

湯谷温泉（鳥取）における地下水観測

矢部 征（京都大学防災研究所地震予知研究センター鳥取観測所）

佃 為成（東京大学地震研究所）

小泉尚嗣・北川有一（産業技術総合研究所）

渡辺邦彦（京都大学防災研究所地震予知研究センター）

1．はじめに

地下水は地殻活動に敏感であると昔から言われている。1975年の中国・海城地震の予知成功例における地下水変動は有名である。日本においても、大地震に関連する地下水変動は、水温、湧出量、水位、成分変化などを含め、非常に多くの報告がある。

しかし、地下水変動のメカニズムは未だ解明されているとはいえない。地殻活動に敏感な井戸やそうでない井戸の区別、地震に関連する変動の振幅とマグニチュードや震源距離の関係、変動の種類や現れ方と地震発生機構など、系統的な解釈はまだ不十分と考える。事例の蓄積が必要である。

筆者らは、約20年間にわたって、鳥取県湯谷温泉での地下水観測を継続してきた。その間、遠地、近地を含むいくつかの地震に関連する水温変動を観測した。また、局所的な井戸特性の違いも見出された。今後の地下水観測の資料とされることを期待して、これらについて報告する。

2．湯谷温泉観測井について

湯谷温泉は、鳥取市の南方約15kmの、鳥取県八頭郡河原町にある。観測井は、現地を流れる千代川支流の曳田川左岸の民家（T氏宅）の庭先にある井戸で、標高は約120m、周辺地質は花崗岩である。T氏宅の庭先には約10mはなれて2本の自噴井があるが、そのうちの1本を観測に使用させてもらっている。この井戸の深さは約25.7m以上ある。それ以深は、孔壁が崩壊していて不明である。温度検層によれば、深さ16m前後、深さ25m前後、深さ25.7m以深の、少なくとも3つの帯水層から温度の異なる水が供給され、それらが混合して地表に湧出している。自噴孔付近の水温は34度前後である。

3．観測の概要

1)1982年3月12日～1985年5月25日

水深0.3m地点に水晶発振子による温度センサーを設置し、出力をプリンターにより記録した。測定精度は0.01度程度であった。以後は、採水のみを継続した（1997年9月中止）。

2)1990年10月31日～

打点式記録器による水温観測を再開した。

3)1991年9月1日～

水深2.1mと24.0mの2点での測定を開始した。水晶発振子センサーを使用し、DR-F1によるデジタル収録方式である。

4)1995年8月～

三角堰とフロートによる湧水量の測定を開始した。

4．水温変化の特徴

地下水温は、井戸の底部、上部とも、地球潮汐や気圧変化、地震発生に対応して、敏感な変動を示す。水温は上部の方が約0.3度程度高い。全体的には双方とも同様の変動パターンを示すが、微細な変動は異なる場合がある。

1991年から1999年までの2.1m点の水温変動については、この間に、日本列島近傍の顕著地震に対応する10数回のコサイスマックな水温上昇が記録された。歪応答関数を考えた場合、理論的には水温上昇が期待されないような遠地震でも、コサイスマックな温度上昇が見られる場合がある。おそらくは、観測井の近傍に蓄積されていた局所的な歪が、地震動にトリガ-されて開放されることにより、地下水の混合比が変わるのである。

湧水量には度々のステップ状の変動があるが、多くは三角堰の掃除によるものである。また自然に湯垢がはがれた場合もあるが、それらに拠らない原因不明のステップも見受けられる。

5. 大地震に伴う湧出の停止と再開

T氏宅の庭には、観測井から約10m離れた地点に、やや浅い別の自噴井戸がある。この井戸は、過去の大地震の際に湧出が停止し、約1年後に湧出が再開した例が数回ある。下記に示すが、いずれの場合も、湧出が停まるのは母屋の井戸のみであり、約10mはなれた観測井は停まらない。

1)1943年9月10日鳥取地震(M7.2)の場合

観測井の所有者T氏談によれば、「当時まだ子供であったが、地震の後に母屋の井戸の湧出が停まり、およそ1年後に自然に湧出が再開したことを聞いている」とのことである。

2)1995年1月17日兵庫県南部地震(M7.3)の場合

「地震の翌日の18日ころ、母屋の井戸の湧出が停まった。50年前の例(1943年鳥取地震)があるので、また1年経ったら出るだろうと言っていたら、1年後の1996年1月10日に湧出が再開した。」

3)2000年10月6日鳥取県西部地震(M7.3)の場合

地震の2日後の8日にデータ回収と点検に行った際は、母屋の井戸は平常どおり湧出していた。10月11日に再訪した際にT氏から、「10日の朝から湧出が停まった」と聞いた。この時は地元新聞記者が同行していたので、「湯谷の湧出が停まる」との記事が掲載されたところ、地元の営業中の温泉から「こちらでは湧出量が増えている」とのクレームが付き、翌日の新聞に「湯谷温泉では湧出量が増加」との訂正記事がでた。

鳥取市内の温泉組合の情報では、鳥取市内の温泉ほとんどで、湧出量が数割増加し温度も上昇したので、保守業者がバルブを閉めて回ったとのことであった。

約1年後の2001年11月初旬からT氏宅母屋の井戸の湧出は再開した。

6. おわりに

浅い帯水層と深い帯水層では、歪変化に対する湧水変化の周波数応答が異なっている。潮汐・気圧応答を用いて推測した結果では、深い帯水層の方が浅い帯水層より湧水量変動の時間減衰が小さい。しかし、これらの総合結果としての水温変動は、湧水量変動とは異なった挙動を示す。

コサイスマックには常に水温上昇であるメカニズムや、同じ庭の10m離れた母屋の井戸は大地震時に湧水が停まるが観測井は変化がないという局所性は、今後の課題である。広域かつ稠密な観測に基づく、地下水変動メカニズムの解明が待たれる。