

6-31 逢坂山観測所における地下水位観測

Observations of Groundwater Level at Osakayama

京都大学防災研究所
地震予知研究センター

Research Center for Earthquake Prediction
Disas.Prev.Res.Inst.,Kyoto University

1. はじめに

京都大学防災研究所地震予知研究センター逢坂山観測所では、地下水位と歪変化及び地震発生との関係を知るため観測坑道内に井戸を掘削し、1976年12月（当時は京都大学理学部付属逢坂山地殻変動観測所）から地下水位の連続観測を実施している。観測所近傍で発生した地震のうち、規模の大きい地震前後の地下水位変化についてはいくつか既に報告されているが、今回はこれまでに得られた観測結果の概略について報告する。

2. 観測の概要

観測井戸は、観測坑道として使用している旧日本国有鉄道東海道本線逢坂山トンネルのほぼ中央部に掘削されている。山の被りは約60mである。井戸の深さは坑道床面から19mであり、直径は20cmである。地下水位面が坑道床面より高いため（平均的に水面は床面から約150cmの高さにある）ステンレスパイプで約220cmかさあげしている。観測方式はフロートによる自記記録である。感度は1/1である。第1図に、1990年10月23日から1990年11月20日までの記録を示す。図中3箇所水位の急な盛り上がりが見られるが、これは台風通過に伴う気圧変化によるものである。観測開始以来、日変化の振幅及び気圧・降雨に対するレスポンスに変化は見られず、安定した記録が得られている。

3. 日変化

第1図にも見られるように、地下水位計は全振幅1cm弱の日変化を記録する。フーリエを取ってみると、 M_2 分潮と S_2 分潮が明瞭に分離され、この日変化は地球潮汐変化であると考えられる。

4. 年周変化

第2図は、観測開始から3年間の伸縮計による歪変化及び気圧・雨量変化と地下水位変化の関係を示したものである。地下水位は、ほぼ年間の総降雨量に比例した振幅を持つ年周変化をしている。年周変化において、地下水位変化と歪変化は非常によく似た変化を示している。伸縮計3成分記録からの歪主軸の時間的変化解析の結果、歪の年周変化は、地下水位変化に伴う観測坑道に加わる圧力変化によるものだと考えられる。気圧変化の影響については、台風通過時などの急激な気圧変化の場合を除いて小さく、潮汐変化の振幅を議論するような場合以外そう気にしなくてもよい。また、温度変化についても、観測が坑道内で実施されているためほとんど現われない。

5. 地震に伴う変化

地震に際して、地下水位計は coseismic な地下水位 step を記録することがある。第3図に記録例を示す。aは $M=4.9$, $\Delta=30\text{km}$ (1987年5月28日, 震央: 京都府亀岡市) の地震に伴う変化であり, bは日本海中部地震 (1983年5月26日, $M=7.7$, $\Delta=660\text{km}$) に伴う変化である。観測開始以来, 19個の地震に際して明瞭な coseismic な地下水位 step が観測された。逢坂山の場合, 観測された地下水位の step は地震波初動の押し・引きに関わらず, すべて上昇しているのが特徴である。第4図は coseismic な地下水位 step が観測された地震のマグニチュードと震央距離の自乗を補正した地下水位 step 振幅との関係を示したものである。両者間の直線性から, coseismic な地下水位 step の振幅は, geometrical な減衰を考慮すれば, 地震のエネルギーに比例していると言える。

6. 観測点近傍の地震活動との関係

(1) 経年変化との関連

第5図は, 1977年から1992年までの地下水位変化 (月平均値) と観測点近傍の月別地震発生数 ($\Delta \leq 50\text{km}$, $M \geq 2.0$, seis-pcによる) を示したものである。4で述べたように地下水位は, ほぼ年間の降雨量に比例した年周変化を伴いながら, 経年的な変化も示している。1980年, 1983年~1984年, 1987~1988年に経年変化の傾向が変わっている。明瞭に傾向の変化がみられる1987年頃から地震発生数の増加がみられるようでもある。

