

## 7 - 1 0 兵庫県南部地震前後の周辺の地下水・温泉水の変化について ( 2 )

### Groundwater anomalies before and after the Hyogo-ken Nanbu Earthquake (2)

京都大学防災研究所附属地震予知研究センター

Research Center for earthquake Prediction,

Disaster Prevention research Institute, Kyoto University

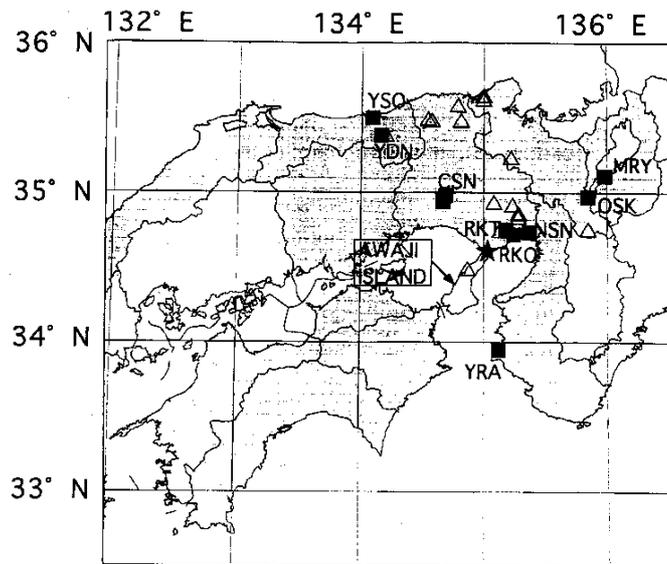
第1図に示す領域で地下水異常についての調査を行った。また、Ito et al. (1995) によって提出されている断層モデルから、Okada (1992) の方法を用いて地震後の地表面付近の体積歪変化を求めて地下水異常の調査結果と比較した。ただし、Okada (1992) では、半無限の均質な弾性体を仮定しているため、地殻の不均質性は考慮されていない。

地下水異常の調査結果は270点(温鉱泉水異常アンケート調査回答242点、聞き込み調査18点、地下水連続観測点10点)から得られ、そのうち79点(アンケート調査から56点、聞き込み調査から14点、地下水連続観測点から9点)で地震前後に何らかの異常を生じている(第2図)。兵庫県南部地震の震源域周辺で地下水異常がたくさんあるが、そのまわりでは、かならずしも地下水異常は存在していない。震源域を除いては震度(第3図)と地下水異常との関連も明確ではない。

第4図に温鉱泉水・地下水の湧水量や水位の地震後の増減分布と上述の方法で計算された地表での地震後の体積歪変化を示した。兵庫県南部地震は横ずれ断層型だったので、体積歪変化は全体的に4象限型になる。しかし断層近傍は、断層モデルが2つの不連続な断層からなり、しかも縦ずれ断層成分をもつので複雑な形になる。前回の予知連会報における報告(京大防災研地震予知研究センター、1995)では、地震後の温鉱泉水・地下水の湧水量や水位の増加が、体積圧縮領域の北側の象限に集中するとしたが、データが蓄積するにつれてその傾向はあいまいになった。全般的に水位や湧水量の増加が多い。これらの変化を体積歪変化だけで説明するのは難しいようである。たとえば、佐藤・他(1995)によると、地震後の淡路島に出現した大量の湧水は、強い地震の揺れによって岩盤の透水係数(水の通り易さ)が増加したことによって生じたらしい。

