

伊豆半島東部における水位・湧出量観測と地震前後の水位等の変動

岸 和 男 (環境地質部)

はじめに

地質調査所では地震予知に資するデータを得るため昭和51年4月以来 伊豆半島東部について 地下水の水位・水温・水質・ラドン・溶存ガスなどの観測および研究を続けている。これらの結果はその都度地震予知連絡会などに報告している。ここでは伊豆半島東部における地下水位・自噴量観測施設の概要を紹介する。

なお上記の調査観測を行うに至った経緯および地震と地下水とのかかわりあいについてはすでに地質ニュース No. 262・270等で多数報告されているので そちらを参

照されたい。

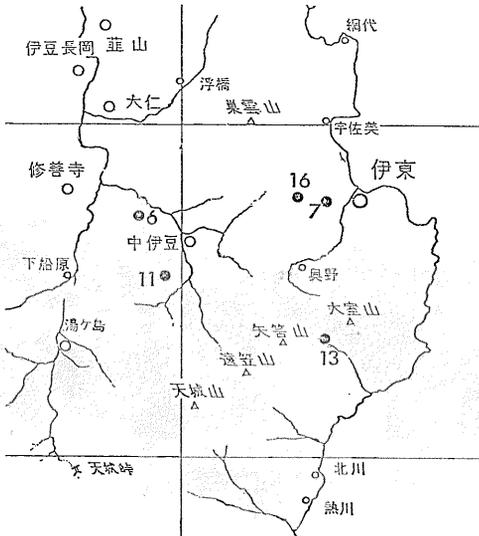
1) 伊豆半島東部における水位・水量の観測

1-1 観測箇所と観測期間

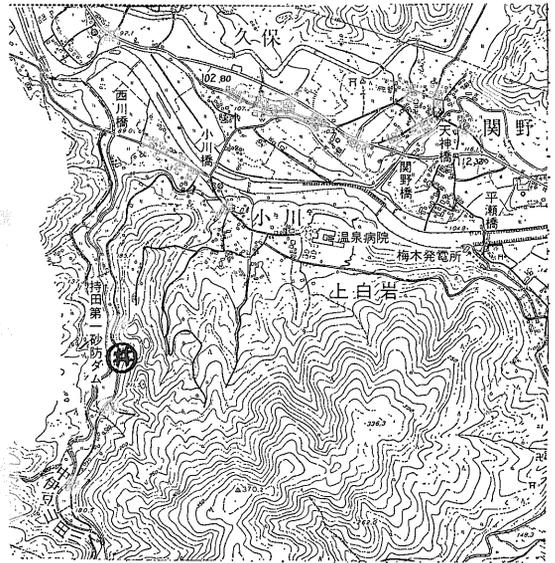
第1図に観測地点を第1表に観測箇所と観測期間を示した。伊豆半島東部における地下水位等の観測は当初異常隆起地帯のなるべく近くで観測を行いたいということもあって観測箇所はかなり限定されたものとなっている。第1表のうち地質調査所で直接自記観測を行っているものは 現在上白岩観測井と姫ノ湯水井戸の2カ所である。 姫ノ湯温泉井は週2回の依頼観測であり伊

第1表 伊豆半島東部における水位・水量観測箇所一覧

番号	名称	種類	観測項目	地 層	深さ(m)	口径(mm)	水温(°C)	水位(m) 水量(l/min)	観測期間(年・月)	備 考
6	上白岩観測井	温泉	水位	第三紀 湯ヶ島層群	502	50*	59.5**	22~23.5	1976.6~	*揚湯管径 **孔底温度
7	伊東第1水源	湧水	水量	第四紀 (宇佐美火山)	—	—	14~16	2,400~4,000	1976.6~1977.7	
16	伊東第2水源	湧水	水量	第四紀 (宇佐美火山)	—	—	14~16	600~3,600	1976.6~1977.7	
13	伊東池2号井	水井戸	水位	第四紀 (沖積層)	50	350	12	8~25*	1976.6~1978.6	*断続湯水中の停止水位
11	姫ノ湯温泉井	温泉	水量	第三紀 白浜層群	500	80	29~31 58.9*	11~18	1976.6~1977.9	*孔底温度
11'	姫ノ湯水井戸	水井戸	自噴量	第三紀 白浜層群	30	300		23~35	1977.7~	



