

7-37 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

Groundwater anomalies before and after Hyogoken-Naibu Earthquake

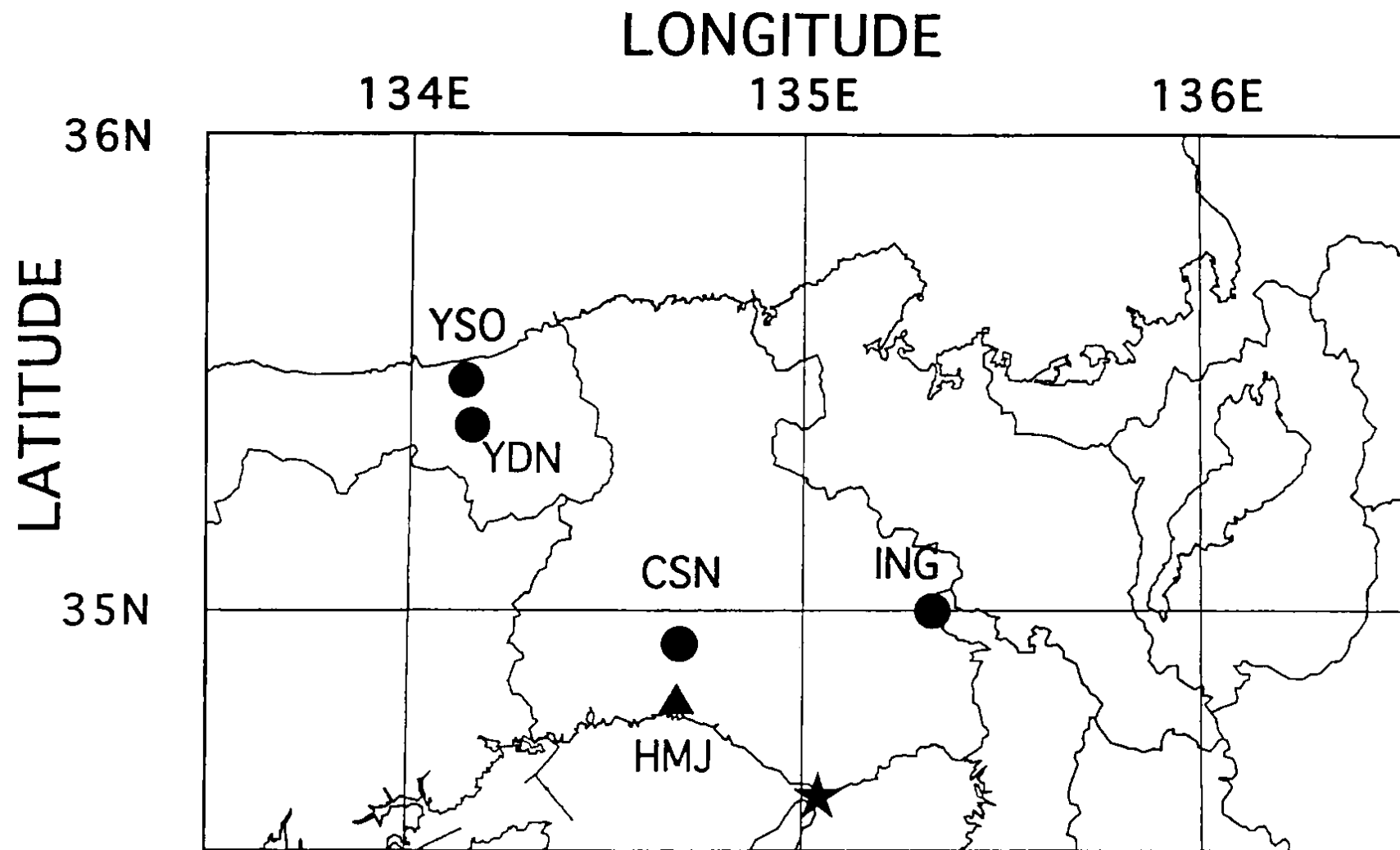
京都大学防災研究所
地震予知研究センター

Research Center for Earthquake Prediction,
Disaster Prevention research Institute, Kyoto University

