

## 14. 伊豆半島異常隆起域における地下水の 水質変化—徳永南, 姫ノ湯, 月ヶ瀬

地震研究所 { 高橋 春 男  
恒石 幸 正

(昭和 52 年 6 月 30 日受理)

### 1. はじめに

1975 年 8 月, 静岡県伊東市の南西部にある地震研究所奥野地震観測点において, 1 日 50 回におよぶ微小地震群が観測された (地震移動観測室・地震活動研究部門, 1976; 津村, 1976). 一方, 1976 年 1 月から 3 月にかけて, 国土地理院が行なった水準測量の結果, 伊東市の西方, 冷川峠附近を中心とする異常隆起が明らかとなり, 隆起域はさしわたし 30 数 km の範囲におよんだ. 隆起量は 9 年間に最大 15 cm に達し, そのほとんどの量が, 最近 1 年から 1 年半の間に生じたと推定されている (国土地理院, 1976).

この時期の群発地震域および地殻変動域は, 最近数万年間に火山活動の活発であった, 天城火山および大室山火山群の分布する地域と一致している. この地域における火山活動は, 少なくとも, 約 2800 年前までは続いていたと推定されている (荒牧, 1976).

地震研究所の行なった, 重力および地磁気の測定結果は, 今回の隆起を地下における球状膨張のモデルで説明できることを示した (測地移動観測班, 1976; 地磁気移動観測班, 1977).

1975 年には, 遠笠山附近に集中していた群発地震の震源は消長を繰り返し, 翌 1976 年に入ると, しだいに大室山附近, 天城峠附近, 伊豆半島と伊豆大島との間の海域へと拡大していった. 7 月末には, 隆起の中心に近い中伊豆町でも, 微小地震群が観測された. 8 月 18 日には, 河津町鉢山附近を震源とする  $M=5.4$  の河津地震が発生し, 建造物などの一部に被害を与えた. 1977 年になると, 地震は全体に少なくなり, 4 月から 5 月にかけて, 遠笠山の北側に地震活動を記録した後, 現在まで鎮静している (津村ほか, 1977). 1976 年 8 月から 9 月にかけて行われた水準測量の結果と, 同年 1 月から 3 月の測量結果との比較により, これまでの隆起域の西方に, 下船原を中心とする新たな隆起が認められた. そして, 以前の隆起域の東部は沈降に転じた (国土地理院, 1977).

伊豆半島における最近の大きな地震は, 北部では, 伊東群発地震の半年後に発生した 1930 年 11 月 26 日の北伊豆地震 ( $M=7.0$ ), 南部では, 1974 年 5 月 9 日の伊豆半島沖地震 ( $M=6.9$ ) である. しかしながら, 今回の異常隆起や群発地震の起きている半島中央部では, 顕著な地震は過去数十年間に発生していない. 今回の群発地震は隆起域の南部に集中して起きており, 隆起域の北部では, 地震はほとんど観測されていない.

以上が今回の伊豆半島中央部における異常隆起と地震活動の大まかな経緯である.

地震と地下水との関係についての議論は, 松代群発地震や米国のデンバー地震以降活発

化した。そして、ソ連邦タシケント地震、中国海域地震などの経験やショルツ理論に基づいて、現在では、地下水の観測は短期的な地震予知に寄与する可能性があると考えられている(力武, 1975; 脇田・野津, 1976; 池田・阿部, 1977)。しかしながら、地震の発生前後およびそれに先行する地殻変動に際して予想される、地下水の水温、電導度、pH、溶存化学成分などの変化やその地域的特性についての知見はいまだ十分ではない。

種々の原因による影響を受け易い地下水の調査にとって、直接的に物質の移動を確認できる溶存成分の定量は極めて重要であり、多くの情報をもたらすものである。伊豆半島沖地震の温泉への影響を調べるため、141 におよぶ温泉について、湧出量、温度、放出熱量を調査した寺島ほか(1975)も、その調査経験に基づき、溶存成分の定量が重要であることを強調している。

本調査では、地球化学的立場から、今回の異常隆起の原因を探ると同時に、この異常現象の機会をとらえ、地下水の地域特性や、地下水を通して地下深部の状態変化を知るための基礎的資料の収集を目的としている。水質観測は 1976 年 7 月から、隆起域に位置する三個所の井戸について始められた。

本報告は、1977 年 5 月までの観測結果について記述する。

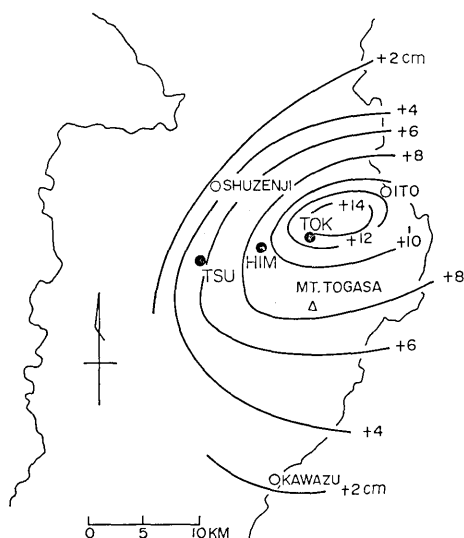


Fig. 1. Locality map. The upheaval pattern after the Geographical Survey Institute. Black circles denote locations of observation wells.