第1図 伊豆半島東部における水位・水量の観測地点



第2図 上白岩観測所の位置

第2表 上白岩観測小屋の仕様

大きさ	1 m800mm × 1 m800mm
高さ	2 m100mm
基礎	松くい
骨組	90mm × 90mm 木材
壁	波板鉄板
屋根	波板鉄板

東第1・第2水源 池2号井は伊東水道部が行っている観測データを提供していただき それを整理・検討していたものである。伊豆半島では地下水位・湧出量の観測という目的のために自前で掘った井戸は無く このため観測結果が全て良好とはいえず 伊東第1・第2水源は約1年間 池2号井は約2年間の整理・検討をもって中止した。また 姫ノ湯温泉井は観測目的に適合した井戸であるが井戸所有者が温泉源としてエアリフト揚湯を始めたので昭和52年10月 観測中止となった。

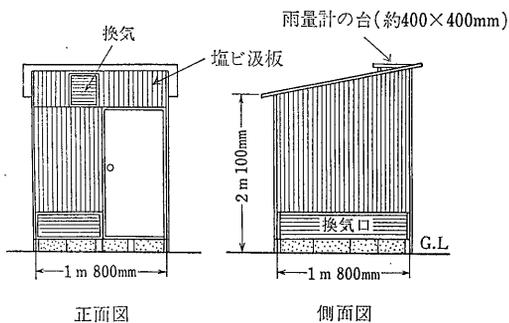
1-2 観測施設と観測方法

上白岩観測所

本観測井は中伊豆町佐藤敏郎氏所有の温泉井で湯ヶ島層群のレッカ水の水位を測定している(第2図)。井戸の口径は深さ150mまでが150mm それ以深が100mmであるが 径50mmの揚湯管が深さ450mまで挿入されている。そのためフロート径が小さくバランスウエイ

第3表 地下水位等測定装置規格・仕様(中伊豆町上白岩)

品名	型式	規格・仕様
デジタル水位計	SM5A	測定範囲: 15m 測定単位: 0.5cm パルス発信回数: 17~27回/分 電源: DC7.5V 最大270mA
水位記録計	AN67	記録範囲: 80cm 直線式 記録用紙: 幅200mm 1カ月巻 記録速度: 1時間12mm 電源: DC1.5V
パンチコーダー	SN6A	記録対象: パルス時系列6チャンネル 記録: 計算機用8単位さん孔紙テープ 長さ400m 1600パンチ 連続1カ月以上 電源: DC24V 最大1.2A
電子式気圧計発信器	アネロイド式	測定範囲: 940~1,040mb 精度1mb 出力: 0~10mA 直接表示
気圧用記録計	EPR-2T	入力: 5mV~100V 14レンジ 記録紙: 幅150mm 速度20mm/h ~180mm/min 6レンジ 電源: AC100V DC9V
変換器	電流電圧	入力: 0~10mA 出力0~1V 電源: AC100V 50HZ
A-D変換器	電圧型	入力: DC0~1V
インバーター		電源: AC100V 50HZ DC12V 出力: AC100V 50HZ 220V DC12V
雨量計	転倒ます型	受水口径: 200mm 雨量0.5mm/1 電接 電源: DC3V 無接触型接点
直流安定化電源	CPS-M24-12	電源: AC100V 50HZ 出力: DC24V