(2) 観測点近傍の比較的大きい地震前後の地下水位変化

観測開始以来6個の $\Delta \leq 50\text{km}$, $M \geq 4.5$ の地震が発生している。第6図に, 地震前150日地震後50日の地下水位変化と降雨量を示す。1990年1月11日の地震 ($M=4.9$, $\Delta=17\text{km}$, 滋賀県南部地震) の17日前に約7cmの急激な水位の低下が観測された。地震の前の地下水位の急激な低下は, 1979年, 1980年1987年, 1989年の地震の前にも観測されている (第6図中の▲印)。この他, 1991年9月24日の地震 ($M=4.4$, $\Delta=30\text{km}$) の30日前にも約8cmの急激な地下水位の低下が観測された。観測開始以来5cm以上の急激な地下水位の低下が7例観測された。このうち5例については, 17日から145日後に, 震央距離50km以内にマグニチュード4.0以上の地震が発生している。

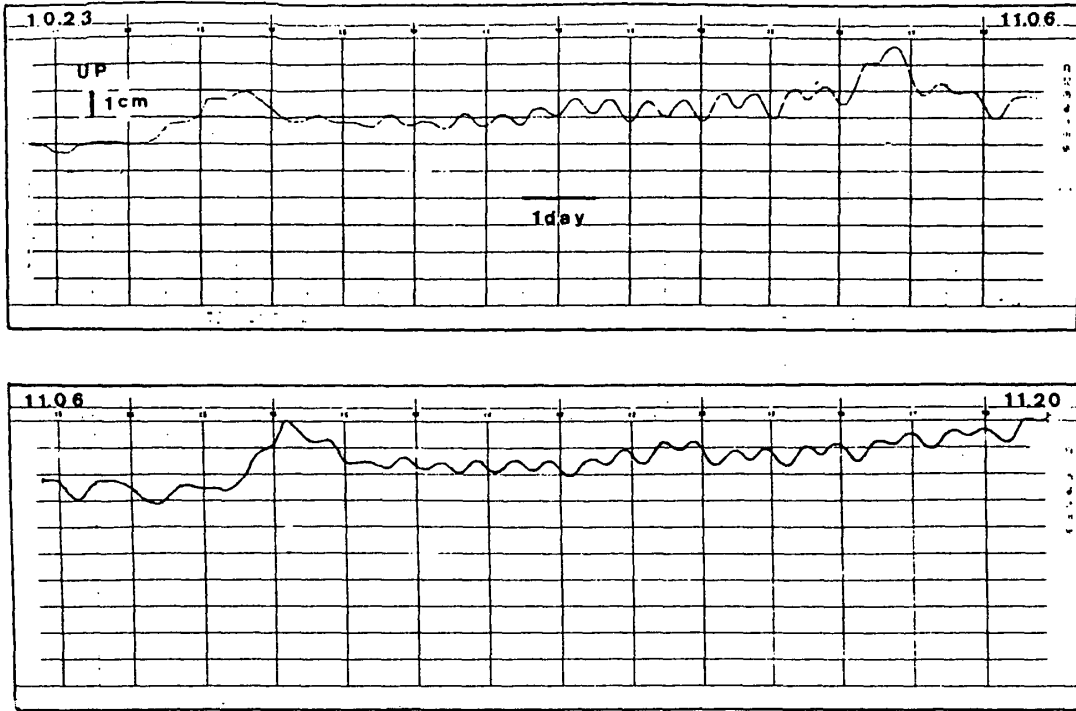
7. おわりに

潮汐変化を記録し, coseismic な地下水位 step を記録すること, あるいは歪変化との相関性のよさ等から見られるように, 地下水位の観測は, それ自身地殻変動の有力な観測手段であると言える。特に観測坑道内における観測は, 既に山の被りがあるため, 比較的浅い井戸であっても, 被圧水の水頭面の変化を観測でき有利である。地震活動との関係においても, 緩やかな変化としての経年変化との, 直接的な異常現象としての急激な地下水位低下との関連について興味深い観測結果が得られつつある。さらに観測を継続していきたい。

(重富國宏)