TOK: Tokunaga-minami,

HIM: Himenoyu,

TSU: Tsukigase.

Table 1. Specification of observation wells.

Locality	Depth	Casing	Age of boring	Way of drawing	Color
Tokunaga-minami	700m	0~350m	1973	flowing	colorless
Himenoyu	500m	0~199m	1963	flowing	colorless
Tsukigase	346m	0~250m	1954	pumping up (continuous)	colorless

## 2. 観測井

観測井として, 隆起の中心部, 周辺部そしてその中間にあり, かつ人為的影響の少ない 3 本の井戸が選ばれた. 観測井の位置は, 第 1 図に黒丸で示されている. なお, 等隆起線は国土地理院による. 観測井は隆起の中心から西南西に向って, 中伊豆町徳永南 (図中記号 TOK), 同町姫ノ湯 (HIM), 天城湯ヶ島町月ヶ瀬 (TSU) にある. 各井戸とも揚水は, 伊豆半島の基盤をなす新第三紀の火山性堆積物からなる湯ヶ島層群の中から行っている. 観測井の特徴は第 1 表にまとめて示されている.

徳永南 (TOK) は, 社会福祉法人農協共済中伊豆町リハビリテーションセンター 3 号井で, 掘削時期は最も新しく, 深さ 700 m のボーリング孔より自噴している (第 2 図).

姫ノ湯 (HIM) は, 掘削時の資料によれば, 井戸の深さは 500 m でケーシングは 198.66 m まで, ストレーナーは 198.66 m から 350 m までとなっており, それ以深は素掘のままである. 井戸は自噴で, その位置は 1930 年北伊豆地震で動いた姫ノ湯断層のほぼ真上にある (第 3 図). この断層運動は右ずれであり, 現在も湧出点から 10 数 m 離れた民家の石垣のずれ (第 4 図) として, その跡をとどめている.

月ヶ瀬 (TSU) は, 観測井中, 営業に供されている唯一の井戸で, 通称<sup>おととし</sup>小戸橋の湯と呼ばれている (第 5 図). 深さ 346 m, 汲上げはエアーリフトの 24 時間連続運転により行われている. この井戸は, 泉温, 成分濃度とも三点中最も高い. また, 1974 年の伊豆半島沖地震により, 湯が黄緑褐色に濁ったといわれている. この観測点は, 地形および温泉の線状分布からみて, 構造線があるかも知れない狩野川沿いに位置している.

## 3. 測定方法

採水は月 1 回とし, 水温, 気温, pH, RpH (Reserve pH), 電導度を同時に測定した. 姫ノ湯については, 湧水量の測定も行った. また, 月 1 回の現地調査の間隙を補うため, 原則として, 徳永南では週 1 回の水温測定, 姫ノ湯では週 1 回の採水, 月ヶ瀬では週 1 回の採水と 1 日 1 回の水温測定を現地に委託した. 水温の測定は, 特別に検定された標準水銀温度計を使用したため,  $0.1^{\circ}\text{C}$  の精度をもっている. pH, RpH は携帯用 pH メーターを使用した. 電導度計もまた携帯用を使用した. 採水試料の分析は実験室で行なった.  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  と  $\text{Ca}^{2+}$  の一部は滴定法,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  は原子吸光法,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  は炎光光度法,  $\text{Cl}^-$  は光電比色法で分析した. 滴定は, 自記記録式自動滴定装置を使用した.

## 4. 結果と考察

### (1) 水温・pH と RpH・電導度・湧水量

水温 水温の測定結果を第 6 図に示す.

水温は, 月ヶ瀬が最も高く  $49.0\sim 50^{\circ}\text{C}$ , ついで徳永南  $33.1\sim 33.3^{\circ}\text{C}$ , 姫ノ湯  $28.8\sim 30.5^{\circ}\text{C}$  の範囲であった. 季節変化は, 姫ノ湯を除き明瞭ではない.

姫ノ湯の水温は観測期間中 3 個所の井戸のうちで最も顕著な変化を示した. 1976 年 7 月下旬から水温が下がり始め, 8 月 18 日の河津地震を境に上昇に転じている. 図における水温変化の最低値は, 8 月 17 日の  $29.0^{\circ}\text{C}$  である. その後, 9 月 1 日には, 水温は

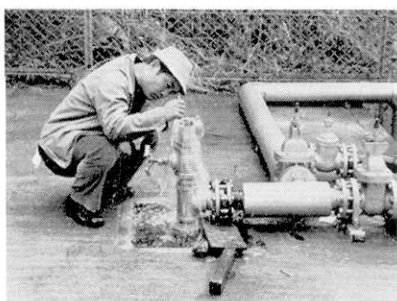


Fig. 2. View of the observation well at Tokunaga-minami.

