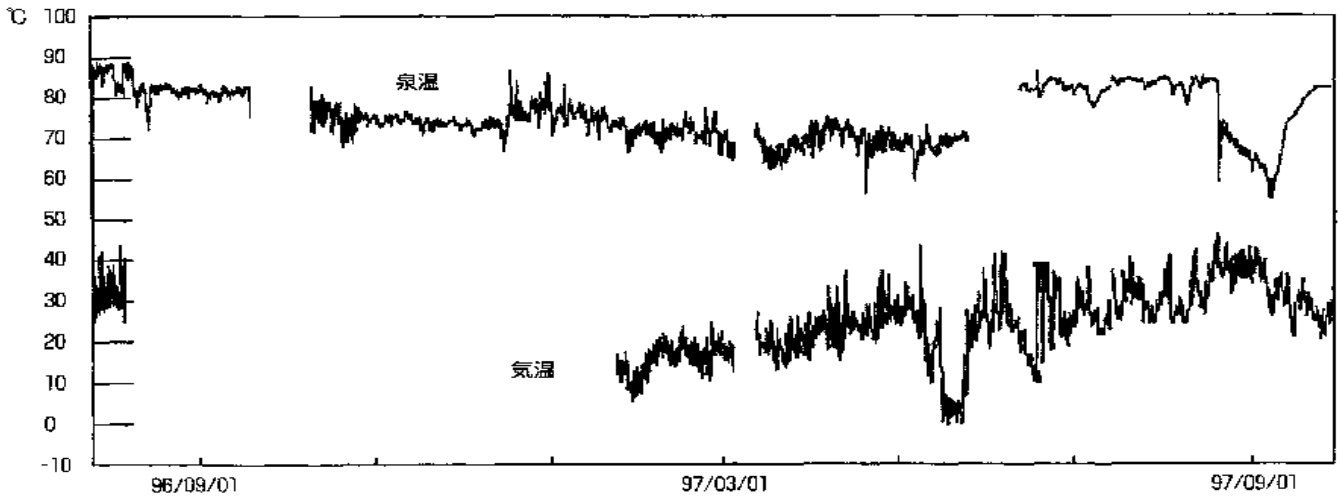


図2 観測点「玉子茶屋」の泉温変化（1996年7月26日～1997年9月30日）

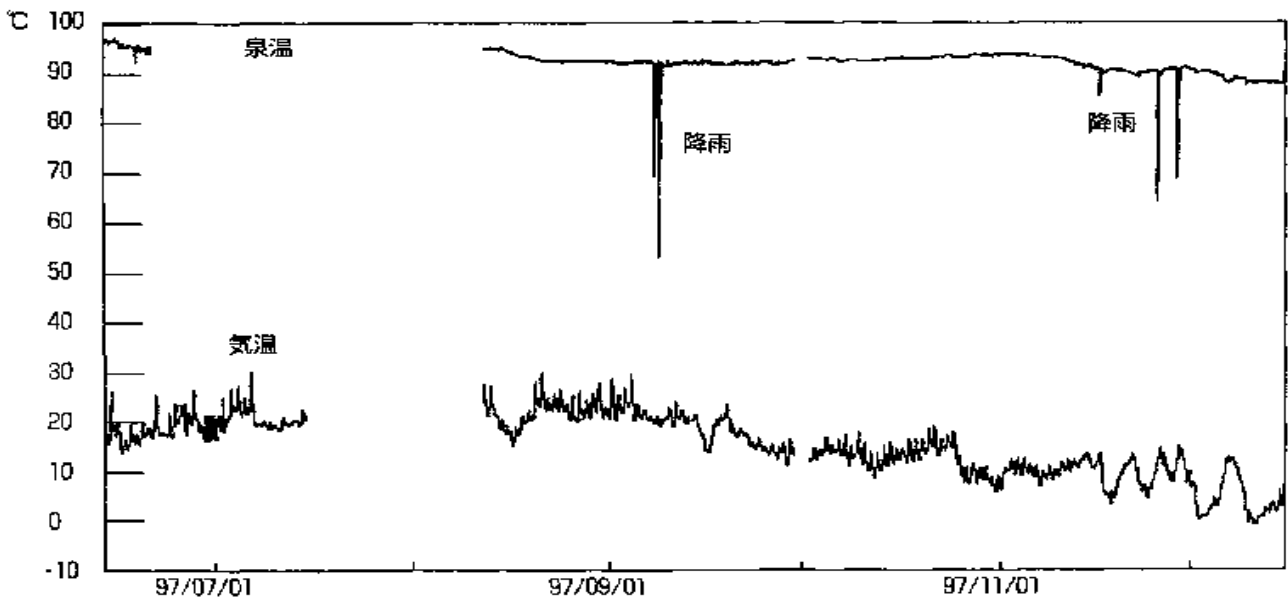


図3 観測点「玉子茶屋上」の泉温変化（1997年6月13日～同年12月16日）

である。なお、自噴している温泉は、1999（平成 11）年 11 月下旬までは宿泊施設で利用されていた。しかし、2000 年 2 月現在、宿泊施設の事情により揚湯は中止されている。

3. 観測結果

3.1. 箱根

【玉子茶屋】

観測した期間は、1996（平成 8）年 7 月 26 日から 1997（平成 9）年 9 月 30 日までの約 1 年である。観測期間中、温度は 92.4 から 97.1 の間で変化した（図 2）。顕著な泉温低下は降雨時または降雨に対応している。気温や潮汐と対応する泉温変化は認められなかった。同年 11 月以降、強酸性の熱水と火山ガスにより機器腐食のため、観測を停止した。

【玉子茶屋上】

観測した期間は、1997（平成 9）年 6 月 13 日から同年 12



月 16 日までの約半年である。観測期間中、泉温は 86 前後で変化した（図 3）。観測点玉子茶屋と同様に降雨時または降雨による泉温低下が観測されている。気温や潮汐と対応する泉温変化は認められなかった。1997（平成 9）年 10 月以降、強酸性の熱水と火山ガスによる機器損傷のため、観測を停止した。

【大涌谷第 48 号源泉】

観測した期間は、1996（平成 8）年 12 月 24 日から 1997（平成 9）年 7 月 25 日までの約 8 ヶ月である。観測期間中、蒸気温度は 166.1 から 171.0 の間で変化した。気



