

43. 1978年伊豆大島近海地震の前兆

—伊豆船原，柿木における地下水位の変化—

地震研究所 { 山口 林 造
 { 小 高 俊 一

(昭和53年 7月26日受理)

1. 序 言

1978年1月14日に起った伊豆大島近海地震 ($M=7.0$) は、伊豆半島東部を中心として、かなり広範囲にわたり地下水、温泉にも影響を及ぼした。今回この地震に関連して、伊豆船原および柿木において得られた地下水位の連続記録は、世界的にも珍しいものである。特に船原の水位変化に見られる前兆現象は、1つの典型的な変化を示すものであり、地震予知の立場からも貴重な資料となるであろう。

地震が予知できることは、われわれ地震の研究に携わる者にとっての悲願であり、社会的に云っても災害を軽減する上で極めて重要な問題である。そしてその為には地震の前兆現象をとらえる観測が必要であることは申すまでもない。この前の報告〔山口・小高(1977)〕にも述べたように、いろいろと検討した結果、伊豆船原と柿木で水位を測定することになった。たとえ今回の地震については、単に注意を指摘した程度に止ったとは云え、今後における地震予知の踏台としての役割を十分に持つであろう。

2. 船原の水位変化

地下水位の変化は一般に複雑であり、いろいろな要因が考えられる。地震との関係を見るための地殻内部に原因をもつもの以外にも、気圧、潮汐、雨量さらには人為的なものなど、いろいろな要因がある。従って地震の前兆現象を問題とするときは、これら他の要因をできるだけ補正しなければならない。さらには観測地点も地震について敏感に反応しやすい場所であることが望ましい。4年前の伊豆半島沖地震の調査以来、上記その他の条件をいろいろと考慮して1976年秋から船原において水位の連続観測を開始した。源泉の深さは600mで勿論使用されていない。観測開始当初の事情および、いろいろと検討した結果については前報告を参照されたい。

今回の地震による船原の水位低下は、Fig. 1 に示されているように実に7mにも達した。また地震と同時に低下を示し、その低下の速度は1分間で約1mの割合が記録されている。2m余り下ったところで錘が滑車の下端につかえ、翌15日7時31分の最大余震でつかえた錘がはずれ、水位はさらに低下していた。このような地震時における顕著な水位変化は、地震との関係がより密接であることを示すものである。従ってその前兆現象にも、

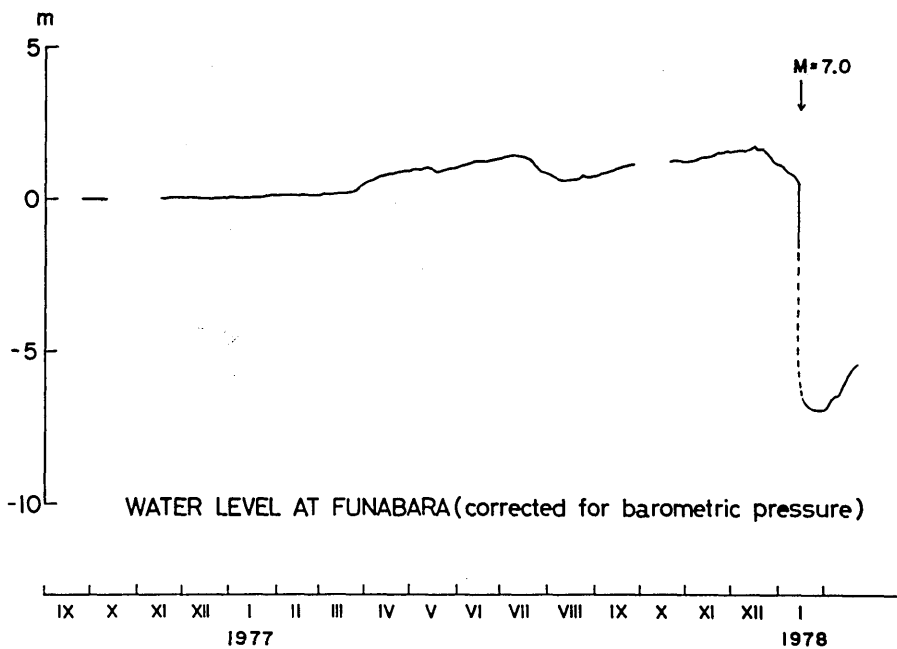


Fig. 1. Changes in water level (corrected for barometric pressure) observed at Funabara prior to the Izu-Oshima-kinkai earthquake of 1978. The coseismic fall in water level is about 7m.

より信頼性を与える根拠となる。

気象庁の資料による地震初動の押し引き分布から、この地震の発震機構が決められる。4年前の伊豆半島沖地震のときにも指摘したごとく、伊豆半島および、その周辺に起る地震の発震機構は、地域的に2種類に大きく分けられる〔山口・小高(1974)〕。即ち今回の主震はBグループに、そして最大余震はAグループに属することになり、指摘した通りの発震機構を示すことになった。このことは発震機構が地域的な構造と密接な関係にあることを、さらに裏付けたことになった。そして主震の発震機構によると、船原の位置は引きの象限にあり、地震による水位への影響は低下する向きにあることになる。しかし水位の変動と発震機構は、地質構造の複雑さと水理的な影響もあって、必ずしも常にこのような簡単な関係で結ばれるものではないが、今回の場合は変動も大きく比較的好条件にあったと云える。