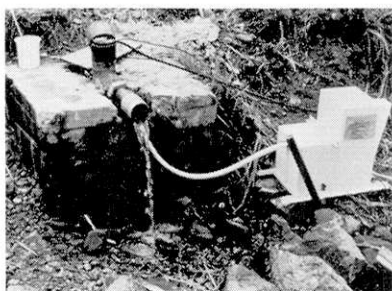


Fig. 3. View of the observation well at Himenoyu.



Fig. 4. The right-lateral offset of a stone wall along the Himenoyu fault developed at the time of Kita-Izu Earthquake in 1930 near the observation point of Himenoyu.



Fig. 5. View of the observation well at Tsukigase.

30.3°C まで上昇し, 以後 1977 年 2 月まで, ほぼ直線的に下降している. この水温変化に対応する異常は, 他の 2 本の観測井では明瞭でない. このことは, 姫ノ湯の井戸が断層の上に位置しているため, 地下の状態変化の影響を受け易いことによるものと考えられる.

月ヶ瀬では, 8 月 15 日と 25 日との間に 0.3°C の水温下降が見られるが, この程度では有意な変化とはいえない. しかしながら, 姫ノ湯においても 8 月 25 日には, 水温はかなり回復しており, 月ヶ瀬では, 観測開始の遅れに加えて測定間隔が長すぎたため, 短期間の変化を見逃している可能性はある. また, 月ヶ瀬の水温は, 0.5°C 前後の幅の不規則な変動を示している. この変動が自然の現象であるのか, あるいは空中に設置された鉄製タンクに一旦は貯水するなどの測定環境に問題があるのかは明らかでない. しかし, 1977 年 7 月から開始される水温連続観測の結果が集積されれば, この点は解明されるであろう.

徳永南の水温は最も変動が少なく, わずかに 1976 年 9 月 27 日, 1977 年 3 月 24 日, 29 日の前後に 0.1°C の短周期の変化が見られた. この期間, 防災センター中伊豆町観測点で, P-S 1.5 秒以下の地震回数が, 9 月下旬にはかなり増えており, また 3 月下旬にも増加している (第 37 回地震予知連絡会配布資料). この両者の関係は明らかではないが水温が本来極めて安定している井戸である点から見て, この変動は何らかの意味を持つのかも知れない.

**pH と RpH** pH と RpH の測定結果を第 7 図に示す. 徳永南, 姫ノ湯では 1976 年 7 月から 9 月にかけて pH, RpH とともに値が低くなっている. また, 三点とも 1977 年 3 月から 4 月にかけて pH, RpH 値に多少の変動が見られる.

**電導度** 測定された電導度を第 8 図に示す. 電導度は距離 1 cm, 断面積 1 cm<sup>2</sup> の電極間の導電率で, その値は大まかに水中の溶存イオン量と相関がある. 1976 年 7 月から 9 月そして 1977 年 1 月から 4 月にかけて, 姫ノ湯の電導度は, 水温にほぼ対応する変動を示した. 月ヶ瀬では, 1977 年 2 月から 5 月にかけて, かなり大きな変動が見られる. 徳永南では, 水温と同じく電導度の変化は小さい.

**湧水量** 湧水量の測定は姫ノ湯のみ可能であった. 第 9 図には, 姫ノ湯の湧水量, 水温, そして静岡県沼津土木事務所修善寺支所で測られた 1 日に 10 mm 以上の降雨量が示されている. 降雨量は 1976 年 7 月 5 日から 10 日までと同月 18 日は欠測のため不明である.

湧水量の測定には, 1 分間に湧出する水量を 20 l ポリエチレンタンクに取り, 密栓して持ち帰り, 重量を測る方法がとられた. それ故, 一般に行われる容量で計量する方法よりもはるかに高い精度が保障される.

湧水量と雨量との間の相関はあまり明確ではない. 一方, 湧出量と水温は極めてよく相関しており, その関係は第 10 図に示されている. 最小自乗法によって求めた関係式は,  $t = 0.28V + 25.5$  である. ただし,  $t$  は水温 (°C),  $V$  は湧出量 (l/min) である.