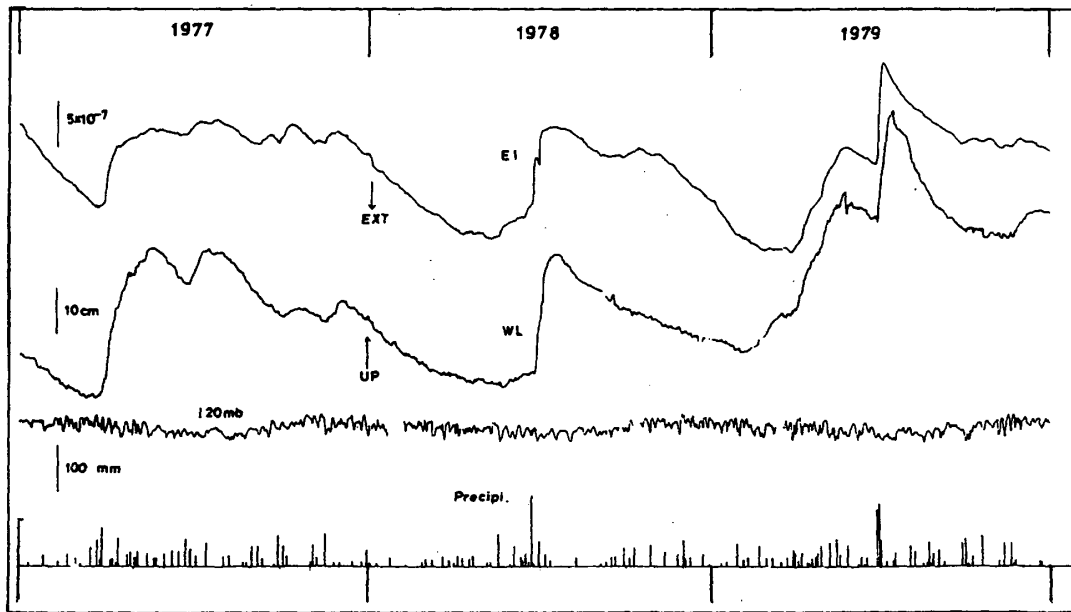
参 考 文 献

- 1) 京都大学理学部逢坂山地殻変動観測所：昭和54年10月16日琵琶湖西部の地震前後の地殻変動，連絡会報，23（1980），125-127.
- 2) 京都大学理学部逢坂山地殻変動観測所：滋賀県南部の地震（1990年1月11日，M4.9）に伴う地殻変動，連絡会報，44（1990），364-367.
- 3) 重富國宏・橋田匡邦・藤井伸蔵：1988，逢坂山地殻変動観測所における地下水位の連続観測について，京都大学防災研究所年報，第31号B-1，19-28.
- 4) 重富國宏・山田勝・藤井伸蔵：1992，逢坂山観測所で観測された地震に伴う地下水位変化，京都大学防災研究所年報，第35号B-1，359-370.



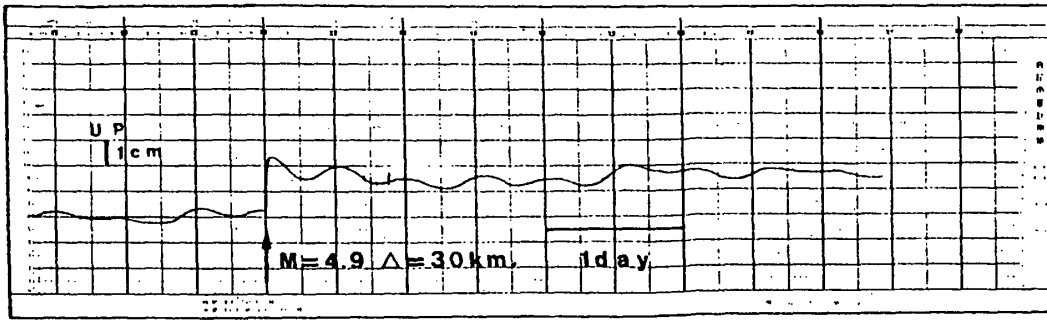
第1図 地下水位計記録例 (1990年10月23日~1990年11月20日)

Fig.1 Examples of hydrograph records for the period from October 23 to November 20, 1990.