写真 3 大涌谷第 48 号源泉（矢印：センサー取付位置）

写真 2 観測点「玉子茶屋上」（矢印）

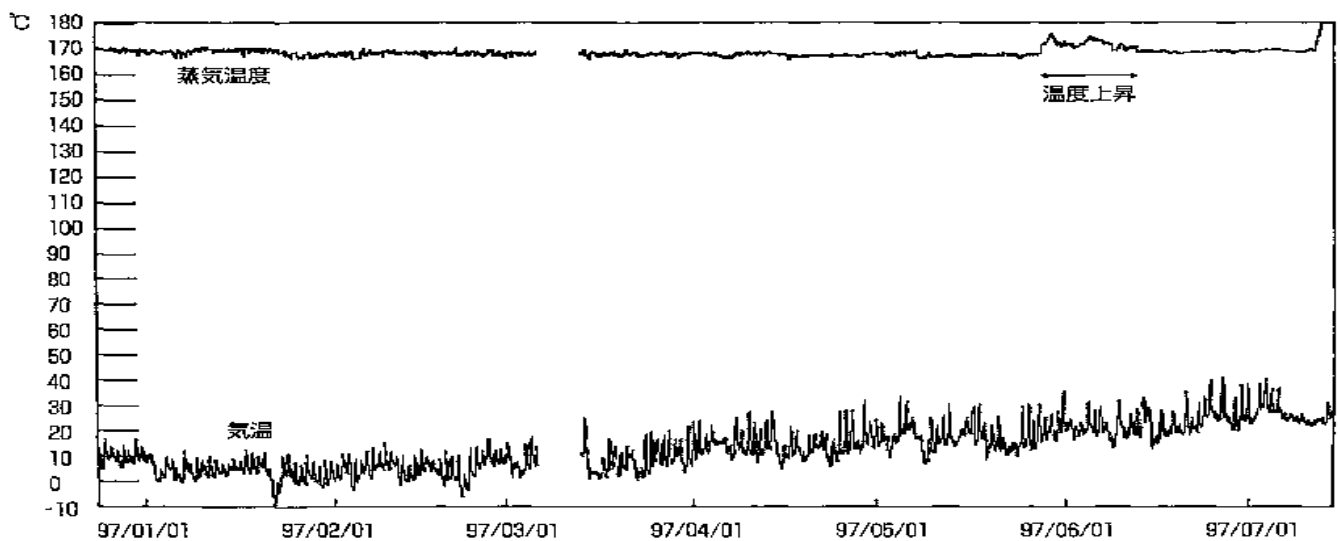


図 4 大涌谷第 48 号源泉の泉温変化（1996 年 12 月 24 日～1997 年 7 月 25 日）

温や潮汐と対応する泉温変化は認められなかった(図4)。5月下旬から6月上旬に約10度蒸気温度が上昇した。顕著な地震活動もなく、この温度上昇の原因は不明である。1997(平成9)年7月10日以降、高熱・強酸性の蒸気と火山ガスによる機器損傷のため、観測を停止した。

3.2. 湯河原

【湯河原第22号源泉】

図5に示した期間は、1997(平成9)年7月29日から1999

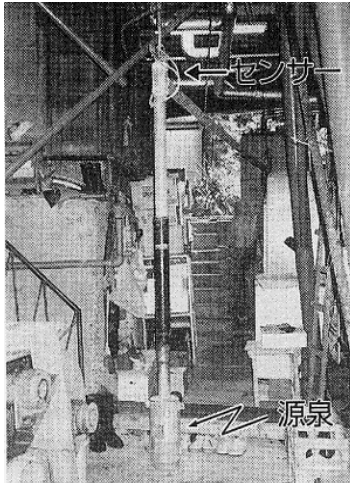


写真4 湯河原第22号源泉(矢印:センサー取付位置)

(平成11)年10月28日までの約2年間である。観測期間中、泉温は85前後で変化した。気温や降雨、気圧、潮汐に対応する泉温変化は認められなかった。ほぼ毎日みられる約10度の泉温低下は、井戸の点検によるものである。また、大きな泉温低下は、約1ヶ月ごとにおこなわれる井戸内の付着物除去のため揚湯が停止したことを示している。1998(平成10)年3月~1999(平成11)年2月までのデータ欠測は、センサー故障のために生じた。

【湯河原第28号源泉】

観測した期間は、1996(平成8)年12月24日から1998(平成10)年5月19日までの約2年半である。観測期間中、

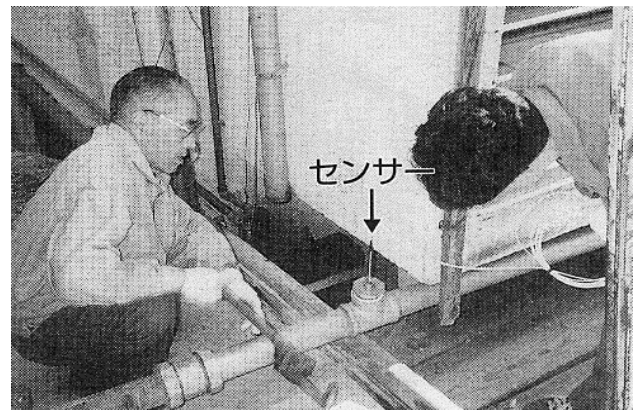


写真5 湯河原第28号の温度センサー(矢印)