第3図 上白岩観測小屋図

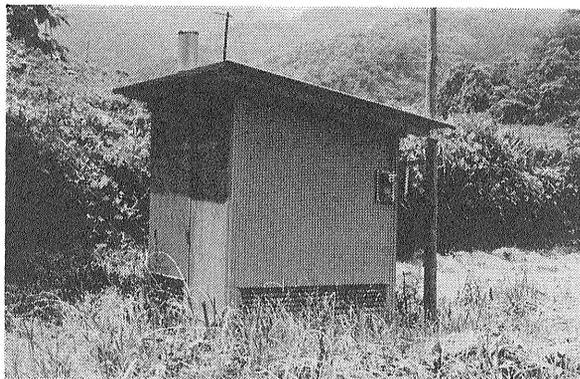


写真1 中伊豆町上白岩観測所

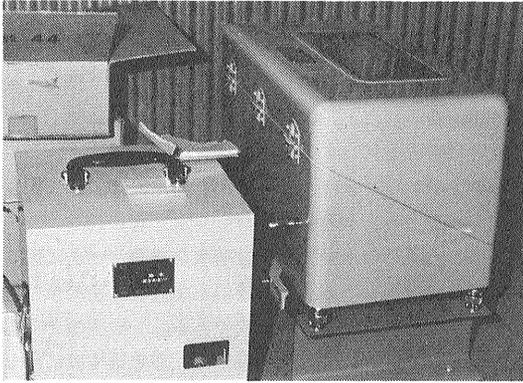


写真2 上白岩観測所のデジタル水位計（左）と水位記録計（右）

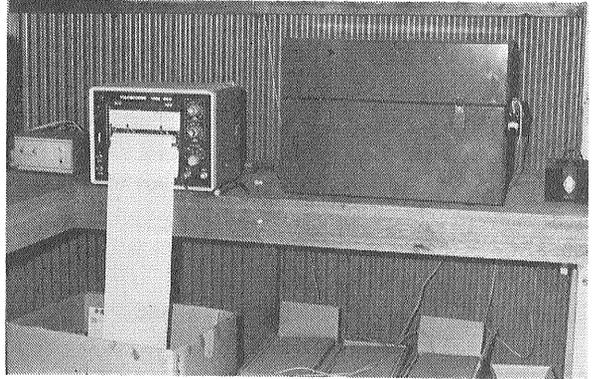


写真3 上白岩観測所の気圧計記録計（左）とパンチコーダー（右）

のない水位計を使用している。本観測所では地下水位の他に気圧・雨量の自記観測を行っている。これらの機器類は約3.3m²の小屋に収納されている。第3図に小屋の外観を第2表に仕様を示した。また機器の仕様を第3表にその構成を第4図に示した。各機器のうちおもなものについてその役割あるいは特徴について述べる。

デジタル水位計

水位計の本体でありフロート巻取式である。表示はデジタル直読であるが本器自体での記録はできない。記録はパンチコーダーと本器に接続された水位記録計で行う。本器の特徴は測定範囲が15mと大きくかつ精度

が高い(5mm)ことである。また小型でバランスウエイトが無くフロート径(35mm)も小さいのでこの井戸のように口径が小さい井戸に最適である。

水位記録計

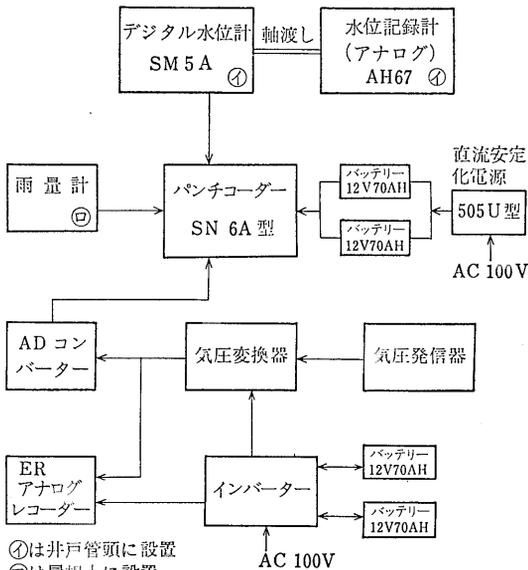
普通フロート式水位計をデジタル水位計に接続するよう改造したものである。本器自体では水位の測定を行わずデジタル水位計で測定した水位を記録するだけのものである。測定範囲は0.8mで連続して1ヵ月間記録できるが精度は5~10cmと劣る。