湯原 (1968) は, 温泉の水温変化が湧出量の変化に依存する場合の泉温と湧出量との関係を理論的に導き, 湧出量が少ない時, その関係は直線になることを示した. したがって, 姫ノ湯における水温の変動は, 湧水量の変動によって支配されていると考えられる. 今後, 湧水量の変動から予想される量よりも高い水温の変動が見られる場合, すなわち,

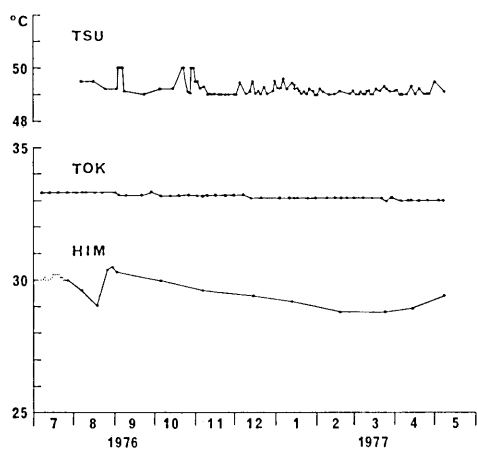


Fig. 6. Annual changes of water temperature.

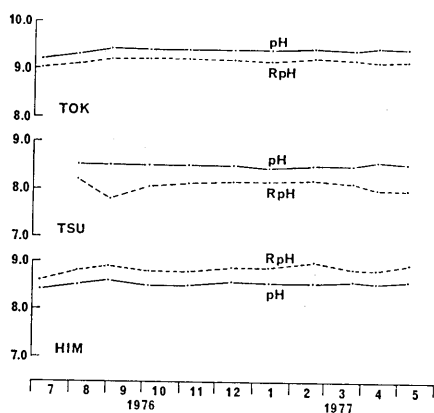


Fig. 7. Annual changes of pH (in solid line) and RpH (in dotted line).

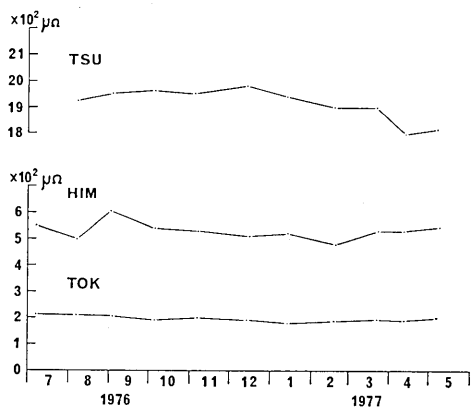


Fig. 8. Annual changes of electric conductivity.

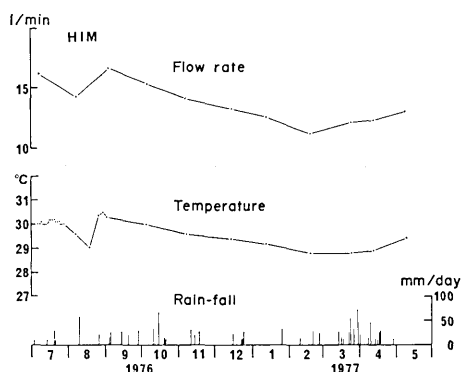


Fig. 9. Flow rate, water temperature and rain-fall at Himenoyu.

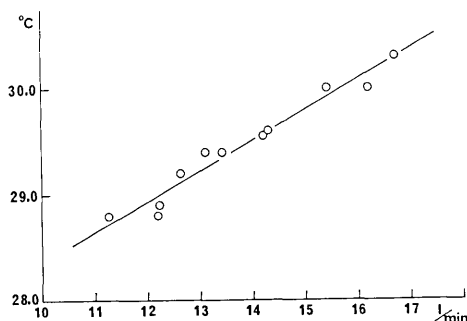


Fig. 10. Relationship between temperature and flow rate at Himenoyu.

第 10 図の直線の上方へはずれる異常が生じたならば、地下の水温が上昇したことになり、熱源の発生やさらに深所の温度の高い地下水の圧入を考えなければならないであろう。このような意味で、姫ノ湯における水温と湧水量の精密な測定は、地下深部の状態変化に対するモニターとして、地震予知に寄与する可能性が考えられる。

## (2) 姫ノ湯における水温および電導度の連続観測

第 11 図は姫ノ湯における水温、電導度の連続観測装置である。記録計は打点式を使用し、水温、電導度、タイムマーク、基線を記録させた。装置は市販のスチール製簡易物置の中に収納した。水温測定には、サーミスター温度計が用いられた。連続記録の一部を第 12 図に示す。水温はフルスケールが、 $25^{\circ}\text{C}$  から  $35^{\circ}\text{C}$  までの  $10^{\circ}\text{C}$  幅、電導度は  $2500\ \mu\text{w}$  となっている。記録は、上から水温、電導度、水晶発振式目覚し時計の目覚し用接点を利用したタイムマーク、基線である。タイムマークは 1 日 1 回、正午に入れた。電導度が断続した斜線になっているが、これは実際の湧水の変化ではなく、センサーの構造に起因するものであろう。このセンサーの電極はガラスカバーによって保護されているため、検水の速やかな移動がある程度妨げられている。電導度が斜線で記録される理由は、おそらく、湧出に伴う圧力低下により、炭酸ガスなどの溶存揮発成分が極微小の気泡となって電極表面に付着し、成長するにしたがって導電率を低下させ、やがて一定の限界に達する

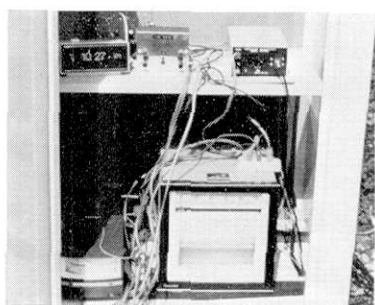


Fig. 11. Apparatus for continuous measurement of water temperature and electric conductivity at Himenoyu.