Fig. 1 には既に気圧補正がされている水位変化が示されているが、1977年3月以前の安定した水位に比較し、それ以後は不安定であることは余りにも明瞭である。3月下旬の急な上昇および7月中旬から8月上旬にかけての下降は、それぞれ数百米離れた源泉の工事および温泉プールへの給湯など人為的な影響によるものである。それ以外の12月中頃までの月平均約30cmの上昇変化と12月下旬からの急低下は、地震の前兆現象としての1つの変化のパターンであると思われる。

このような型の変化は、既によく知られている1964年の新潟地震の震源付近における地

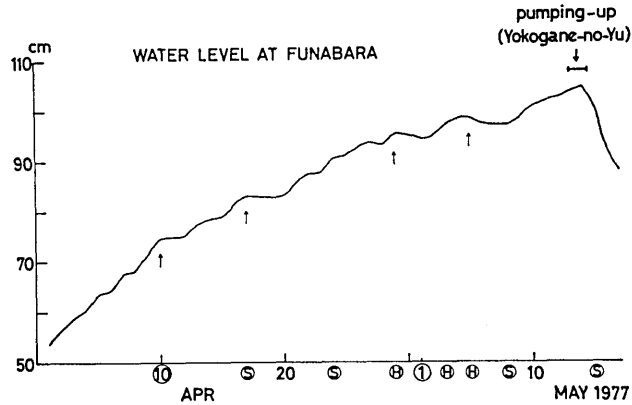


Fig. 2. Changes in water level (daily mean value) corrected for barometric pressure. The rapid fall of the water level is caused by pumping-up of hot water at a nearby well, which was intentionally done for 1.5 days at Yokogane-no-Yu, 300m upstream of our well on the Funabara River. Similar phenomena appear on holidays (denoted with a circle), which are conspicuous at the sections on the record indicated with arrows. This is because more hot water is used on holidays than usual at surrounding hot springs.

殻変動にも見られたものである。それ以来十年余り多くの研究者によって、岩石破壊実験なども含めて、地震の前駆現象の変化の様相が、いろいろと検討されている〔例えば茂木(1974)〕。勿論一つの型に決められる程単純なものではないが、地震の前兆現象を解釈する上で極めて意義が深い。しかしながら地震の予知に役立つためには、より良い観測を1つでも多く実施し、現実の複雑な構造に対する、いろいろな変化の型を積み上げて検討をする必要がある。中国が大衆までも動員し、世界に先がけて、いくつかの地震予知に成功した現実は、将にそのことを示唆するものであろう。

船原の水位変化には上述のように人為的な影響も含まれているので、さらに細部の変化について説明を加えておくことにする。

人為的な影響と云えば、使用する立場で考えるので水位は低下する傾向を示すのが普通である。従って3月下旬頃からの水位の急上昇は、もしかすれば地殻内部の異常が原因かも知れない。しかし源泉の使用状況の低下による水位上昇ということも考えられる。或は観測期間もまだ短いので、この源泉固有の季節的変動の可能性もある。いずれにしても人為的な影響があるとすれば簡単な特徴が水位変化に現われるはずであり、調査してみた結果が Fig. 2 である。以下水位変化の図は、いちいち断わらないが、いずれも気圧補正をしてある。

Fig. 2 は1977年4月の始めから5月の中頃までの日平均の水位変化である。連休を含んだ最も観光客の多い期間である。横軸にある丸印は日曜、祝日を示す。予想された通り矢印のあるところは湯が盛んで、水位は上昇が押えられるか、あるいは低下している。そして4月20日以前と以後では明らかに上昇速度が変化していることが見られるであろう。確かに人為的な影響が認められたが上昇を説明したことにはならない。さらに他の源

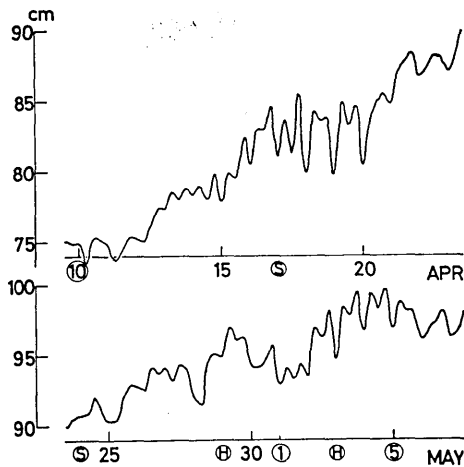


Fig. 3. Changes in water level (corrected for barometric pressure) observed at Funabara. A circle denotes a holiday (Sunday or national holiday)

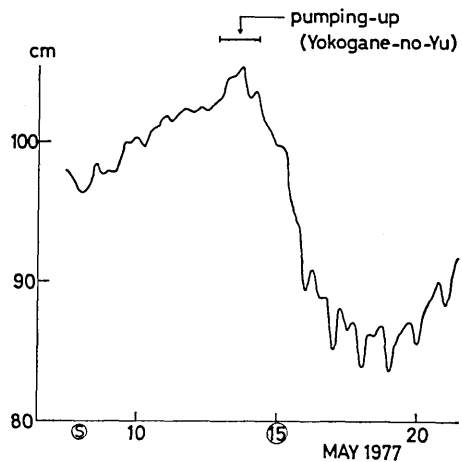


Fig. 4. Changes in water level (corrected for barometric pressure) observed at Funabara. Pumping-up of hot water at Yokogane-no-Yu produces a large effect on the water level.