第1図に我々が連続観測している温泉の位置（兵庫県の塩田温泉知新荘観測井（CSN）・猪名川（ING）と鳥取県の湯谷（YDN）・吉岡（YSO））を示す。兵庫県南部地震の震央も示してある。4つの観測点の測定結果を第2図に示す。YSOを除いてはいずれも自噴泉である。各観測井での兵庫県南部地震（第2図のEQ3）の時の震度は、いずれも4またはそれ以上と推定できる。なお、第2図のEQ1は1994年10月4日の北海道東方沖地震（M8.1）で、EQ2は1994年12月28日の三陸はるか沖地震（M7.5）であって、共に各観測点での震度は0であった。

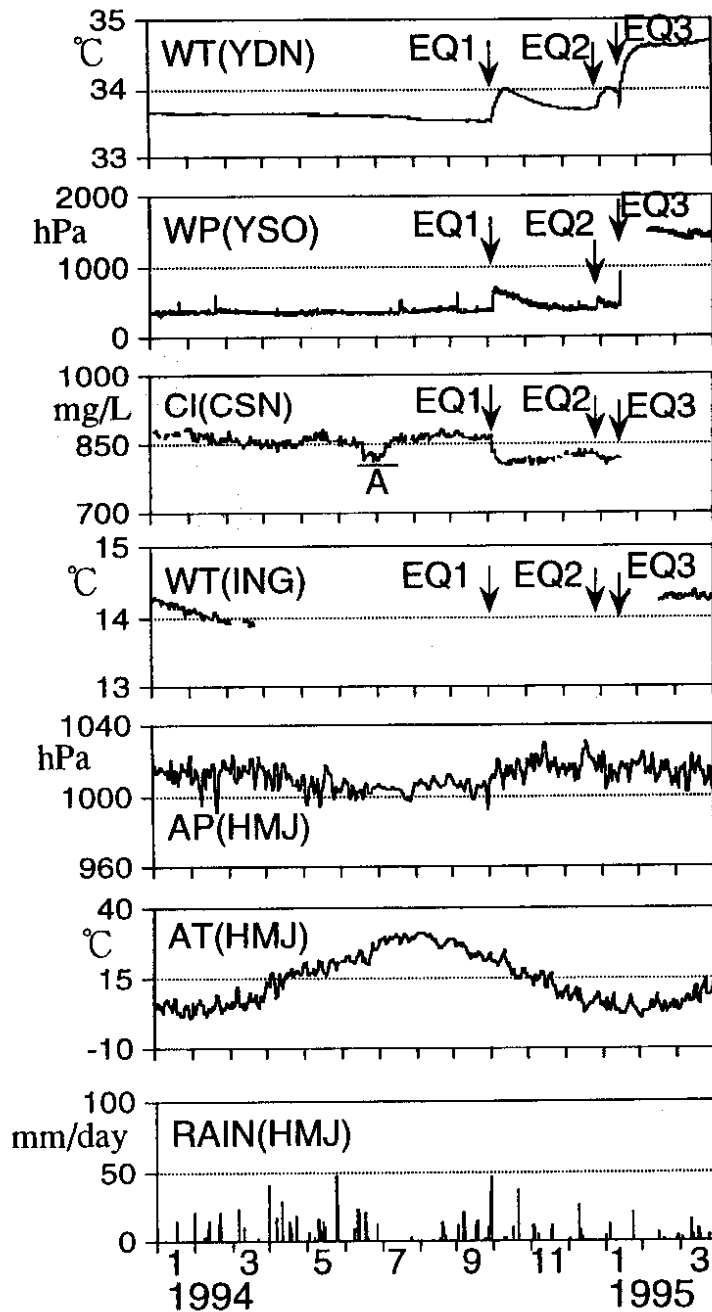
CSNは兵庫県南部地震後、自噴を停止してしまい、5月になってようやく自噴し始めた。EQ1の後に塩化物イオン（塩素イオン）濃度の減少があるものの、兵庫県南部地震の前兆とみなせるような明瞭な変化はない。INGは1994年の3月まで2年程度の水温測定（相対精度0.01℃）を行っていたところで、兵庫県南部地震後に測定を再開した。例年この時期は、水温の年周変化による下降の時期にあたり、1カ月に0.1℃程度の割合水温が減少するはずであるが、地震後はほぼ一定の値となっている。地震の影響が出ているのかも知れない。YSOの水圧（WP）とYDNの水温（WT）はEQ1～3に対し地震後に顕著な増加を示すが、兵庫県南部地震に対する明瞭な前兆現象は認められない。なお、YSOの水圧（気圧との差圧）は、揚水している配管にとりつけた圧力センサーによって測定されているもので、地下水圧の絶対値ではないが、それと何らかの相関のある値と考えている。