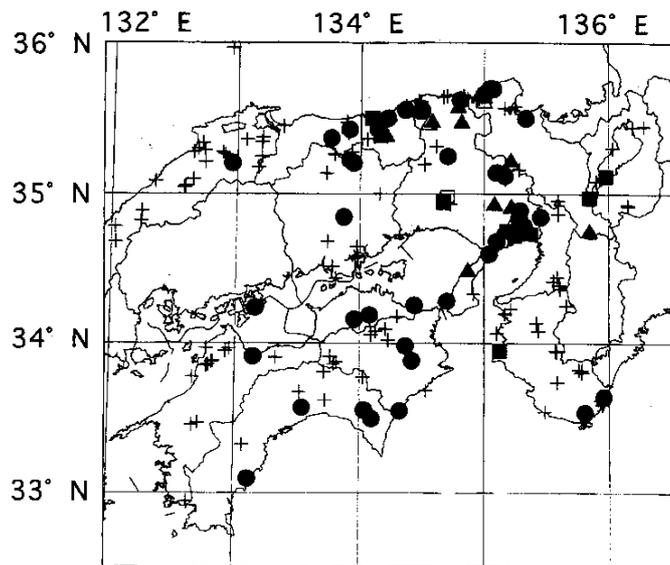
第5図は地震前の地下水・温鉱泉水異常である。地下水の連続観測では、震源域近傍で地震前に3つの異常が観測された。NSNでの地下水ラドン濃度の異常増加(Igarashi et al., 1995)、ROKでの地下水塩素イオン濃度の異常増加(Tsunogai and Wakita, 1995)、RKTでの地下水湧水量の異常増加(藤森・他, 1995)である。他方、アンケート調査や聞き込み調査では、震源近傍での地震前の温鉱泉水・地下水異常は認められず、兵庫県・鳥取県の日本海側の温泉で、いくつかの異常(湧水量・水温・水の濁り等)が認められたにすぎない。GPS測定やトンネルでの地殻変動観測によると、地震前の地殻歪変化はごく一部の地殻変動観測トンネル(RKT)でのみ観測された。第5図の異常を地殻の体積歪変化で説明するとすれば、地下水観測点近傍における(地殻変動・GPS観測網では検知できないような)ごく局所的な体積歪変化によって温鉱泉水・地下水異常が生じたと考える以外にはないことになる。

兵庫県南部地震に伴って生じた多数の温鉱泉水・地下水異常を地殻の体積歪変化のみで説明するのは難しい。複数の要因がくみ合わさって生じていると考えるべきである。ただし、今回の結果は、調査した温鉱泉水・地下水の条件の違い(井戸の構造や周囲の地質構造等の違い)を考慮に入れていないのでその点の吟味が今後の課題である。



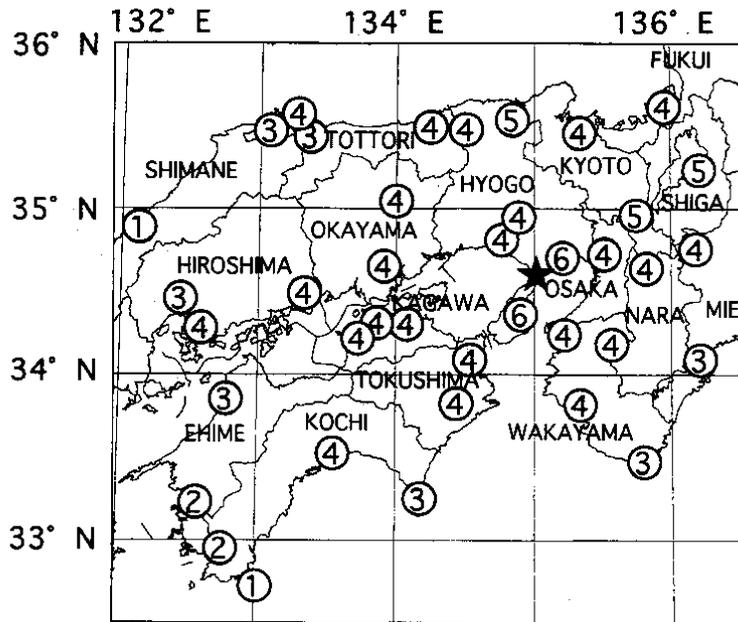
第1図 地震に伴う温鉱泉水異常のアンケート調査地域(影の部分)と聞き込み調査地点(△)は兵庫県南部地震前後の記録が取れている(複数の機関による)地下水連続観測点。なお、これらの連続観測点の略称を3つの大文字のアルファベットで示してある。

Fig. 1 The shaded zone shows the area where our questionnaire survey was distributed. Solid squares with three capital letters denote continuous groundwater observation stations used for earthquake prediction research. Open triangles show the points where we made direct inquiries about the earthquake-induced groundwater anomalies.