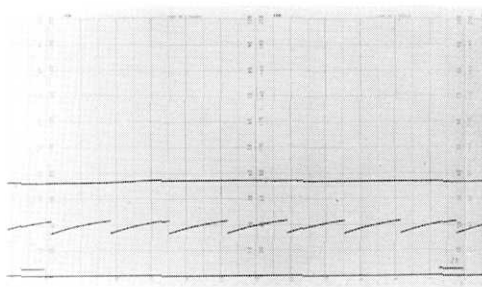


Fig. 12. A record of continuous measurement of the water temperature (upper) and the electric conductivity (lower) at Himenoyu.

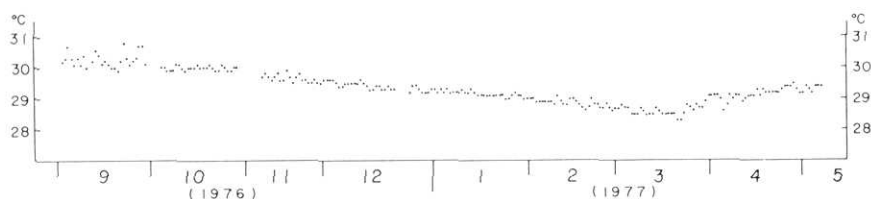


Fig. 13. Variations in water temperature by a continuous measuring apparatus at Himenoyu.

と、気泡が一挙に電極表面より剥離するためであろう。この影響を取り除くため、上下を交互に連通させた壁で仕切られた木箱にセンサーを入れてみたが、跳ね上るまでの時間を3時間から3日間に延長させただけの結果に終わった。しかしながら、最低値から跳ね上がった直後の値は、ほとんどの場合正常な値であったため、この点を読み取ることにして、1977年3月より測定が続けられている。

第13図は、水温の連続観測記録から、1日1回、正午の値を読み取りプロットしたものである。図の初めの1ヶ月分の値が乱れているのは、サーミスターが入手できず、白金測温抵抗体を代用したためである。1976年9月に観測をはじめてから、1977年3月21日頃まで、水温はほぼ直線的に下降していたが、同年3月22日から4月1日にかけて、急激に上昇し、その後ゆるやかな上昇を示している。また、2月10日以降4月12日まで水温に乱れが多くなっている。

### (3) 化学成分濃度の変化

第14、15、16図は、各観測井における溶存化学成分の濃度変化を示している。縦軸は、それぞれの成分の1ℓに対する含有ミリモル濃度を単位として、成分が変化した範囲だけを表しているので、変化はかなり誇張されている。分析精度は、大まかに見積って、三桁目に誤差を含む程度である。ただし、徳永南のMgは、微量であるため、三桁目を四捨五入して表示してある。