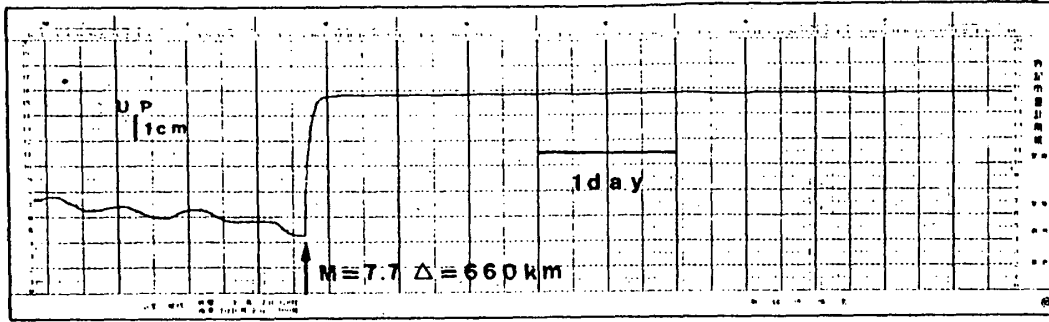


第2図 歪変化及び気圧・雨量変化と地下水位変化 (日値)

Fig.2 Changes in strain, barometric pressure, precipitation and groundwater level.



a



b

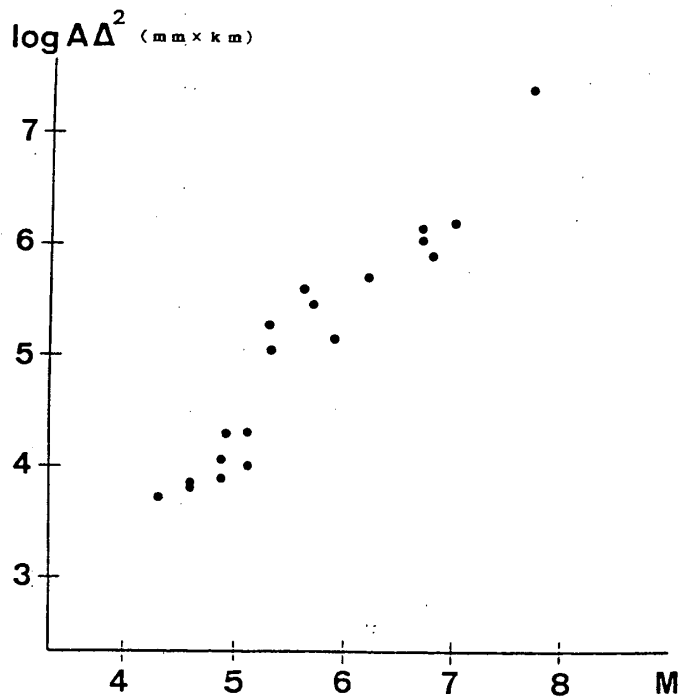
第3図 地震に伴う地下水位変化の記録例

a : $M=4.9$, $\Delta=30\text{km}$ b : $M=7.7$, $\Delta=660\text{km}$

Fig.3 Hydrograph records showing coseismic changes in groundwater level.