第3図、第4図は兵庫県南部地震前後の地下水・温泉水異常についての通信調査・聞き込み調査の3月末までの集計結果である。兵庫県南部地震には多数の地下水異常が伴ったが、この調査では特に温泉水に重点をおいた。地震前に何らかの地下水・温泉水異常を生じた地点の分布を第3図に示し、地震後に地下水・温泉水の水位・湧水量が変化した地点の分布を第4図に示した。第3図には、地震前後に何ら変化を生じなかった温泉水の分布も示してある。また、第4図には断層モデル（1995年2月20日に予知連に出された気象研究所の暫定解）から求められる体積歪変化（Okada（1992）の方法で計算）の図も重ねて示した（点線が縮みで実線が伸び）。全体として体積歪変化は、横ずれ型の断層モデルを反映して4象限となるが、地震断層周辺はかなり複雑になる。例えば、野島断層の北側には縮みの領域が、南側には伸びの領域が入り込んでいる。地震前の異常では、神戸側の震源域周辺での水位・湧水量・ラドン濃度の増加が目立つ（第3図）。地震後の変化では、水位等の増加が多いがそれらは断層の北側の象限の体積歪の縮みの領域に集中している（第4図）。



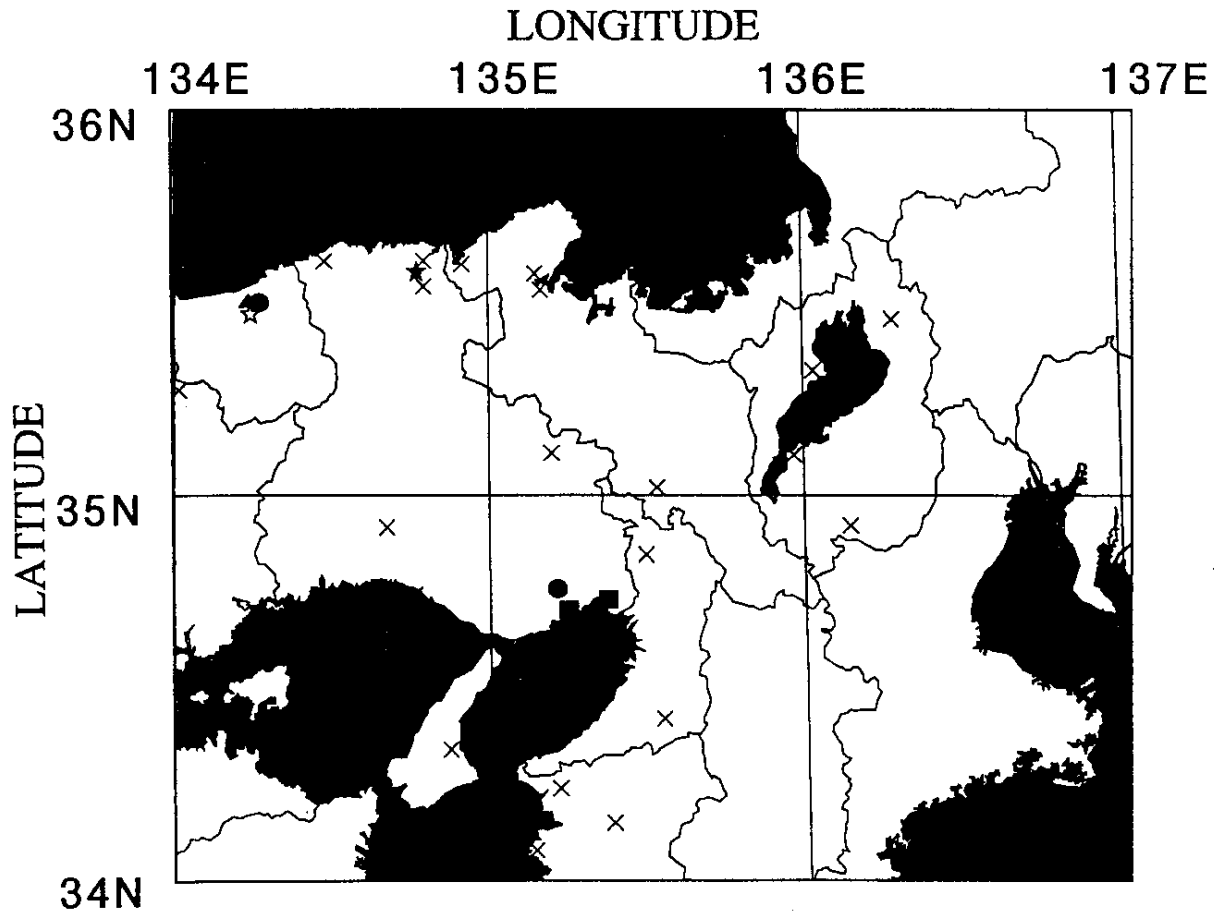
第1図 観測井（黒丸）・姫路の測候所（黒三角）の配置と兵庫県南部地震の震央（星印）