泉からの影響の程度を見るために、最も近い「横金の湯」との関係調べることにした。この源泉は測定場所より船原川の上流約 300m のところに位置し、深さは同じく 600m で最も関係が深いと思われたからである。最近では全然使用されていないので、わざわざ依頼して約 1 日半揚湯をして頂いた。図に見られるように約 1 日遅れて、その影響は実に明瞭である。

上述の変化を、さらに詳しく示したのが Fig. 3~4 である。明らかな潮汐の変化とともに、人為的な影響も含まれて複雑になってくる。気圧補正はしてあっても観測当初のように小さな変化を問題とすることは出来ない。「横金の湯」の揚湯による水位低下は 20cm にも及び、その影響は約 5 日間にもわたっている。このことは、かなり遠い源泉まで調査の必要があることを示している。そこで、揚湯していた源泉で暫くの間何かの事情で中止していた期間があったかどうかを調べることにした。対象とする源泉の数は少なかったので割合早く原因を見出すことができた。船原川の下流で測定場所から約 600m 離れた地点にある「玉藤の湯」(深さ 598m) が原因であった。この源泉では、3 月下旬から約 2 週間工事のため揚湯を中止していたことが分った。

Fig. 5 には引続き 5 月下旬から 6 月中旬までの水位変化を示してある。その下に「玉藤の湯」で揚湯していた時間を線の長さで示してある。工事後は以前とそれ程変わらない程度に使用されているとのことであるが水位の上昇は止まず、やっと 6 月中旬になって安定したかに見える。Fig. 6 にはさらに 7 月中旬までの変化を示し、下にはポンプの圧力表示を書き入れてある。この図を見て分るように、「玉藤の湯」での揚湯の影響は 6 月中旬に顕著に出ているが、それは水位の上昇を押える程度であって、とても工事前の状態にまで低下する様子は見られず、依然として人為的以外に水位上昇の原因があることが分る。

ところで観測を続けていると、いろいろな要因が加わるものである。前記の「玉藤の

湯」の工事などもその例で、むやみにあるものではない。Fig. 7 に今迄に説明した期間を含め、観測開始当初の1976年9月から1977年8月過ぎまでの水位変化を示してある。図の下には天城営林署管内の本谷種苗観測所（船原の南東約6km）で測定された日雨量も書入れている。

図で見られるように、7月中頃から8月上旬にかけての急激な水位低下は、約80cmにも及び予想もしていなかった。調査の結果「木之股湯」から温泉プールへの給湯の期間と略一致していることで、これもまた人為的な影響であることが分かった。この源泉は深さ500mの自噴泉で約300m離れた位置にあるが、常時の使用量より多くなったのが原因となった。8月中旬に入って前の使用状態に戻したので水位もまた回復に向った。その後「三竜の湯」などにも若干湯湯の変化などがあり人為的な影響も多少はあると思われるが、それ程問題として取上げるほどでもない。また他の源泉の使用にも平常と変わったところはない。以上人為的な影響を検討した結果を踏まえて、再びFig. 1を御覧になって頂きたい。

Fig. 1 から今迄説明した人為的な影響と思われるところを除くと、4月から12月中頃までの間で月平均約30cmの水位の上昇部分が浮かび上がってくる。これは3月以前の安定した変化を参考にすれば季節的な変化としても説明出来ない変化である。さらに12月中頃から水位は次第に低下の方向へ変わり、下旬からは急な低下を示す。そして主震が起るまでの約1ヶ月の期間は、地震予知の立場からは非常に重要な期間であると考えられる。

気象庁の報告によれば、1977年になってからの大島付近の地震による大島での有感地震の回数は、10月になって急に増加した。即ち10月は9回で、それ以前の9ヶ月間の回数に匹敵している。11月は更に増加して15回、12月は7回である。ところが上に述べたごとく、水位が低下の方向に向きを変えた12月中頃から翌年1月14日の主震が起る前日13日の20時までには、パツパツと有感地震が無いのである。このような変化は重要で、地震の前兆現象が観測される場合の典型的な変化の1つと考えられる。

船原における地震時の水位の急激な低下からも考えられるごとく、地震前は圧縮を受けていたと考えられる。3月以前からも水位は少しではあるが上昇を続けていた。この変化は前兆としての緩慢な準備段階とも取れるが、観測期間がまだ短いこともあって判然とは

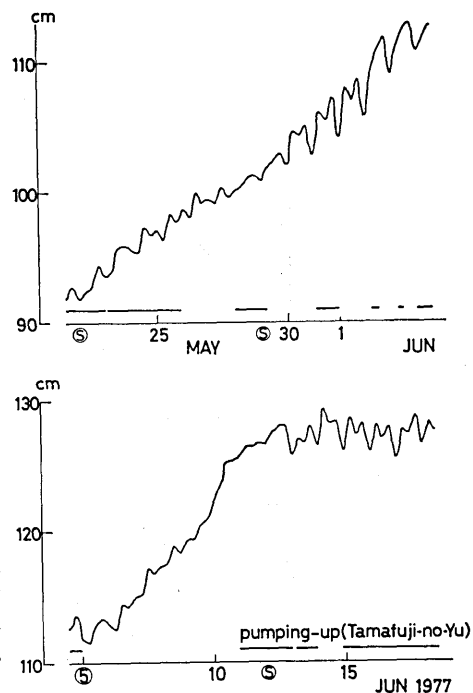


Fig. 5. Changes in water level (corrected for barometric pressure) observed at Funabara. A horizontal line denotes the time of pumping-up of hot water at Tamafuji-no-Yu, 600m downstream of our well on the Funabara River.