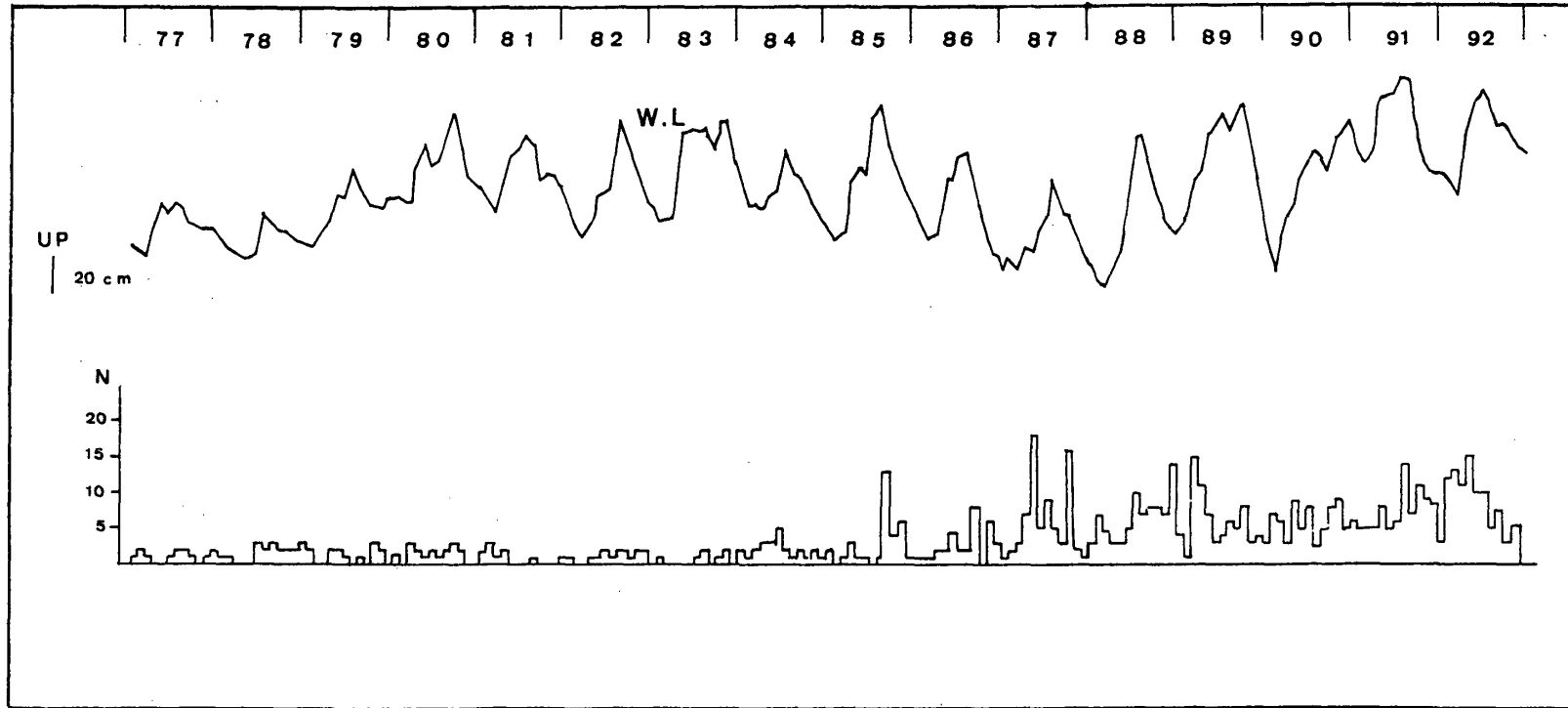
a : for the earthquake with $M=4.9$ and $\Delta=30\text{km}$.

b : for the earthquake with $M=7.7$ and $\Delta=660\text{km}$.