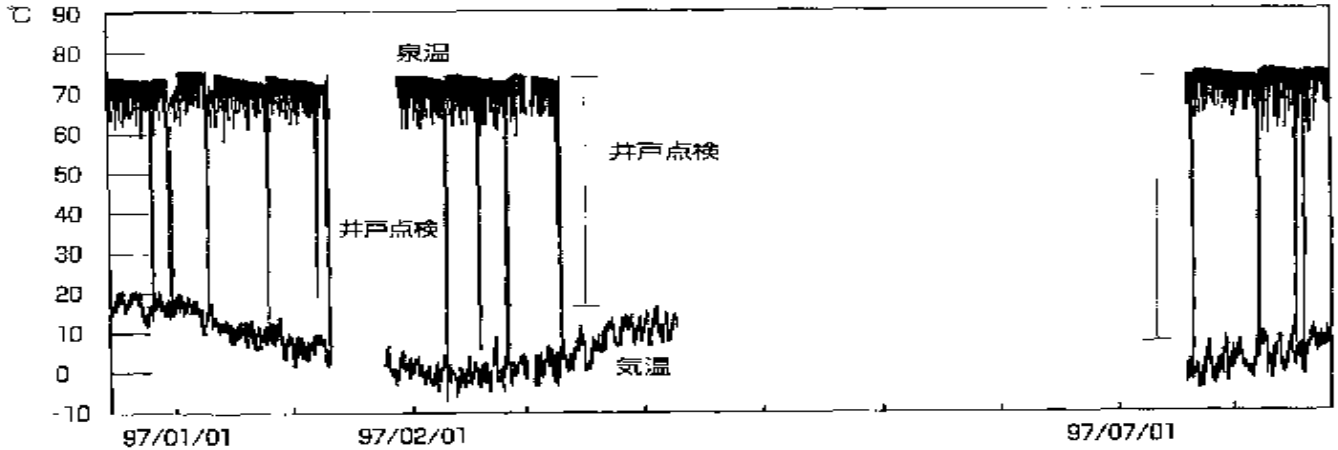


図5 湯河原第22号源泉の泉温変化(1997年7月29日~1999年10月28日)

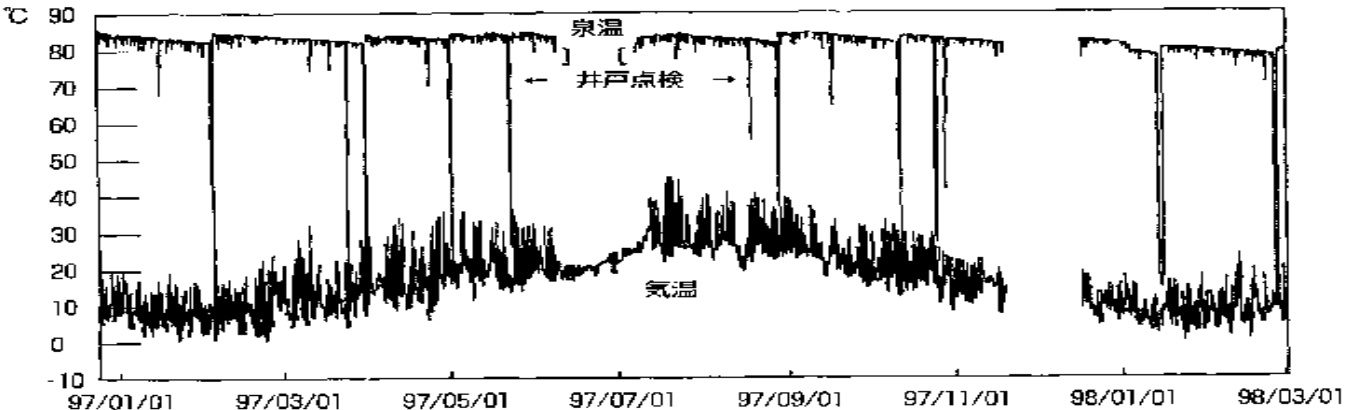


図6 湯河原第28号源泉の泉温変化(1996年12月24日~1998年5月19日)

泉温は 82~85 で変化した(図 6)。気温や降雨、気圧、潮汐に対応する泉温変化は認められなかった。ほぼ毎日生ずる約 10 度の泉温低下は、井戸の点検によるものである。また、大きな泉温低下は井戸内の付着物除去のため揚湯が停止したことを示している。1998(平成 10)年 4 月以降、井戸内部で崩壊が生じたため揚湯が停止した。そのため、観測を中止している。



写真 6 中川第 2 号源泉(矢印:センサー取付位置)

3.3. 中川温泉

【中川第 2 号源泉】

図 7 に示した期間は、1997(平成 9)年 10 月 2 日から 1999(平成 11)年 12 月 17 日までの約 2 年である。観測期間中、泉温は 35.0~35.5 で変化した。気温や降雨、気圧、潮汐に対応する泉温変化は認められなかった。ほぼ毎日みられる 3~5 度の泉温低下は、揚湯による影響である。



写真 7 中川第 4 号源泉(センサーは鉄管の中)