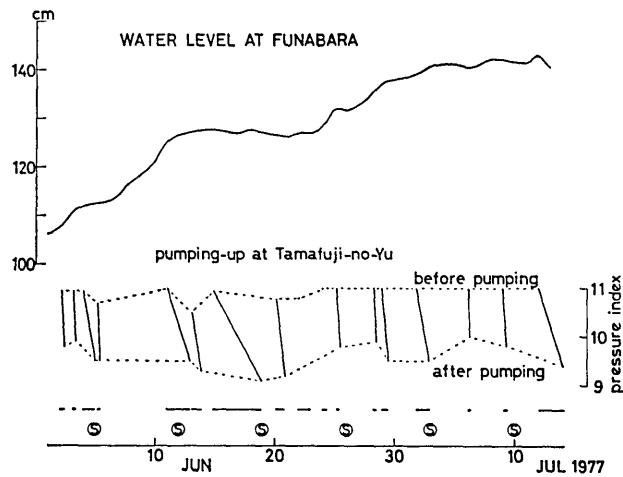


Fig. 6. Changes in water level (daily mean value) corrected for barometric pressure. The horizontal line shows the time of pumping-up of hot water at Tamafuji-no-Yu. An oblique line indicates relative pressures in an air tube before and after pumping.

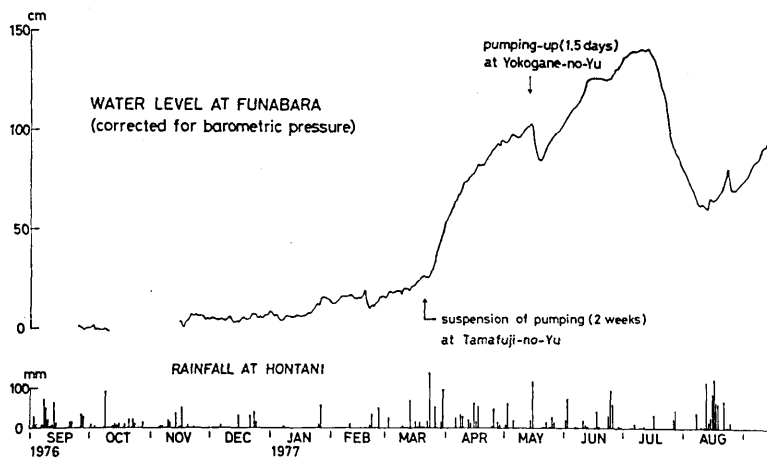


Fig. 7. Daily mean water level at Funabara. The bottom line graph shows daily rainfall observed at Hontani, 6km southeast of Funabara. The effect of rainfall on the water level is not clear. The rapid rise in the water level in March was triggered by the suspension of pumping-up at Tamafuji-no-Yu. The large fall which lasted for nearly one month since the middle of July is also attributed to artificial causes.

しない。しかしながら4月以降12月頃までの水位上昇は、かなり広範囲において圧縮を強く受けてきたことによるものであろう。そして応力がある程度高まった10月頃から、構造として弱い部分に地震が頻発し始め12月上旬頃までその状態が続く。

茂木(1974)は地震の前駆現象を説明する1つのモデルを提案した。即ち将来地震断層が発生する領域では、その前段階として微小クラックの集中や塑性変形が進行し、他の広範な領域では応力が低下する期間が存在するという考えである。

震源から離れた船原における12月中頃からの水位低下は、特にこの期間における応力の低下によって起った現象と考えることができる。そして約1ヶ月間にわたるこの

現象は、次に起る地震断層の準備の段階と考えられる。これらの現象は、破壊領域への水の流入という考えも否定するものではないが、今後破壊領域を含んだ周辺部の地震活動、その他関連現象の時間的推移を精しく検討することによって解決して行かなければならない課題である。

1978年1月13日20時38分から始まる一連の前震は、当然それまでに起きた地震よりは大きくなるであろう。それらの中で最も大きい前震が1月14日9時45分および47分に起きた $M=4.9$ の地震である。これらの地震に伴ない僅かながらも船原および柿木の水位に直接の変動が現われた。これをFig. 8に示す。船原の原記録のコピーを取ると、ほとんど2つの地震の区別がつかないが、原記録を良く見て拡大すると図のように区別せられる。柿木の方は変動もごく僅かでありなめらかである。変化は主震と同じく低下を示しており、その意味でも前震であったと理解できる。

以上のように説明してくると、船原の水位変化はいかにも地震の前兆として、もっともらしく思えてくる。また事実、地震の起る前月の12月の地震研究所の談話会でも、さらにその前の秋の地震学会でも、注意してゆかなければならないことを指摘した。また同様の現象が他の地域でも見出されないかどうか心配になって土肥にまで調査に出かけたりもした。然しながら、その段階でも地震の前兆現象として明言出来なかったのは、さらに予期しない他の原因による水位変化ではないだろうかと疑う気持ちが先に立ったこと、前兆を明言した場合にもつ影響の重大さを考えたからであった。

3. 柿木の水位変化

今回の地震による柿木の水位変化はFig. 9に見られるように1.5mの低下を示した。これもまた、船原の変化ほどではないが、地震と同時に顕著な変動を示した。

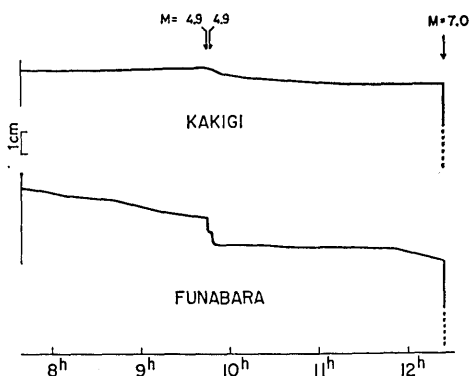


Fig. 8. Changes in water level recorded at Kakigi and Funabara prior to the Izu-Oshima-kinkai earthquake ($M=7.0$). The times of occurrence of two foreshocks ($M=4.9$) and the main shock are indicated with arrows.