気圧計

普通のアネロイド型気圧計でアナログ直接表示である。記録は自動平衡型記録計による連続1ヵ月アナログ記録とパンチコーダによるデジタル記録である。

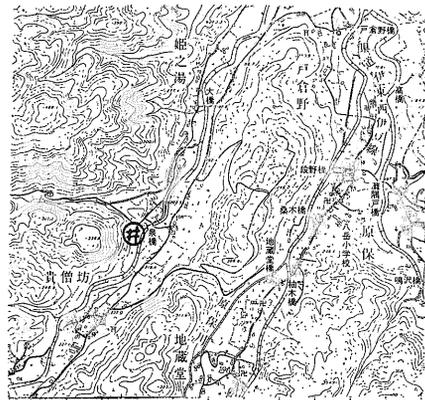
雨量計

普通の転倒ます型雨量計(発信器)で自記器はそなえていない。記録はパンチコーダーで行う。



①は井戸管頭に設置
②は屋根上に設置
③は観測小屋に設置

第4図 水位等観測機器の構成



第5図 姫ノ湯観測所の位置

第4表 水量測定装置の規格・仕様 (中伊豆町姫ノ湯)

品名	型式	規格・仕様
精密水位計	I-731	測定範囲: 0~100 mm 精度: 1 mm
同上変換器	G-301	ポテンションメーター電圧変換方式 出力: 0~1 VDC 電源: 100VAC
記録計	EPR-2T	気圧記録計と同じ
三角ノッチ・測定水槽		測定範囲: 10~260 l/min ノッチ角: 30・60・90度交換式 長さ130×60×50cm 60×60×60cm

パンチコーダ

本器は異なった測定器で測定されたいくつかの時系列データを電子計算機用標準8単位紙テープにさん孔するものである。測定チャンネル数は6個で水位と気圧がそれぞれ2個 雨量が1個 テスト用1個である。継続時間は1ヵ月前後である。

地下水位および気圧のデジタル記録間隔は最少5分である。結果は通常は1時間直表 異常変化時には5分直表として出力できる。また上記の機器類は停電時(24時間以内)でも動作するようにしてある。

姫ノ湯観測所(水井戸)

本観測井は中村利一氏所有のものであるが もともと

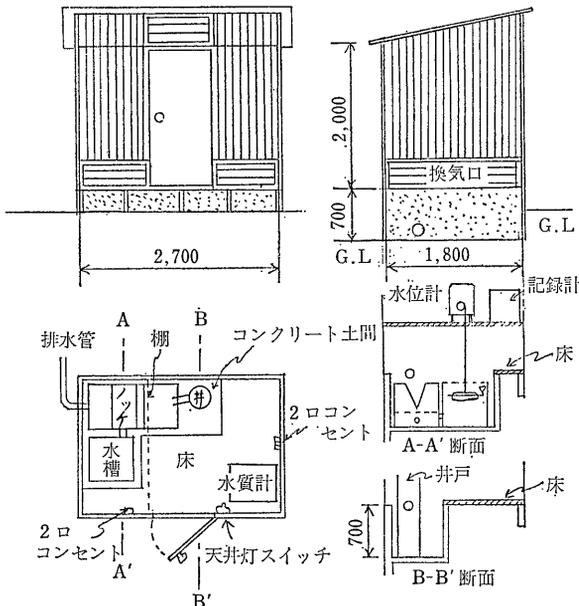
是中伊豆町の水源地のテスト用として掘られたものである。この井戸は昭和5年北伊豆地震で発生した通称姫ノ湯の活断層から数m離れた位置にある。深さは約30mであるが地表上70cm以上 小見川の河床からは2m近くの自噴圧を持っている。地質柱状図が残されていないので確かなことは判らないが 第三紀の石英安山岩~安山岩を主とする岩層中のレッカ水と思われる(第5図)。この井戸の水量観測は自噴水を三角ノッチに受けノッチと接続している測定水槽の水面高を精密な水位計で計測し 水量に換算する方式である。観測所と機器の配置を第6図に 機器の規格・仕様を第4表に示した。三角ノッチおよび測定水槽は黄銅製小型のもので地質調査所技術部特殊技術課 小川銀三技官・同竹内三郎技官が作成したものである。ノッチ高からの水量換算式は次のとおりである。

$$Q = 8/15 \times \left(0.565 + \frac{0.0087}{\sqrt{H}} \right) \times \tan \frac{D}{2} \times \sqrt{(9.8 \times 2)} \times H^{5/2}$$

