

山陰地方の温泉観測ネットワーク

渡辺邦彦（京都大学防災研究所）

西田良平（鳥取大学工学部）

Keywords：温泉、地下水、水温、水位、地震予知、山陰地方

1. はじめに

平成7年兵庫県南部地震は、近畿・中国地方においては、鳥取地震（1943年、M7.2）以来、実に50年以上を経て発生したM7級内陸地震であった。被害については、もはや改めて述べるに及ばない。近代都市を襲った、実に甚大なものであった。予知ができなかったことが、改めて地震研究者に大きくのしかかってきた。

この地震の発生を、“来るべき南海地震に先行する西日本内陸の地震活動の活発化のはじまり”とする研究者が多かった。しかし、1度のM7級地震で活発化の始まりと断ずることへのためらいもあった。ところが、これから6年も経たない2000年10月6日に、鳥取県西部地震（M7.3）が発生した。もはや、ためらいなく、西日本の地震活動活発化が始まったといわざるを得ない。幸い、この地震で亡くなられた方はなかったが、多大の被害が発生した。引き続いて翌年1月12日に兵庫県北部にM5.4地震、3月24日に芸予地震（M6.7）が発生した。地震災害の軽減のための地震予知に対する社会の期待は、ますます大きいものとなってきた。

現在の地震予知研究の大勢は、2つのステップを順に経るもののように思われる。初めに、地震発生場の構造を精査して地震発生を規定する特性を把握し、次いで、その特性の時間変動を観測して前兆を捕らえるという筋書きである。従来の、事例を積み重ねて帰納法的に地震発生機構を推測する方法とは異なる。

しかし、地震という自然現象に再現はない。第1ステップが完成するまで待つては居られない。構造調査と時間変動観測を、並行して実施することが肝要である。従前の帰納法的な手法から、予想外の要因を発見する可能性もある。地震予知研究に携わり得る者として、可能な限りの方法を講じてみる必要があるであろう。

阪神淡路大震災の折と同様に、鳥取県西部地震の被害に対して、各方面から多大の支援が届けられた。鳥取、島根、岡山の3県を基盤とする「国際ロータリークラブ第2690地区」は、同クラブに届けられた寄付金の中から、地震予知研究のために、鳥取大学および京都大学に多額の研究費を寄付された。これを受けて、著者らは山陰地方の地域特質を活かした地震予知研究として、温泉水・地下水の広域稠密観測を開始することを決意した。

地下水が地震活動に敏感であった事例は非常に多い。ただ、そのメカニズムは単純でなく、観測地域の局所性に大きく左右されると思われる。したがって、広域にわたる系統的な地下水の調査観測は決して多くはない。しかし、成果が保証されないからといって、直前現象の各種項目中で非常に有力と思われる地下水調査を座視することはできない。

著者らは、まず客観的な観測が可能である水温と水位（湧出量）を基本項目とした観測ネットワークの構築を計画した。未知の要素が多い自然現象が対象なので、地震に関連する地下水変動現象が常に出現する保証はない。出現しても、その現象と地震発生の関連は1対1に対応するとは限らない。しかし、このような事例の蓄積が、前兆現象の解明に重要である。

当面の観測は、観測井での測定のため、地表近くの比較的浅い地下水を主たる観測対象としている。しかし、最近議論を呼んでいる下部地殻の流動性の指標というべき流体の存在にも着目する。その検出

のために、電磁気的な観測も場所を選んで実施する予定である。

また、この観測ネットワークを基礎とし、地震活動や地殻変動の情報を加えて、総合的な地殻活動情報として地域に発信することも計画している。これを通じて、多くの方々が、地震活動について慣れ親しんでいただけることを期待している。

2. 温泉観測計画の意義と目的

地震の予知は、その前兆現象の出現時期に応じて、長期予知、中期予知、および短期（直前）予知に分けることができる。長期予知は、場所と規模の推測を行なうことと殆ど同義である。これに関しては、内陸地震についても、ある程度の結果が得られるようになってきている。例えば、石川(1990)は日本国内に 18 箇所ほどの要注意空白域を示した。1995 年兵庫県南部地震も 2000 年鳥取県西部地震も、石川の言う空白域に発生した。

中期予知は、その領域に地震発生が迫っているかどうかを予測することと言える。予測の時間的な幅については必ずしも明確に定められてはいない。しかし、数年から数ヶ月程度を意識している場合が多いと思われる。この中期予知は、地震発生後の検証としては、それらしい結果も幾例かは得られているようである。例えば、渡辺(2002)は、1984 年の山崎断層の地震 (M5.6) に関して、幾項目かに時期を等しくする前兆的変動が現れたことを示している。