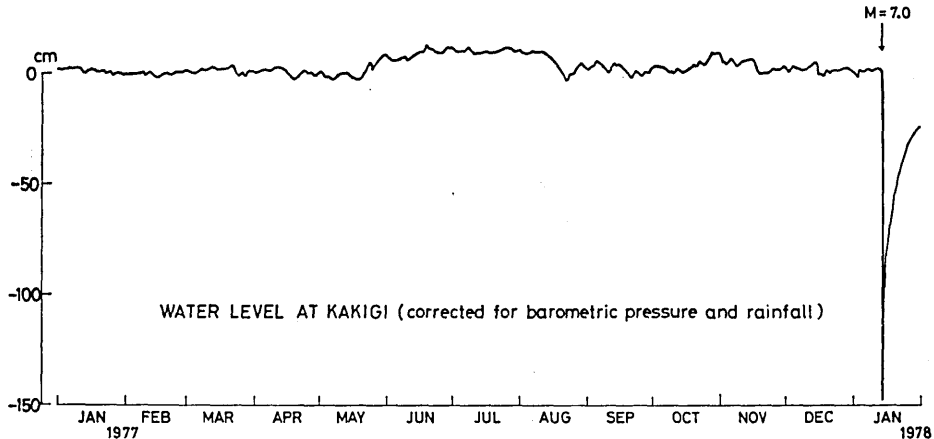


Fig. 9. Changes in water level (corrected for barometric pressure and rainfall) observed at Kakigi prior to the Izu-Oshima-kinkai earthquake of 1978. The coseismic fall in water level is about 1.5m.

この源泉の深さは 250m で、観測当初においては非常に安定し、ほとんど気圧変化で説明できるものであった。当初の事情については前の報告を参照されたい。

Fig. 9 には既に気圧および雨量の補正をした水位変化を示してある。地震の前兆に関しては、前に述べた船原におけるような典型的な変化は見られない。しかしながら 5 月下旬から 8 月上旬にかけて約 10cm の水位上昇と、その後の不安定な変化は、それ以前の安定した水位に比較して明瞭である。ただ季節変化など井戸固有の変化の可能性もあり、現段階で前兆として見るには疑問が残る。Fig. 9 に見られるような地震時の、顕著な変化に対しても、その前段階でこの程度の変化しか得られないとすると、雨の影響を強く受ける一般の浅井戸では、前兆現象に対してあまり期待が持てそうにもない。

この前の報告でも述べたように、柿木の水位変化もまた船原同様に安定したものであった。一見気圧変化だけでほとんど説明ができるように見えたが、細部の点になると船原のようには的確な補正が出来なかった。この原因は観測を続けているうちに雨の影響であることが分った。これは観測を始めた頃は雨量が少なく地域的な差もあって、気圧変化との区別が困難であったことによる。

Fig. 10 には 1977 年 2 月末から約 2 週間の水位変化、気圧変化、気圧を補正した水位変化を示してある。このうち 3 月上旬における水位と気圧との関係は最も相関の良い時期であり、これを基準にして気圧補正を行った。このような気圧補正に望ましい資料は、稀にしか観測し得ない。気圧は修善寺保健所内で測定された値であり、観測を依頼している。気圧を補正すれば下図のように潮汐の影響も明瞭に現われてくる。しかし今のところ 1cm 程度の潮汐の変動を問題にするところまでには至らない。先ず降雨による影響と、その補正が問題である。以後の水位変化の図は、いずれも既に気圧補正後のものである。

次に降雨により影響を受けた、いくつかの水位変化の例を示すことにしよう。まずかなりの雨量によって大きく変化を受けた場合を Fig. 11~12 に示す。雨量は柿木より上流約 8km の達磨山での日雨量である。雨量との関係は気圧を補正したことによって極めて顕

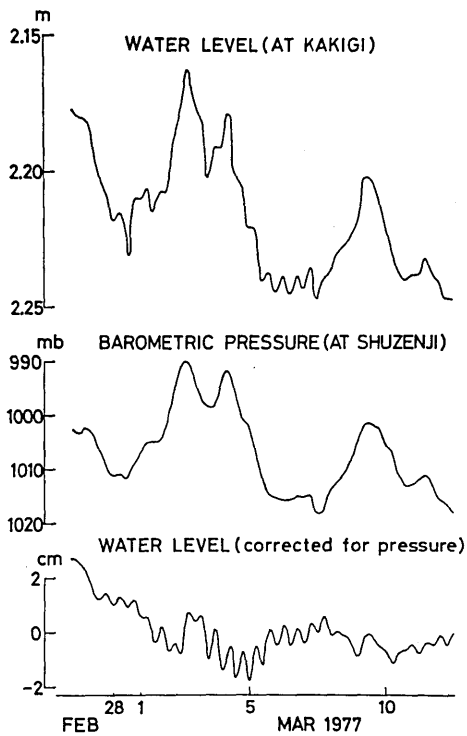


Fig. 10. Comparison of changes in water level (top) and barometric pressure (center). The bottom figure shows the water level corrected for barometric pressure.