Q……水量 (m³/sec)
D……ノッチ角度
H……ノッチ高 (m)
(ストリックランドの式)

この三角ノッチはノッチ部を 30° 60° 90°の三種に交換できる。即ち水面高100mmの測定によって10~260 l/minの水量観測が行える。なおバケツによる実測水量とノッチ高さからの計算水量との差は±3%以下である。

三角ノッチの水面高は 中浅測器の I-731 精密水位計で測定し 東亜電波の EPR-2T 記録計で記録している。チャートは1ヵ月巻であるが 週1回の手による観測チェックを行っている。



第6図 姫ノ湯観測所と機器の配置

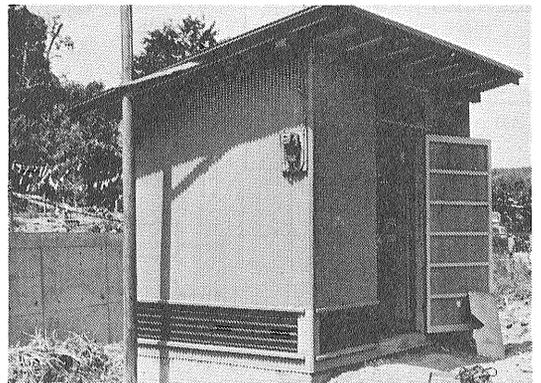
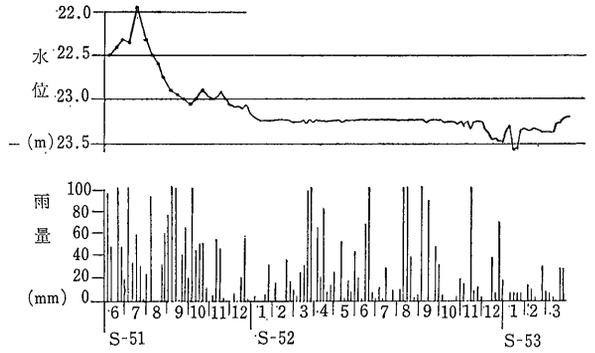


写真4 中伊豆町姫ノ湯観測所

1-3 観測結果

上白岩観測所

第7図に地下水位変化と降雨量を示した。この図では昭和51年10月までは週2回の手観測の値を旬平均して記入し、11月からは自記観測による毎日12時の値の旬平均値を示してある。雨量は昭和51年10月までは伊東市池の観測値を示し、それ以後は上白岩の観測値とともに旬合計量である。地下水位は気圧による小さな変化のくり返しと年傾向的な大きな変化を示す。観測開始まもなくの昭和51年7月に大きな水位上昇がありそれに続いて9月下旬まで急激な長い低下が認められる。この当時は手観測であり、気圧との関係は不明であるが降雨による直接の影響はほとんどみられない。51年10月からは10~20cmの上下変動を示しつつ若干の低下傾向を示していた。2月から変化量が小さくなり、4月からは気圧による小さな変化を示さなくなった。前にも述べたがこの井戸では揚湯管の中の水位を測定しており、測定管内径とフロート径との間の予裕がきわめて小さい。またこの井戸は温泉井なので水面が上下する間でスケールが付着し易い。そのためフロートの抵抗



第7図 上白岩における地下水位変化と雨量

が増加し、正常な水位を示さなくなったものと思われる。その後井戸づまり除去の方法を種々検討したが、なにしろ他人の井戸のため本格的な処置は行えず、ついにフロートが完全に固定された状態となった。そこで10月初旬に思い切ってスケールを除去する作業を行った。その結果フロートがかかるく動くようになり、気圧による小さな変化も示し、水位測定が正常に戻ったことを確認した。このように当井戸では52年3月から9月までの間

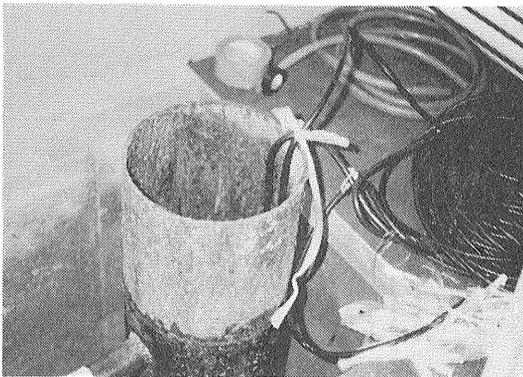


写真5 姫ノ湯水井戸(自噴井)