Fig.1 Location of observaton wells (solid circles), Himeji meteorological station (solid triangle) and the epicenter of Hyogoken-Nanbu Earthquake (star).



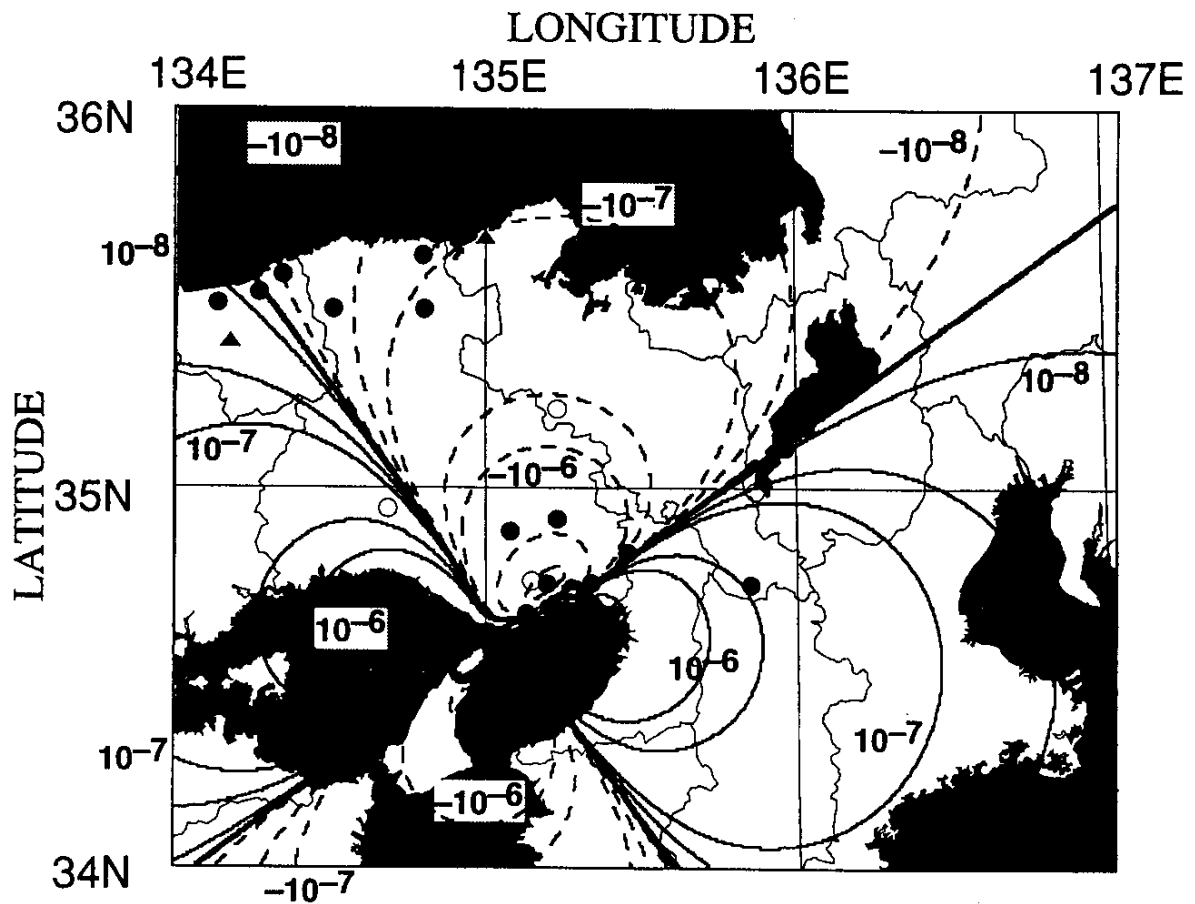
第2図 1994年1月～1995年3月のYDN・YSO・CSN・INGでの観測結果とHMJの日平均気圧(AP)・日平均気温(AT)・日雨量(RAIN)。YDNの水温(WT)とYSOの水圧(WP)は毎時値、CSNの塩化物イオン濃度(CI)とINGの水温(WT)は1日1回の測定値である。Aの部分の変化は温泉の配管工事に伴う人工的なものである。EQ1:北海道東方沖地震(1994年10月4日, M8.1), EQ2:三陸はるか沖地震(1994年12月28日, M7.5), EQ3:兵庫県南部地震(1995年1月17日, M7.2)。

Fig.2 Temporal variations of water temperature (WT) at YDN, water pressure (WP) at YSO, chloride ion concentration (Cl) at CSN, water temperature at ING and atmospheric pressure (AP), temperature (AT) and rainfall (RAIN) at HMJ from January, 1994 to March, 1995. Changes in the chloride ion concentration during the period A were caused by plumbing. EQ1:Hokkaido-Toho-Oki Earthquake (October 4, 1994 ; M8.1), EQ2 : Far Off Sanriku Earthquake (December 28, 1994 ; M7.5), EQ3 : Hyogoken-Nanbu Earthquake (January 17, 1995 ; M7.2).



第3図 地下水・温泉水で、地震前後に何ら変化を生じなかった地点（×）と地震前に異常があった地点のそれぞれの分布（黒丸：水位・湧出量の増加，黒三角：水温の増加，黒い星印：水温の増減，黒四角：ラドン濃度の増加，白い星印：水の濁り）。

Fig.3 Location of wells and hot springs where premonitory hydro-geochemical changes were observed (solid circle, water level or discharge increase ; solid triangle, temperature increase ; solid star, temperature fluctuation ; solid square, radon increase ; open star, water color change) and no changes were observed (cross).



第4図 兵庫県南部地震後の水位・湧出量・水圧の増減の分布（黒丸：増，白丸：減，三角：同じ地点にある2つの井戸で増減が異なる場合）と地震断層モデルから計算された地震後の体積歪変化の分布（実線が伸びで破線が縮み）

Fig.4 Location of wells and hot springs where water level, pressure or discharge increased (solid circle), decreased (open circle) after Hyogoken-Nanbu Earthquake. Solid triangle means that the discharge increased at one well but decreased at the other well after the earthquake. The contour lines (solid, post-seismic compression; broken, extension) indicate co-seismic volumetric strain changes calculated from a fault model.