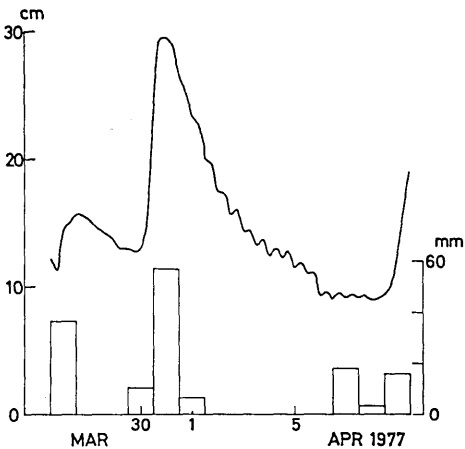


Fig. 11. Changes in water level (corrected for barometric pressure) observed at Kakigi, and daily rainfall observed at Mt. Daruma, 8km upstream of Kakigi on the Kakigi River.

著に対応がつけられる。しかし量的に議論をすると事柄は簡単ではない。どの地域の降雨がどう影響してくるか。地域ごとの雨量の時間的変化はどうであったか。地下への滲透の仕方、蒸発の程度、土壌、河川への貯留、流出との関係など、考えればいくらかでも問題点が出てくる。実に多種多様な問題があり、どの一つをとっても研究課題となるだろう。雨量の観測点だけを取り上げても、河川の洪水のような大きな変化を対象とするならともかくとして、地下水の変動との関係を調べるとなると、余りにも数が少な過ぎる。しかし図から分かるごとく割合に簡単な形で変化しているので、或程度比較検討ができる。ここに図示したものは或程度区別される2通りの型である。

また次の Fig. 13 に示してあるのも比較的量的に検討しやすい基本的な型である。但し下図に示した雨量は水位測定場所における雨量で、横の巾は降雨時間に相当する。位相のずれは降雨量、時間的変化、降雨前の状態によって異なるが、図からも分るように一般的に云って、かなり敏感に反応する。ただ日雨量で図示するときは、雨の降る時間によっては多少ずらした方が、次図のように対応が付きやすいこともある。日雨量で比較するときの多少のずれは致し方がない。しかし雨量では説明のできない水位変化もある。次図にそ

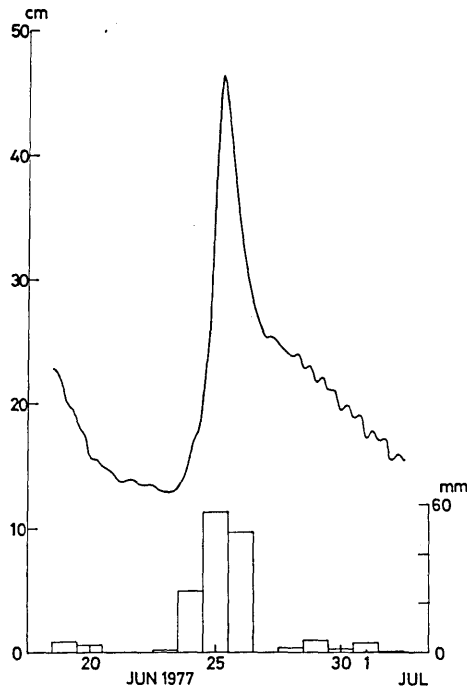


Fig. 12. Changes in water level (corrected for barometric pressure) observed at Kakigi, and daily rainfall observed at Mt. Daruma.

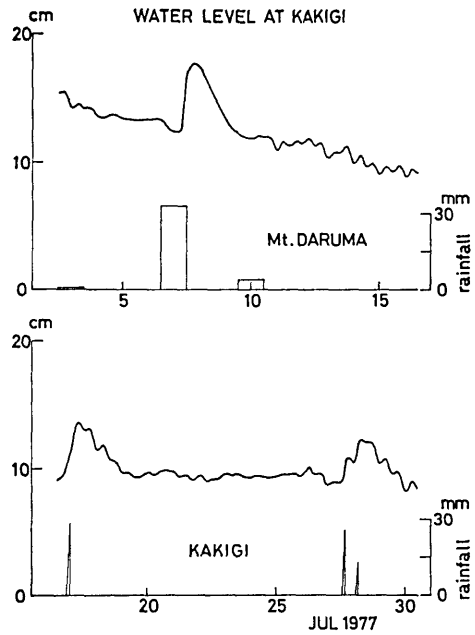


Fig. 13. Changes in water level (corrected for barometric pressure) observed at Kakigi. Daily rainfall at Mt. Daruma (upper figure) and real time-dependent rainfall at Kakigi (lower figure) are shown together.

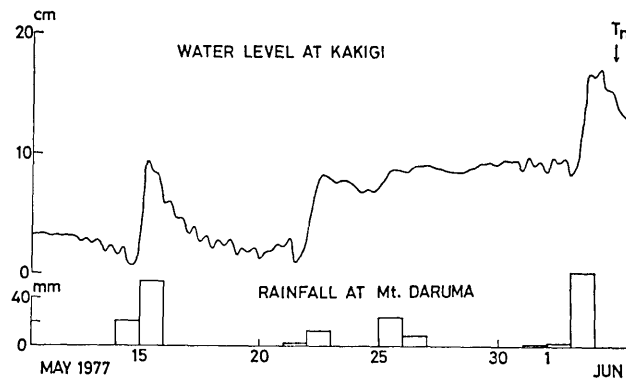


Fig. 14. Changes in water level (corrected for barometric pressure) observed at Kakigi are shown together with the daily rainfall observed at Mt. Daruma. A step-like rise in the water level beginning on the 22nd of May is unexplainable in terms of rainfall.