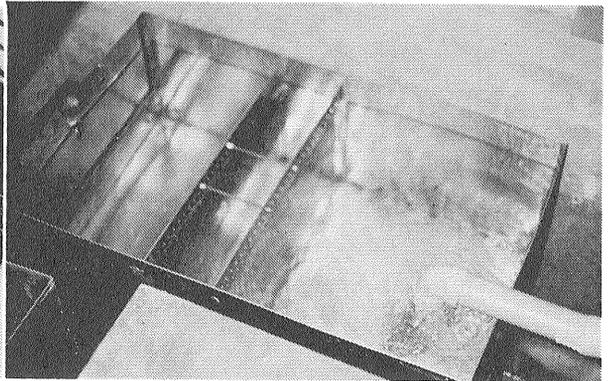


写真6 姫ノ湯観測所の水量測定ノッチ



写真7 ノッチの水面高測定水槽と水位計フロート

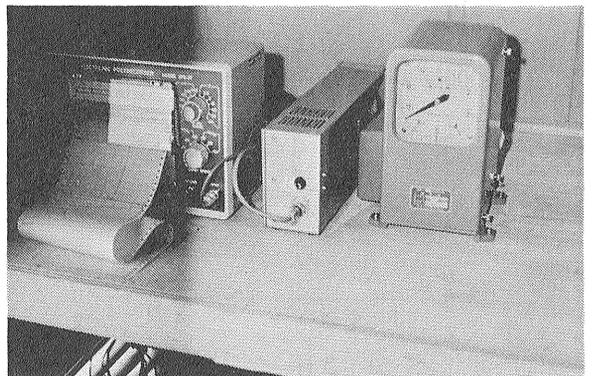
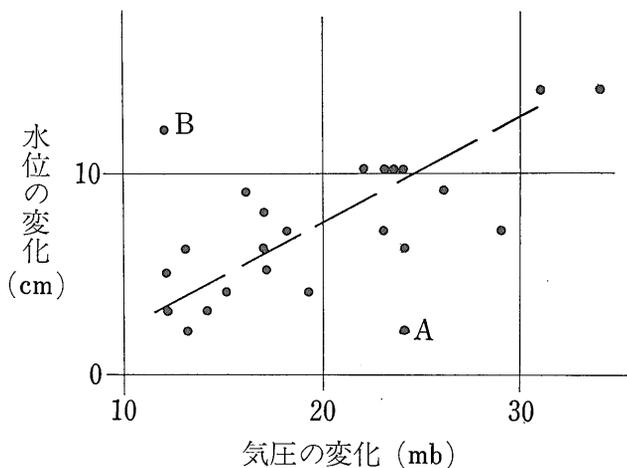


写真8 姫ノ湯観測所の精密水位計と記録計

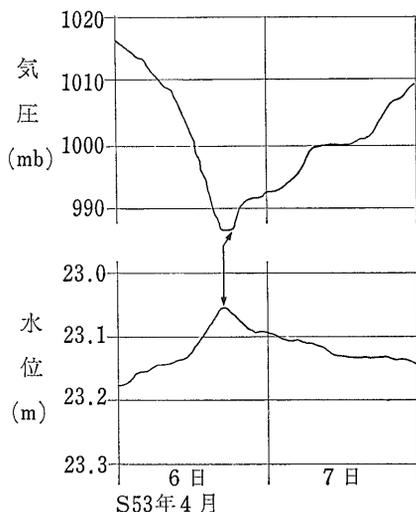
は事実上は欠測と同じである。その後は月1回スケール除去の作業を行っているためこのようなことは生じていない。10・11月の水位の変化は小さく12月初旬から低下し始め下旬から上昇に転じ上昇しきった時点で伊豆大島近海地震が発生している。地震前後の詳細については後で述べることにする。