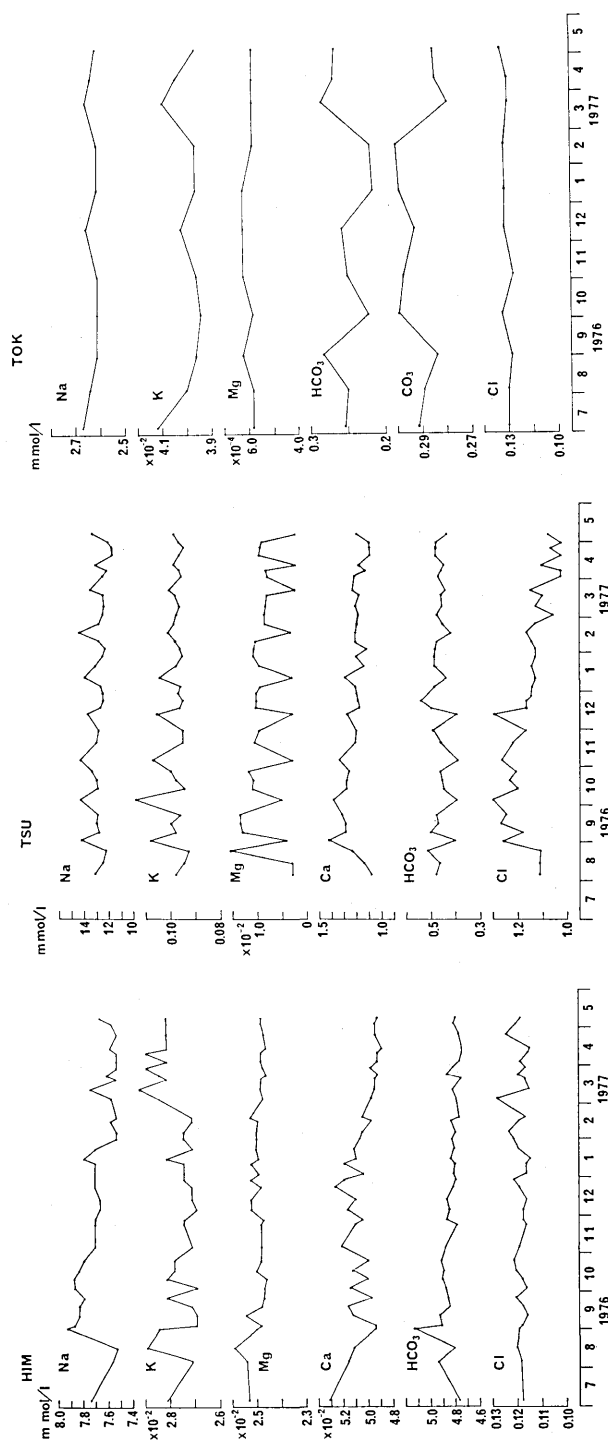


Fig. 14. Variations in chemical species in the groundwater at Himenoyu.

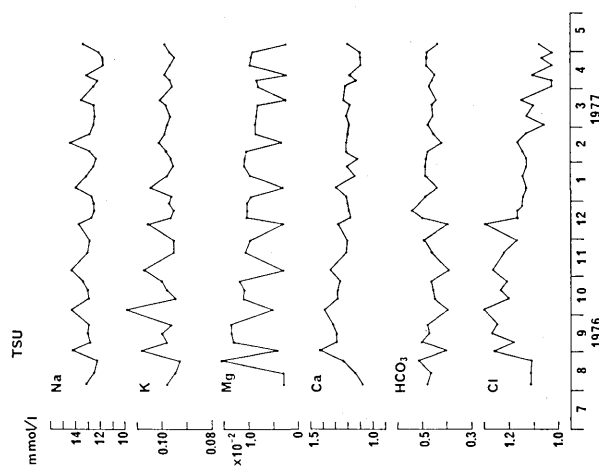


Fig. 15. Variations in chemical species in the groundwater at Tsukigase.

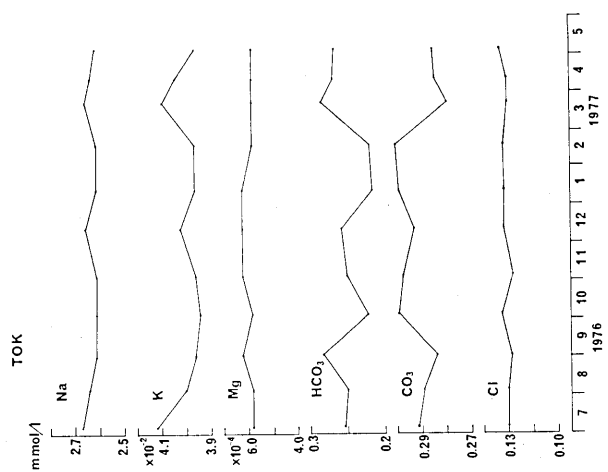


Fig. 16. Variations in chemical species in the groundwater at Tokunagaminami.

**姫ノ湯** 姫ノ湯における化学成分の変化を第 14 図に示す。観測初期の 1976 年 7 月から 9 月にかけて、各成分濃度を比較した場合、いくつかの成分間に逆相関が見られるが、10 月頃からは、各成分間にむしろ正の相関が現われている。各成分間の相関は、湧出量の減少に伴ってよくなって行く傾向が見られる。これらの現象は、この観測井の地下水の主たる水系に他の水系から種々の割合の混入があるために生じたものとして説明されるであろう。この井戸は、第 1 表に示したように、かなりの幅の深さから取水しており、いくつかの水系の地下水が湧出過程で混入している可能性は高い。事実、観測井からわずか数 m 離れた場所には、成分濃度の異なる、深さ 60 m といわれているボーリング井がある。この井戸は掘削後封印されていたが、最近地質調査所が水質観測計器設置のために工事を行なった結果採水可能となった。1977 年 5 月 8 日の採水によるこの地下水は、水温  $15.6^{\circ}\text{C}$ 、pH 8.60、電導度  $30.0\ \mu\text{S}$ 、Na  $0.361\ \text{m mol/l}$ 、K  $2.53 \times 10^{-2}\ \text{m mol/l}$ 、Mg  $6.42 \times 10^{-2}\ \text{m mol/l}$ 、Ca  $6.31 \times 10^{-2}\ \text{m mol/l}$ 、 $\text{HCO}_3$   $3.22\ \text{m mol/l}$ 、Cl  $0.115\ \text{m mol/l}$  であり、観測井の地下水に比べて、Mg、Ca の含有量は高いが他の成分はかなり低濃度である。観測井の地下は、断層運動により著しく破碎されていると考えられ、この上部の地下水が観測井に混入することは十分にあり得る。