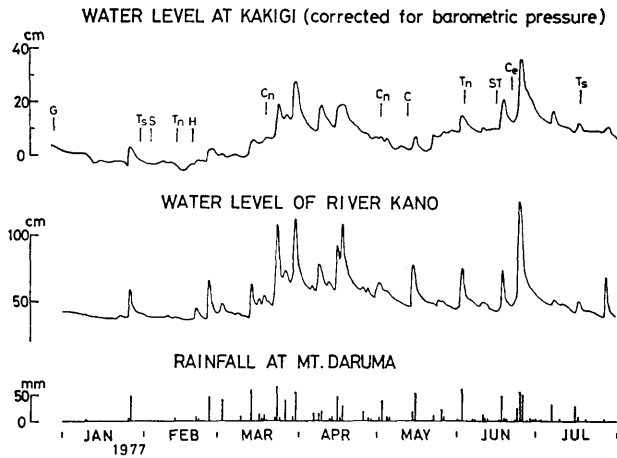


Fig. 15. Changes in water level observed at Kakigi (top), and changes in water level of the Kano River observed at Endo Bridge, 4km downstream from Kakigi (center). Lines with letters such as G, Ts on their tops indicate the times of occurrence of felt earthquakes at Ajiro, Izu Peninsula. The bottom line graph shows daily rainfall at Mt. Daruma.

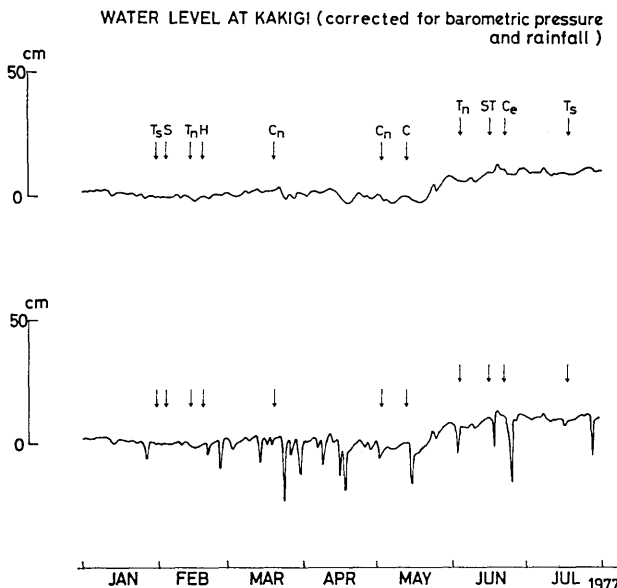


Fig. 16. Bottom curves show changes in water level at Kakigi corrected for rainfall with the use of R. Kano's data on changes in water level. The top curve is obtained from the bottom curve by neglecting sharp peaks corresponding to the rainfall more than 10mm. Arrows indicate the times of occurrence of felt earthquakes at Ajiro.

れを示す。

Fig. 14 に示された水位変化で5月15日および6月2日の雨量による変化は予想される変化である。しかし5月22日以降6月1日までの水位変化は降雨による影響としては、どう見ても納得のいかない変化であろう。柿木の近くでは使用している源泉もなく、船原のような人為的な影響は考えられない。図中 T_n と書いたのは、6月4日8時27分に行った東京湾北部の地震 ($M=4.6$) で見掛上関係のあるように見える。しかし見掛上だけで地震の前兆を云々するのは危険である。この場合は地震による変化が明確に観測されていないので関係は無いのである。実際この6月下旬から水位が上昇した現象は、かなり続いていることが別な観点から実証される。

即ち降雨による影響というものを、単にある観測点での雨量だけから判断せずに、ある地域に降った雨量を集積したものを考慮の対象においた方が良くであろう。それには近くの河川の水位の変化が、そのような情報を示していると考えられる。調査の結果幸いにして、比較的近くに適当な資料のあることが分った。次にそれを示す。

Fig. 15 に1977年1月から7月までの水位変化、柿木から約4km下流の狩野川遠藤橋の地点での河川の水位、その下に達磨山での日雨量を示した。それらを比較して実に良い対応をしていることに気付かれるであろう。特に量的に比較するには、雨量の代りに河川の水位と比較する方がはるかに便利で都合がよい。地下水位と河川水位との相関が良いところを基準にとって補正したのが次の図である。

Fig. 16 の下に示したのがそれで、河川水位から期待される地下水位である。河川は表流水の故に雨量が多い場合、降雨当日は非常に河川水位が高くなることが予想される。従って地下水位を逆に低く見積り過ぎる結果になり、それが図に現われている。従って雨量10mm以上の降雨当日だけの変化を除けば、一応補正された意味のある図が出来上る。それが Fig. 16 の上図に示したものである。勿論雨量の多い当日の変化だけは、前にも示した水位曲線の変化パターンの差異から別途に考慮する必要がある。図を見れば余り大きな変動は無く、先に Fig. 14 で指摘した問題、即ち降雨の影響では解釈が出来ない5月下旬からの水位の上昇変化は、依然として、この補正によっても異常なものとして残り、見掛上起きた東京湾北部地震の後も引続き残っていることがわかる。これが果して何を意味するかは、最初にも触れたごとく将来に残された問題である。

図中に参考の為に、この期間に起きた伊豆網代での有感地震を矢印を入れて示した。それらの地震は T_s (1月31日、東京湾南部)、S (2月4日、静岡中部)、 T_n (2月14日、東京湾北部)、H (2月19日、八丈島近海)、 C_n (3月20日、千葉北部)、 C_n (5月3日、千葉北部)、C (5月13日、千葉中部)、 T_n (6月4日、東京湾北部)、ST (6月16日、埼玉・栃木県境)、C。 (6月22日、千葉東方沖)、 T_s (7月18日、東京湾南部) の記号で示されている。