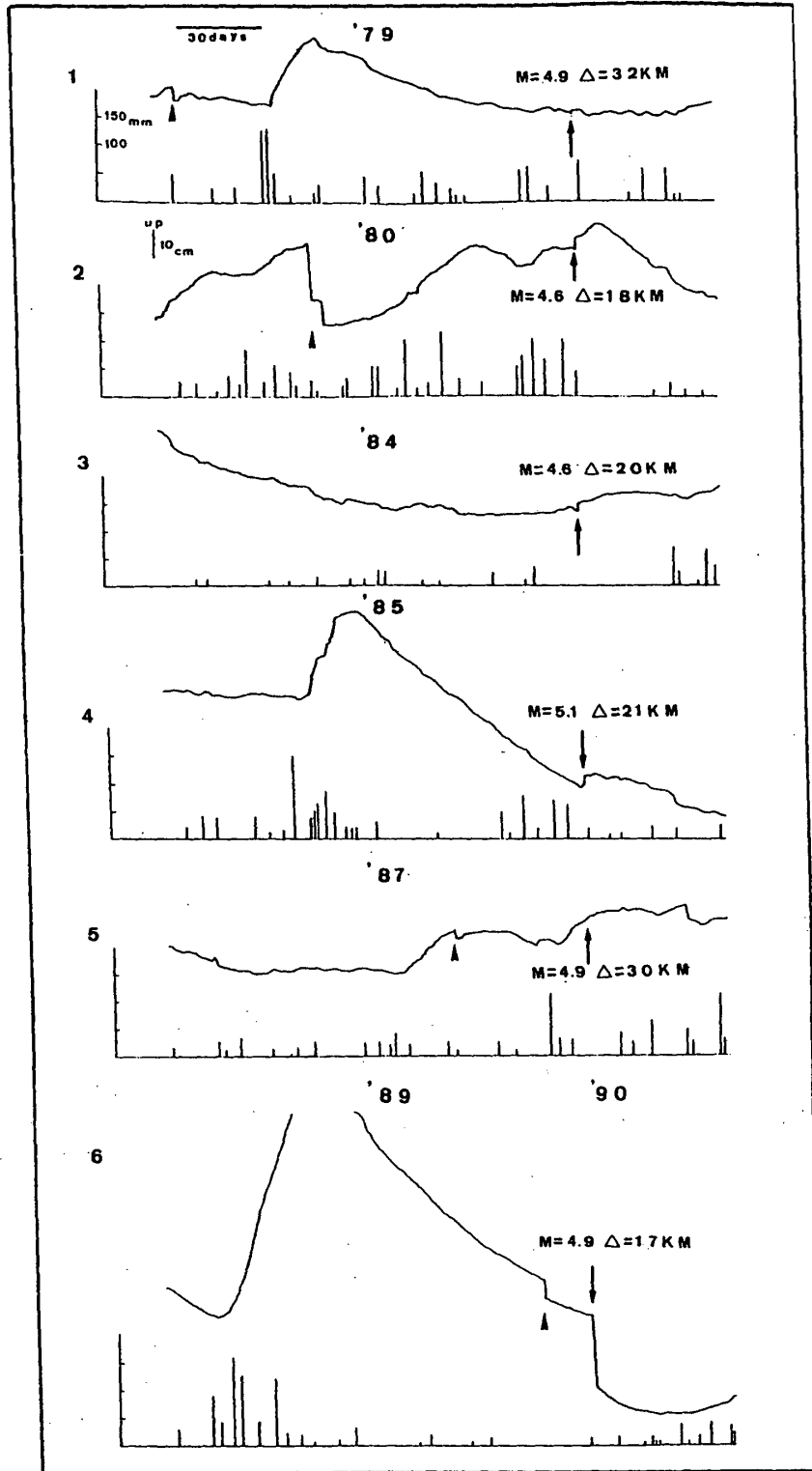
第4図 地震のマグニチュードと震央距離の自乗を補正した地下水位 step 振幅

Fig.4 Magunitude-dependance of logarithmic amplitude of coseismic steps in groundwater level. The amplitude is multiplied by a square of epicentral distance in view of the effect of geometrical spreading for seismic waves.



第5図 地下水位変化（月平均値）と観測点近傍の月別地震発生数（ $\Delta \leq 50\text{km}$, $M \geq 2.0$, SEIS-PCによる）

Fig.5 Comparison between changes in groundwater level (monthly mean values) and every monthly numbers of earthquakes near the observatory ($\Delta \leq 50\text{km}$, $M \geq 2.0$, after SEIS-PC).



第6図 観測点近傍の比較的大きい地震 ($\Delta \leq 50\text{km}$, $M \geq 4.5$) 前 (150日) 後 (50日) 地下水位変化と降雨量 (日値) ▲印を付したところでは急激な水位の低下が観測された

Fig.6 Temporal changes in groundwater level and precipitation for 150 days before and 50 days after the earthquakes.

In some cases abrupt fall in groundwater level (indicated by ▲) were observed.