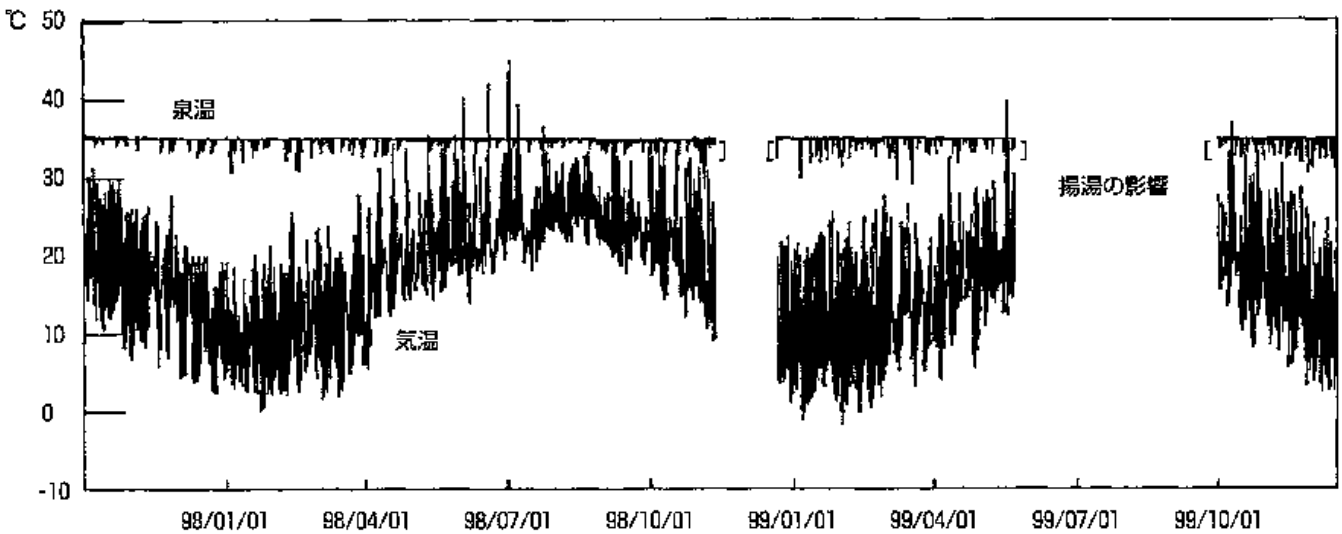


図 7 中川第 2 号源泉の泉温変化(1997 年 10 月 2 日~1999 年 12 月 17 日)

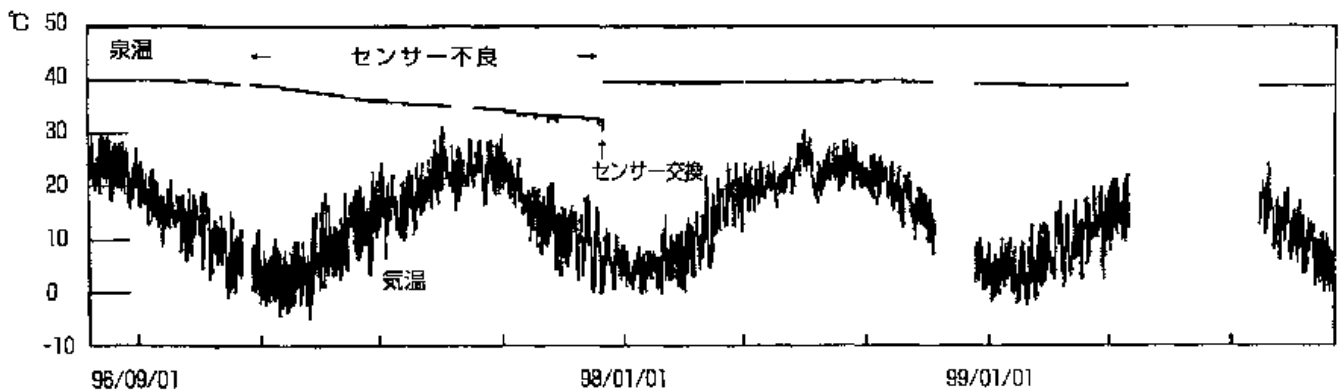


図 8 中川第 4 号源泉の泉温変化(1996 年 7 月 16 日~1999 年 12 月 17 日)