**月ヶ瀬** 月ヶ瀬における化学成分の変化を第 15 図に示す。この井戸では、イオン間にかなりはっきりした逆相関が見られる場合がある。したがって、月ヶ瀬では、二種類あるいはそれ以上の地下水が混り合っていると考えられる。

第 15 図では、各成分イオンの高濃度の時期と低濃度の時期とが、一定の時間間隔をもって現われているように見える。しかしながら、このサイクルは見掛け上のものであり、むしろ、採水時間が午前中であったか、午後であったかの違いによるものと思われる。なぜならば、Na、K、Ca の高濃度と、それに対応する Mg の低濃度の現われる試料は、我々が現地で採水したもので、採水時間はいずれも午後 4 時から同 6 時の間である。そのほかの試料は現地に委託して得られたもので、採水は午前中に行われている。濃度変化のサイクルと、第 13 図の降雨量との間には相関関係が見られず、採水時間の違いだけで、濃度に差異が生じる原因については、現時点では明らかではない。

**徳永南** 徳永南の化学成分変化は、第 16 図に示す。この井戸の含有成分濃度は低く、分析精度から考えて、現時点ではほとんど変化がないと見るべきであろう。 $\text{HCO}_3$  と  $\text{CO}_3$  の濃度の割合は pH に関係があり、これらの変化は、第 7 図に示した pH 変化と密接に関係していると思われる。

#### (4) 水質変化と地殻変動・地震活動との関係

姫ノ湯では、1976 年 8 月 18 日の河津地震を挟んだ、7 月から 9 月にかけての時期に、化学成分に大きな変動が見られた。この時期には、すでに述べたように、水温、電導度、湧出量の変動が明瞭に現われている。また、姫ノ湯北方 4.5 km にある、京都大学の白岩観測点でも、同じ時期に水温、湧水量の変動を観測している（第 36 回地震予知連絡会配布資料）。この地下水の変動は、伊豆半島中部における地殻変動・地震活動と関係がありそうである。1976 年 8 月から 9 月にかけて行われた水準測量の結果を、同年 1 月から 3 月のそれと比較すると、これまでの隆起域の西方に、下船原を中心とする最大 17mm の新たな隆起が観測されている（国土地理院、1977）。重力測量の結果も、1976 年 6 月

から9月までの期間に、隆起域の周辺部における重力値が減少したことを示している(測地移動観測班, 1977)。このような地殻変動の活発化に伴って、隆起域の南部では、河津地震が起ったのであろう。一方、姫ノ湯観測井の近傍では、地震の発生には至らなかったが、観測されていた地下水に、地下の圧力変化を反映した水質変化が現われたものと考えられる。すでに述べたように、姫ノ湯観測井は、姫ノ湯断層の破碎帯の中に掘られている。そのため、地下の圧力変化が、地殻内の弱線である断層を満たす水を媒介として、観測井の帯水層に伝達され、水質に変化をもたらした可能性が十分に考えられよう。

1977年にはいると、姫ノ湯の一部のイオンに、それぞれ始まった時期は多少異なるが、濃度の増加、減少あるいは変動幅の増加などそれ以前と異った傾向が現われた。姫ノ湯では、Naは1月下旬に濃度が減少し、その傾向は4月末まで続いている。Kは、2月下旬以降増加、Caは1月半ばより4月半ばまで濃度が徐々に減少し、その後はほぼ一定値を保っている。Cl濃度には全体的な変化は見られないが、1月半ば以降変動幅が以前より増加している。Mg、HCO<sub>3</sub>濃度には変化が見られない。この水質変化に対応して、姫ノ湯の東1.6 kmに位置する中伊豆町菅引における地磁気の観測点でも、1977年2月下旬から4月初旬にかけて全磁力に異常変化が検出されている(笹川・石川, 1977)。しかし、地殻の動きを直接とらえる、水準測量や重力の観測がないため、この時期の隆起の動向についてはわからない。

以上述べたように、これまでの調査期間に二回の水質変動を観測した。今後、地磁気や地震などの観測結果が整理された段階で、地下水変化の意味については改めて検討を加える必要がある。

## 5. おわりに

伊豆半島の異常隆起域における地下水調査の現段階では、隆起の原因を直接的に示唆するような物質移動、熱移動などの観測結果は得られていない。したがって、異常隆起が岩漿活動を主因とする火山性の現象であるのか、それとも、構造的のものであるのかについては、いまのところ全くわからない。しかしながら、1976年8月の河津地震に先行する姫ノ湯の水質異常や、1977年1月以降に起こった、地磁気変化に対応する水質変動が観測されていることは、地下水が地下の状態変化に敏感であることを示していると考えられよう。