第8図に気圧変化と地下水位変化の関係を示した。図で明らかのように気圧変化に対する水位変化の割合は一定ではない。気圧がかなり変化しても水位がわずかしか変化しない場合(図中のA) 気圧の少しの変化でも水位が大きく変化する場合(図中のB)がある。変化の割合はこの井戸の場合 平均すると気圧変化 10mb 当り水位変化は約 5cm である。気圧変化の周期は取りかたにもよるが 1.5～8日で数多くは2～5日である。

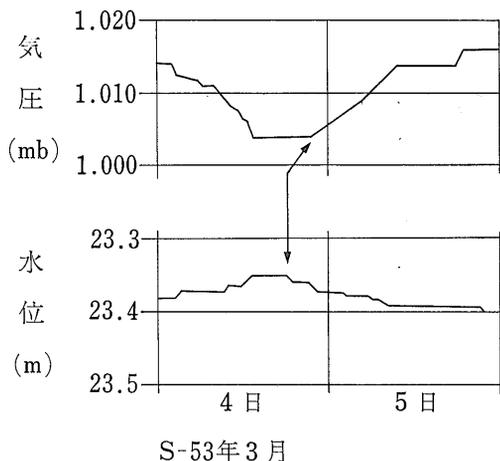


第8図 上白岩における地下水位と気圧の変化の割合

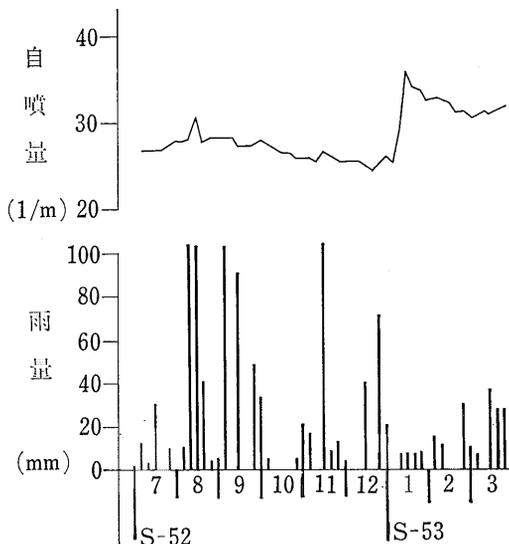
長期間の水位変化をみる場合には 1日の一定時間値の半旬平均値をとれば 気圧による変化は ならされてしまい 気圧補正を行わなくても充分と考えられる。この井戸では気圧変化に先立つ水位変化が認められる。第9図では 気圧上昇開始の約1時間前 第10図では同じく約3時間前に地下水位が低下し始めていることを示している。この現象は気圧が低下し始める時には認められない。またこのような現象は特殊の水文地質構造のもとで生ずるとされているが 原因についての詳しいことは明らかではない。なお気圧変化に先立つ水位変化を示す井戸では 前に述べた気圧と水位の変化の割合が一定で無いことと相まって 水位について単純な気圧補正を行うと誤差がかえって大きくなる。



第9図 上白岩における気圧変化に先立つ地下水位変化の例 その1



第10図 上白岩における気圧変化に先立つ水位変化の例 その2



第11図 姫ノ湯における自噴量変化

姫ノ湯観測所(水井戸)

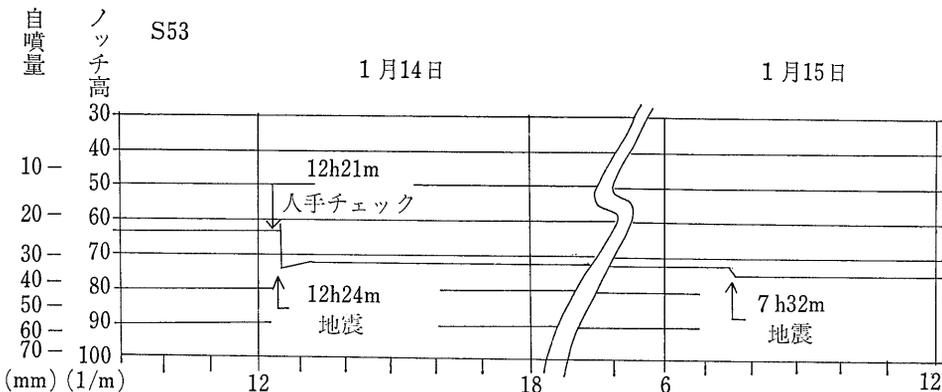
この井戸の自噴量はもともと変化が少なく 気圧変化による自噴量変化はまったく認められない。また降雨後 数時間あるいは1・2日間程度における顕著な変化はみられず 直接的な降雨の影響も少ないと思われる。ただし半月平均あるいは旬平均など巨視的にみると 降雨量と若干関係するようである(第11図)。昭和52年8月中旬と11月中旬の自噴量増加は 降雨によるものと思われる。しかし9月上旬の降雨の影響は示さない。これらに対し12月下旬の約70mmの降雨後の増加は 伊豆大島近海地震によるもので 詳細は後で述べる。自噴量の年傾向は7~9月が多く12~2月が少ないとみられる。