【中川第4号源泉】

図8に示した期間は、1996(平成8)年7月16日から1999(平成11)年12月17日までの約2年である。観測期間中、泉温は38.8~39.8で変化した(図8)。気温や降雨、気圧、潮汐、揚湯に対応する泉温変化は認められなかった。1997(平成9)年に見られる長期的な泉温低下はセンサーの故障によるものである。

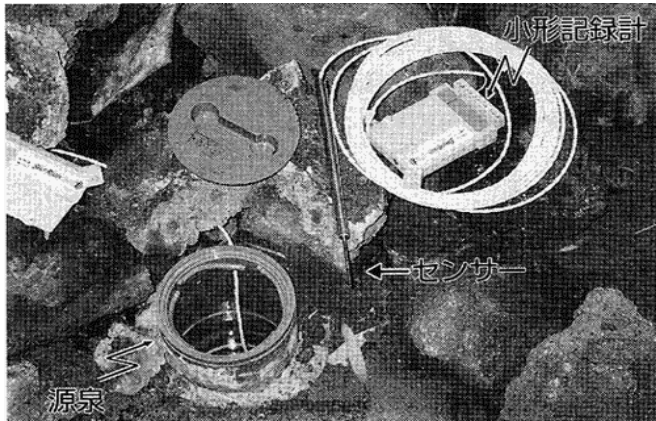


写真8 厚木第11号源泉(センサーと小型記録器)

3.4. 厚木市七沢温泉

図9に示した期間は、1996(平成8)年7月15日から2000(平成12)年2月4日までの約3年半である。観測期間中、泉温は18.0~18.2で変化した。気温や降雨、気圧、潮汐揚湯に対応する泉温変化は認められなかった。