御覧のように、この図からは特にある地震に対応して水位に異常があったという関係は見当らないし、事実地震の時もそれらしい変化は無い。しかし今回の伊豆大島近海地震については、最初にも述べたごとく実に見事な変化を示し、また主な余震についても、それなりの変動があった。それを次図に示す。

Fig. 17 は柿木における主震直後の水位変化である。主震直前の水位を基準にとって表

わしてある。低下量は船原に比較し約1/5と少ないが、地震との関係は歴然としている。また翌日伊豆半島中部に起きた余震(15日3時46分 $M=4.6$, 7時31分 $M=5.7$)の場合についても明瞭に水位は低下を示している。これら水位変化の量的な検討については船原とともに次の機会に譲る。地下水位の変化は、その周辺の岩石中の間隙圧の変化と対応していると考えられる。一方、地震に伴って生ずる歪場の変化は、地震前のそれに比較して、はるかに急激であり、また大きいと思われる。即ち一般には地震に伴う水位変化は、前兆としての変化より急激で大きいと考えられる。今回観測されたような顕著な水位変化が初めて、それに関しての前兆が意味あるものとなるであろう。

以上柿木の水位変化に関して、いろいろな問題を検討してきたわけであるが、そうした上で再び Fig. 9 を御覧になって頂きたい。地震時のこれ程顕著な水位変化があるときでも、直前の変化となると、これと違って非常に明確な変化がない。また船原ほど前駆的現象としての典型的な変化もない。ただ長期的に見れば前にも述べたような5月下旬以降の変化があるが、まだ検討の余地がある。このことは、雨に影響を受けやすい井戸の水位変化では、地震に関係した前兆を問題とするのは、一般的に言ってかなり難しいことを意味しているのかも知れない。それは、たとえ変化があったにしても比較的短時間のうちに、水位が回復してしまう場合が多いと考えられるからである。それは船原と柿木の地震後における水位の回復の様子を見れば明らかである。

4. 結 語

以上、船原、柿木における伊豆大島近海地震による水位変化ならびに、その前兆について述べてきた。特に地震時における顕著な水位変化は、世界的に見ても珍しい記録である。また船原における前兆に関係した典型的な水位変化は、今後の地震予知に貴重な資料を与えることになるであろう。

上述のような、またと得難い非常に大切な観測ができたことは、修善寺保健所および各源泉所有者の御協力によるものであり、関係者の皆様に心より厚く御礼申し上げる。また天城営林署、沼津工事事務所からは、雨量測定データ等関係した様々な資料の提供を頂いた。さらには此の報告には直接ふれてはいないが、1974年の伊豆半島沖地震以来温泉の調査をはじめ、いろいろな調査に際して関係機関の、そして個人的にも多くの方々の御世話になっている。併せて心より厚く御礼申し上げる。

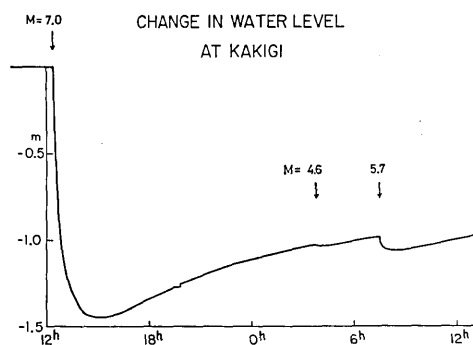


Fig. 17. Changes in water level observed at Kakigi following the Izu-Oshima-kinkai earthquake and its aftershocks.

文 献

- 茂木清夫, 1974, 岩石破壊と地震予知, 材料, 23, 320-331.
山口林造・小高俊一, 1974, 1974年伊豆半島沖地震調査報告, 地震研究所速報, 14, 241-255.
山口林造・小高俊一, 1977, 伊豆船原, 柿木における水位変化および熱海などの温泉の変動について, 地震研究所彙報, 52, 191-207.

43. *Precursory Changes in Water Level at Funabara and Kakigi
before the Izu-Oshima-kinkai Earthquake of 1978.*

By Rinzo YAMAGUCHI and Toshikazu ODAKA,
Earthquake Research Institute.

Measurements of the ground water level of deep wells have been made at Funabara and Kakigi in the Izu Peninsula since September 1976. The depth of the two wells is 600m and 250m respectively. Remarkable coseismic drops of about 7m and 1.5m were recorded at the respective wells associated with the Izu-Oshima-kinkai earthquake of January 14th, 1978. Large foreshocks and aftershocks were also followed by changes in water level.

Precursory changes can be recognized on the record at Funabara; the earthquake occurred about a month after a rising trend in the water level which had lasted for several months or more changed to rapid falling. It is not clear when the precursory rising began because it overlapped changes attributed to artificial causes.

Precursory changes as observed at Funabara could not be detected at Kakigi. This may be partly because a shallow well tends to keep a constant water level; the water level at Kakigi, for example, is greatly affected by rainfall but it rapidly returns to the previous level, and hence relatively slow variations of water level caused by variations of pore pressure (or originally of tectonic stresses) do not appear on the records.

We think that a deep well is in general more suitable than a shallow well for detecting changes in water level associated with an earthquake. We also believe that generally speaking only a record that shows clear coseismic changes bears discussion with regard to the possibility of detecting precursory phenomena of an earthquake, because coseismic changes reflect drastic changes in the state of stress fields associated with an earthquake and thus are large compared with the changes occurring gradually in advance of it.