しかし、防災を念頭においた場合、社会活動が許容する精度での直前予知が要求される。中国の海城地震(1975 年、M7.3)の場合は、1 日以内の時刻精度で地震発生予測に成功した(尾池、1979)。これが数日ないし 1 週間に伸びた場合、現在の日本社会では、経済のみならずいろんな方面で、耐え得るかどうか疑問である。社会活動が許容する精度とは、この意味である。

上述の海城地震の場合、直前現象として、前震活動、地電流、地下水などの異常が認められた。別に、力武(1986)は、過去の多くの事例から、準第 1 種先行現象、第 2 種先行現象として、それぞれ地下水、ラドンや電磁気現象の例を挙げている。その先行時間は数時間から数日程度が多い。また、浅田(1980)は、前兆現象としての地球化学現象や電磁気現象の有用性を述べている。これらを踏まえて、著者らは地下水観測を実施することとした。

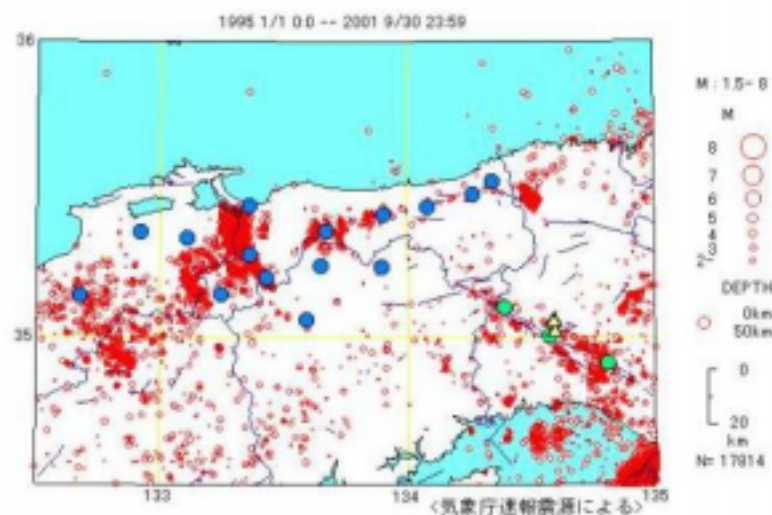


Fig. 1 山陰地域の地震活動と温泉観測点予定地（青丸）。緑丸は山崎断層の地下水観測点予定地、黄三角は産業技術総合研究所の山崎断層地下水観測室。

内陸地震は、海溝型巨大地震に比べて規模が小さい。そのため、前兆現象が出現したとしても、その振幅は小さく、出現範囲は狭いと考えられる。さらに、震源域が内陸のため、社会生活ノイズが大きくて観測が困難である。従って、単一項目のみの観測では、信憑性に欠ける。ゆえに、地震活動、地殻変動などの情報、また本計画で一部実施する電磁気的情報等と総合して、解析を行なう。そのために、各機関の研究者との共同研究として計画を発足させた。

得られた観測・解析結果は、ホームページ等を活用して地域へ情報を発信する予定である。平素から、地殻活動情報に接していることが、玉石混交の情報が氾濫する情報化社会の中で、正しい判断をするために有効であると考えている。

3. 観測計画の概要

地下水異常の局所依存性は、地下水観測が系統的に実施されない大きな理由である。局所性の検証のためにも、ある程度の稠密観測を計画した。観測予定地点は、

鳥取県：岩井温泉、鳥取温泉、鹿野温泉、三朝温泉、関金温泉、皆生温泉

西伯町、日野町、日南町

島根県：玉造温泉、海潮温泉、三瓶温泉

岡山県：湯原温泉、奥津温泉、新見千屋温泉

の15箇所である。その分布をFig. 1に示す。観測点間の距離は、地震の基盤観測のスパンと同程度である。地下水の稠密測定として必ずしも十分に密とはいえないが、この配置から観測を開始する。2002年3月現在、鳥取温泉と岩井温泉で観測を始めている。

これらは、大部分が従来からの温泉地域である。歴史ある温泉は、もともとは自噴泉の場合が多い。自噴泉は、被圧地下水として、地下の情報を反映している可能性が高い。また、歴史もあり温泉管理も行き届いているため、情報が豊富でもある。これまでの温泉や地下水に関する資料が豊富なことが、そ