3.5. 鶴巻温泉

図10に示した期間は、1996(平成8)年12月25日か

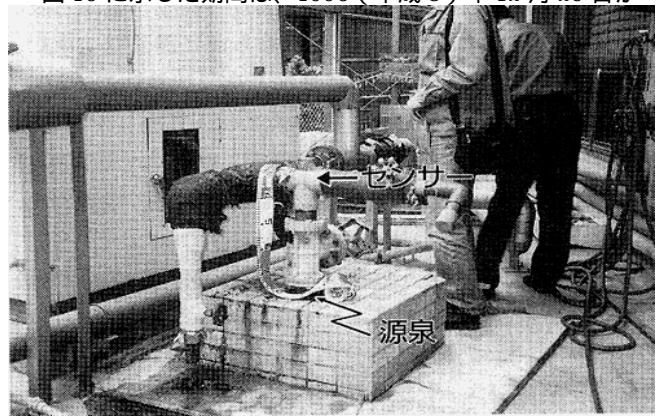


写真9 秦野第17号源泉

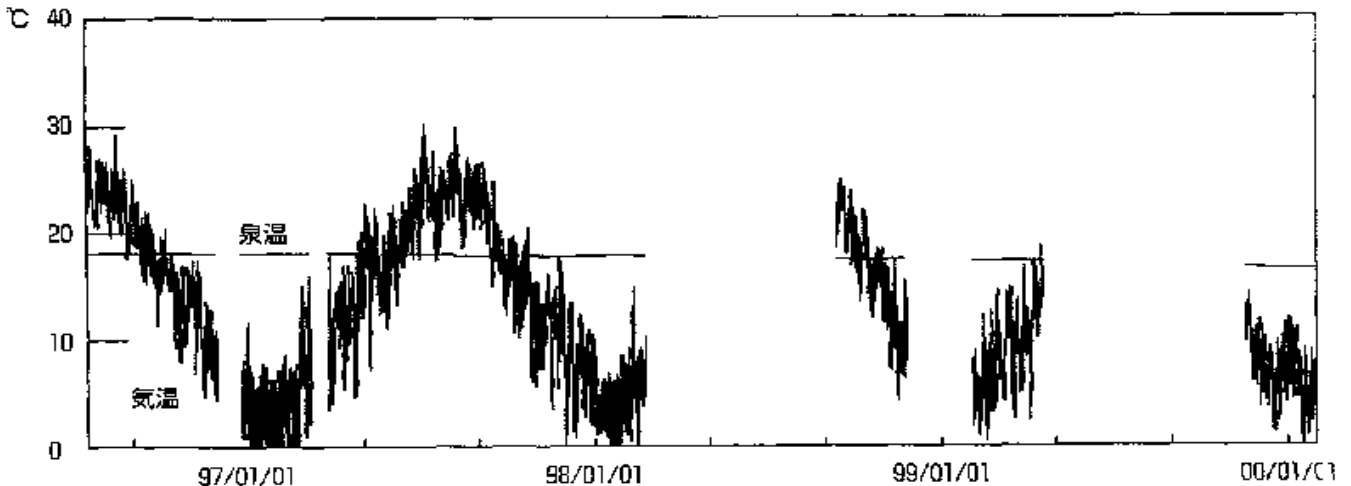


図9 厚木第11号源泉の泉温変化(1996年7月15日~2000年2月4日)

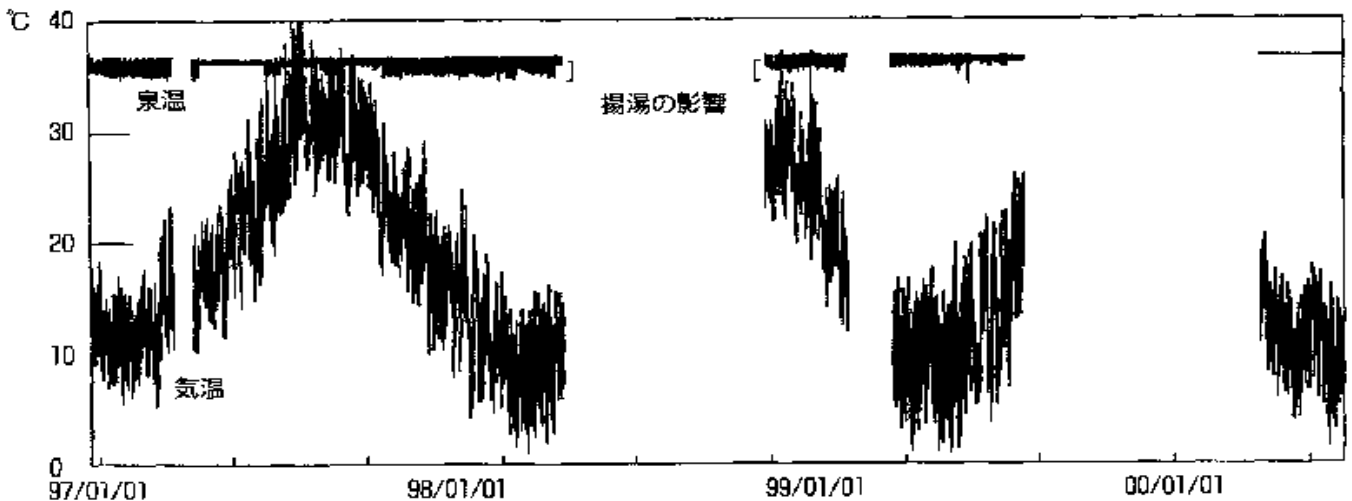


図10 秦野第17号源泉の泉温変化(1996年12月25日~2000年2月4日)

ら 2000 (平成 12) 年 2 月 4 日までの約 3 年である。観測期間中、泉温は 34.8~36.8 で変化した。気温や降雨、気圧、潮汐と対応する泉温変化は認められなかった。ほぼ毎日みられる 3~4 ぐらいの泉温低下は、揚湯による影響である。1999 (平成 11) 年 11 月下旬以降、この泉温低下幅が縮小した。この原因は、宿泊施設の事情により揚湯が中止されたために生じたと考えられる。

5. まとめと今後の課題

神奈川県西部地域の地震活動と温泉の温度(泉温)変化との関係を調査するために、箱根ならびに湯河原、中川、厚木市七沢、鶴巻の 5ヶ所の温泉場で泉温連続観測を 1996 (平成 8) 年より開始した。観測点数は、箱根 3ヶ所、湯河原 2ヶ所、中川 2ヶ所、厚木市七沢と鶴巻各 1ヶ所の計 9ヶ所である。本報告では、観測地点の概況と観測方式、泉温変化の特徴についてまとめた。