2) 地震前後における地下水等の変化

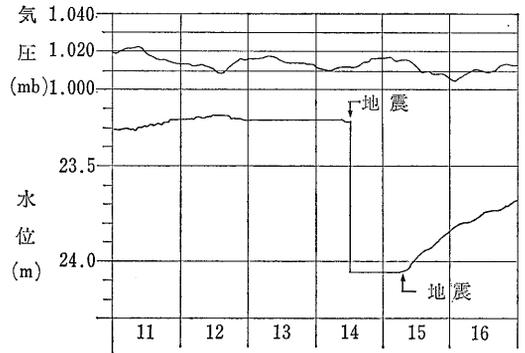
地震に伴って地下水位等が変化したという話は昔から数多くある(地質ニュース273号 P20 21など参照)。地震予知の見地からは 地下水位等が地震直前に変化する現象を見つけ出さねばならない。このためには不断の連続観測が必要である。しかし地下水位等の連続観測で とくに数値として連続的に観測されたものは数少ない。

第14図と第15図は伊豆大島近海地震における中伊豆町の地下水位と自噴量の変化を示す。上白岩の地下水位はおもに気圧の影響による小さな変化(巻取式水位計なので1cm程度のギザギザの変化)を普通の場合には示している。ところが地震発生約36時間前からこの小さな変化をまったく示さなくなった。地震直前に2cmの水位低下を示し 地震直後約80cm地下水位が低下した。その後地下水位は 15日7時32分の2回目地震まで変化を示さない。2回目の地震時に数cmの上下変化を示しその後はふたたび小さな変化を示しつつ回復へ向った。ほぼ元の地下水位にもどるのに約8日間を要した。

姫ノ湯水井戸の自噴量は地震前には変化を示していない



第13図 姫ノ湯における伊豆大島近海地震に伴う自噴量変化



S-53年1月
第12図 上白岩における伊豆大島近海地震に伴う地下水位変化

い。この井戸では偶然地震直前の12時21分に人手によるチェックを行っており 自噴量の変化は地震直後に生じたものとみてよい。自噴量は一瞬わずか減少し すぐに毎分約12l増加した。約1時間ほど水量が少し減少したが その後は15日7時32分の地震まで変化していない。15日の地震の際には毎分約3lの増加がみられた。

以上の事例の示すように 昭和53年1月の伊豆大島近海地震では 地震に伴って地下水位が低下したことが多いが 地震に伴って地下水位が上昇する場合もある。昭和36年9月の新潟地震と昭和53年6月の宮城沖地震では 地震後に地下水位が上昇した場合のほうが多い。変化の大きさは井戸深度 位置などとは相関しないようで 井戸ごとに異なるものと考えられる。

地震前に地下水位等が変化した事例 いわゆる地震の前兆的な変化の見られた事例は多くはない。伊豆大島近海地震に関連したもの他に 新潟地震と宮城県沖地震に関連したものを含めて 地震の前後における地下水の挙動を検討した約35本の井戸のデータのうち 数本の井戸に地震の前兆的な変化の疑いのある現象が認められたにすぎない。

今後地下水位等の観測井を増やし その中から地震に関係した変化を示し易い井戸を選び出し 精密な測定を根気よく続けられれば 地震予知に役立つデータが得られるものと確信している