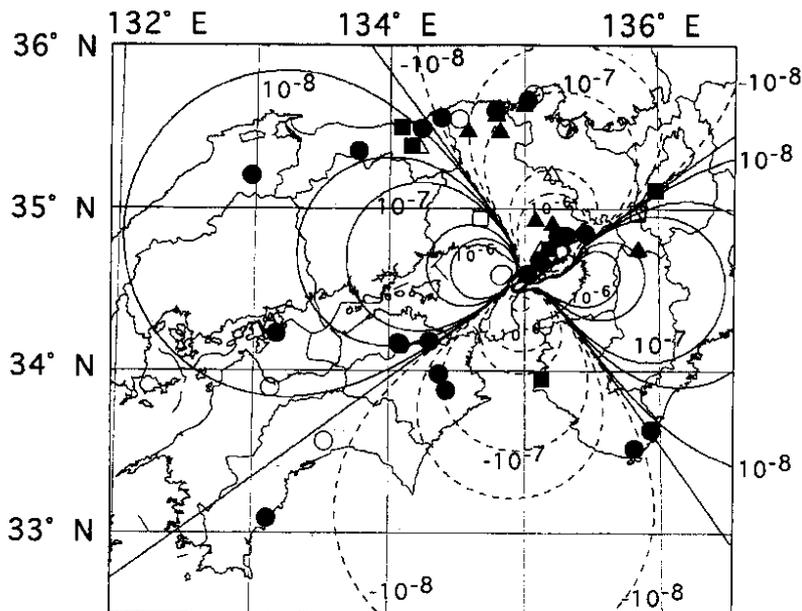
第2図 アンケート調査(・+)、聞き取り調査(△)、地下水連続観測(●)のそれぞれの結果。●、●はそれぞれ、地震前後に温鉱泉水・地下水異常があったことを示す。+、○、△は地震前後に地下水に異常がなかったことを示す。

Fig. 2 Results of the questionnaire survey ( , +), the direct-inquiry ( , ) and continuous groundwater observation ( , ). The solid symbols denote the points where pre-seismic or post-seismic groundwater anomalies were detected. The open symbols and the plus sign show the points where there were no groundwater anomalies accompanying the Hyogo-ken Nanbu Earthquake.



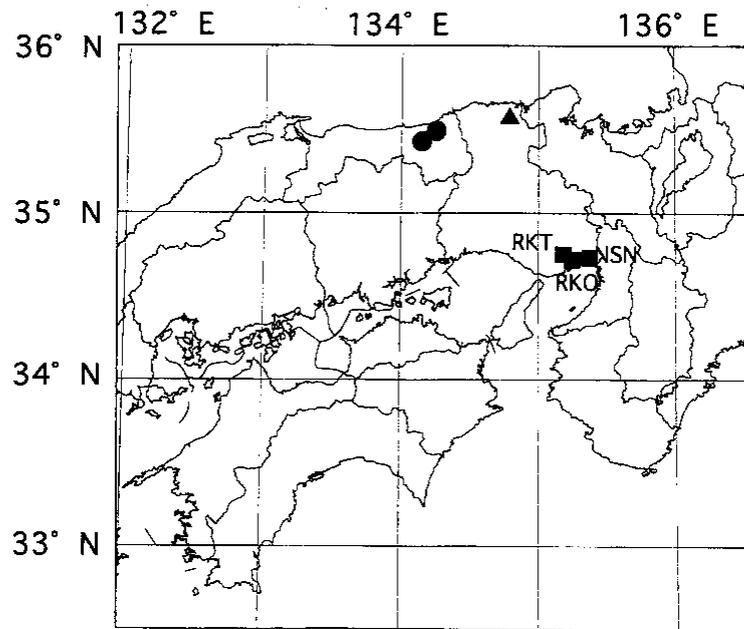
第3図 兵庫県南部地震の震度の分布と震源 ( )

Fig. 3 Distribution of the JMA seismic intensities of the Hyogo-ken Nanbu Earthquake.  
: Epicenter of the Hyogo-ken Nanbu Earthquake.



第4図 地震後の温鉱泉水・地下水の水位や湧水量の増減と断層モデルから計算した地震後の地表での体積歪変化を示した図。アンケート調査の結果は(● : 増加, ○ : 減少)で、聞き込み調査の結果は(▲ : 増加, △ : 減少)で、地下水連続観測の結果は(■ : 増加, □ : 減少)でそれぞれ示した。実線と正の値は体積膨張を、点線と負の値は体積圧縮を意味する。

Fig. 4 Distribution of postseismic changes in groundwater discharges or levels detected by the questionnaire survey (●, ○), the direct inquiry (▲, △) and continuous groundwater observation (■, □). The solid symbols denote increases in the discharges or levels and the open symbols denote decreases. The volumetric strain changes at the surface calculated from the fault model are also shown. Positive values and solid lines mean extension. Conversely, negative values and broken lines mean compression.



第5図 地震前の地下水異常の分布。アンケート調査によってわかったものは( )で、聞き込み調査でわかったものは( )で、地下水連続観測の結果でわかったものは( )でそれぞれ示した。

Fig. 5 Distribution of preseismic groundwater anomalies detected by the questionnaire survey ( ), direct inquiry ( ) and continuous groundwater observation ( ).