(1) 湯河原第 22 と 28 号源泉、鶴巻の秦野第 17 号源泉、中川第 2 号源泉では、揚湯にともなう泉温変化が認められた。しかし、揚湯停止時の泉温を把握できれば、自然な泉温変化が認識できることがわかった。

(2) 箱根の湧泉では、降雨時または降雨に対応した泉温低下が確認された。

(3) 使用している観測機器の精度内では、全観測点の泉温は潮汐や気温と相関は無かった。

強酸性の熱水と火山ガスが強い箱根では、温度センサーや記録計が半年から 1 年間の観測期間中数回故障した。また、湯河原では温度センサーのステンレスケースに温泉付着物が付着した(写真 10)。今後は、観測の悪条件に強い素材や観測方法を検討する必要がある。

さらに、地震活動との関連性をみるために、前兆的な温

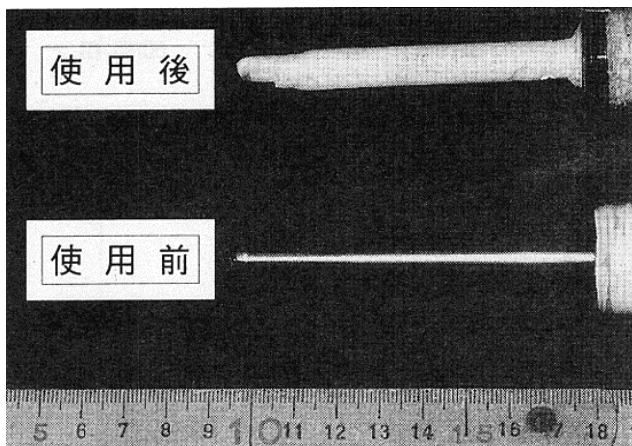


写真 10 湯河原第 28 号の温度センサー。

使用後のセンサーには温泉スケールが付着している。

度変化や地震時に伴うコサイスマックな泉温変化について検討する予定である。なお、山梨県東部の地震活動に伴う中川温泉で観測されたコサイスマックな泉温変化と地震による歪量との関係については、棚田・大山(1999)を参照していただきたい。

謝 辞

井戸所有者及び管理者の方々には、観測に快く協力していただいた。また、この研究を進めるに当たり、温泉地学研究所の研究者の方々には貴重な助言をいただいた。以上の方々から感謝いたします。なお、本研究は平成 8 年度と 10 年度、11 年度経常研究費と平成 9 年度神奈川県重点基礎研究費を利用しておこなった。

参考文献

- 石橋克彦(1994) 大地動乱の時代, 岩波新書, 234.
- 神奈川県温泉地学研究所(1997) 神奈川県温泉地学研究所報告, Vol. 28, No. 2, 1-277.
- 小泉尚嗣、北川有一、佃 為成、矢部 征(1995) 鳥取県湯谷温泉におけるコサイスマックな水温変化について, 地震 2, 48, 315-329.
- 大木靖衛、大口健志、広田茂、荻野喜作、平野富雄、守矢正則(1967) 中川温泉の地下温度構造, 神奈川県温泉地学研究所報告, Vol. 1, No. 5, 23-34.
- 大木靖衛、荻野喜作、平野富雄、小鷹滋郎、粟屋徹、杉山茂夫、大山正雄(1983) 神奈川県温泉誌, 神奈川県温泉研究所報告, Vol. 14, No. 4, 99-216.
- 大山正雄、棚田俊收(1997) 神奈川県西部地域における温泉の連続観測 - 温泉による地震調査 -, 日本温泉科学会講演要旨集, 24.
- 棚田俊收、大山正雄(1997) 神奈川県西部における温泉温度の連続観測, 日本地震学会予稿集, 2, 127.
- 棚田俊收、大山正雄(1999) 丹沢山地中川温泉で観測されたコサイスマックな泉温変化, 温泉科学, Vol. 48, No. 4, 154-162.
- 脇田 宏(1978) 地下水の水位・化学組成変化, 浅田敏編著「地震予知の方法」, 東京大学出版会, 146-166.