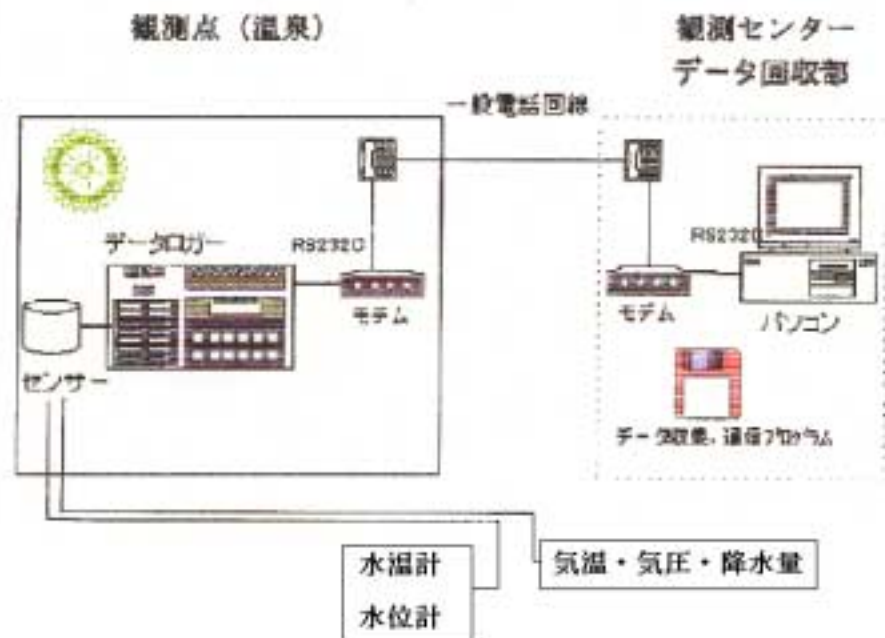


Fig. 2 観測システムのブロック図

の理由である。

山陰地方には、これら温泉の調査のための試掘ボーリング孔が、調査の後に利用されないままになっている場合がある。現在、上記 15 箇所の中の 6 箇所は、鳥取県等による調査ボーリング孔を借用する予定である。これらの調査孔は 150m あるいは 300m 程度の場合が多い。それ以外の温泉地においては、観測井を借用する予定であり、観測井は今後の調査による。

各観測点における観測項目は、地下水の物理量、すなわち水温と水位（あるいは湧出量）を基本とする。水温は 1/100 度の分解能を基本とし、サーミスタあるいは水晶温度計を主に使用する。水位測定は 1mm の分解能を基本とし、大気圧補正機能付きの圧力センサーを用いる。降水量、気温、気圧等の気象要素観測もあわせて実施する。しばらく観測した結果、観測井の特徴が把握できて、他の項目の観測が有効と考えられる場合は、それぞれの事情に応じた観測項目を追加実施する予定である。

観測データは、現地のデータロガー（12bit）に 1 分間隔を基本インターバルとして収録する。収録データは、京大防災研究所鳥取観測所および鳥取大学から、公衆回線によりテレメータ収録する。観測・収録システムの概略を Fig. 2 に示す。得られたデータは、地震観測結果や地殻変動、地球電磁氣的観測結果と総合して、地震前兆現象の事例集積に努め、直前予知に資する。

4. おわりに

山陰地方の海岸に沿って、第四紀の火山が分布し、温泉も点在している。火山活動と地震活動は相補的との見方もあるが、それらのインジケータとしての地下水観測を行うことで、山陰地方の地殻活動の解明に努めたい。平成 14 年度から、鳥取県西部地震の余震域を中心に、山陰地方の総合調査が実施される。それらと共同して、内陸地震の発生機構の解明と発生予測を、事例を積み重ねながら考察してゆきたい。

本研究の結果は、地震活動状況や各種の観測結果と総合して、ホームページ等で公表し、地域社会に情報を発信してゆくつもりである。地震予知は未だ社会の要求する精度では実現していない以上、地震防災を考える上でもっとも有効なのは、地震活動に関する知識をより普及することと考えるためである。

この研究計画は、ロータリークラブをはじめとする多くの方々の支援でスタートした。この研究の成果をなるべく早く社会に還元し、地震防災に役立つようつとめる所存である。

参考文献

石川有三(1990)、日本列島内陸部の地震活動空白域—序論—、月刊「地球」、No. 6、pp. 355-361.

渡辺邦彦(2002)、山崎断層の挙動と地震活動、自然と環境、Vol. 4、pp. 2-15.

尾池和夫(1979)、中国と地震、東方選書

力武常次(1986)、地震前兆現象—予知のためのデータベース—、東京大学出版会

浅田 敏(1980)、地震予知と地球化学（浅田敏教授退官記念講演）、東京大学理学部地殻化学実験施設