一年間の観測の結果、姫ノ湯では、泉温と湧出量との間に正の相関があること、月ヶ瀬、ときに、姫ノ湯においても、その泉質は2層以上の地下水の混合によると考えられることなど、今後、この地域の地下水の観測によって地下深部での状態変化を検出するために必要な基礎的な資料も得ることができた。伊豆半島の地殻活動が今後どのような消長をみせるか、いまのところ予測はできないが、かりに、これまで以上の異常な活動がはじまり、かつそれが地下水の水質変化に何らかの形で反映されるとするならば、過去一年間の観測によって得られた、各観測井の地球化学的特性に照らして、事前に現象の開始を捕捉することが可能となるかも知れない。このような意味ばかりではなく、これまでの調査結果をいっそう確実なものにするために、今後、少なくとも一年間は現在の観測を継続する必要がある。

1974 年以来、東海地方は地震予知連絡会により観測強化地域に指定されている。想定される“東海地震”は南海トラフ・駿河トラフをトレースとする断層面上で発生すると一部に考えられている。かりにこのような考えが正しいとするならば、現在我々が水質を観測している伊豆半島は、予想されるプレート間地震の海洋側のプレート上に位置することになり、極めて重要な観測地域といえよう。

## 6. 謝 辞

この調査を遂行するにあたって、快く井戸や施設を使用させて下さった、社会福祉法人農協共済中伊豆町リハビリテーションセンター、緑書房、月ヶ瀬旅館をはじめ、終始観測を補助していただいた、リハビリテーションセンターの佐藤喜弥氏、中伊豆町姫ノ湯の井上實氏のご家族、月ヶ瀬旅館の今牧平和支配人に心から感謝する。また、降雨量の資料をいただいた静岡県沼津土木事務所修善寺支所、および未発表の地磁気の観測結果を見せて下さった地震研究所の笹井洋一氏に対し深謝する。

## 文 献

- 荒牧重雄, 1976, 東伊豆地域の火山活動のアセスメント—東伊豆の群発地震・地殻変動に関連して—, 地震予知連絡会会報, 16, 92-94.
- 地磁気移動観測班 (地震研究所), 1977, 伊豆半島東部地域における全磁力観測 (1), 地震予知連絡会会報, 17, 40-44.
- 池田喜代治・阿部喜久男, 1977, 地震予知に関連する地下水の化学的性質, 地質ニュース, No. 273, 20-29.
- 地震移動観測室・地震活動研究部門 (地震研究所), 1976, 伊豆半島北東部の群発地震, 地震予知連絡会会報, 15, 91-93.
- 国土地理院地殻調査部, 1976, 伊豆半島中部の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 16, 82-87.
- , 1977, 伊豆半島中部の地殻変動 (2), 地震予知連絡会会報, 17, 49-64.
- 力武常次, 1975, 地震の先行現象と地震予知の現段階, 測地学会誌, 21, 150-158.
- 笹井洋一・石川良宣, 1977, 伊豆半島東部地域の異常地殻活動に伴う全磁力変化 (第1報), 地震研究所彙報, 52, 173-190.
- 測地移動観測班 (地震研究所), 1976, 伊豆半島の重力変化, 地震予知連絡会会報, 16, 95-98.
- 寺島 敦・大竹政和・小沢邦雄, 1975, 伊豆半島沖地震 (1974-V-9) の温泉への影響, 地震, 28, 239-267.
- 津村建四朗, 1976, 伊豆半島の異常地殻活動と地震予知, 地震予知研究シンポジウム, 46-55.
- 津村建四朗・唐鎌郁夫・荻野 泉・酒井 要・高橋正義, 1977, 伊豆半島における群発地震の観測 (1975-1977), 地震研究所彙報, 52, 113-140.
- 脇田 宏・野津憲治 (編集), 1976, 地球化学的方法による地震予知論文集, 134 p.
- 湯原浩三, 1968, 湧出量と泉温の関係について, 温泉化学, 18, 148-156.

#### 14. *Geochemical Study on the Groundwater in the Anomalous Upheaval Area, Izu Peninsula.*

By Haruo TAKAHASHI and Yukimasa TSUNEISHI,  
Earthquake Research Institute.

Repeated geochemical surveys of groundwater have been carried out since July of 1976 in the anomalous uplifting area in the Izu Peninsula in order to search for the cause of uplift as well as to collect basic data on groundwater. The groundwater studied is reserved within the Miocene Yugashima Group and wells out naturally or artificially from the three preexisting bore holes. The character of water is of weak alkaline, simple thermal spring type with a temperature of 29°~50°C. The three observation wells are situated at about the center (Tokunaga-minami), inner part (Himenoyu) and outer part (Tsukigase) of the uplift area, respectively. Atmospheric temperature, water temperature, PH, RpH and electric conductivity were measured in each well. Chemical components, such as Na, K, Mg, Ca, HCO<sub>3</sub> and Cl, were analyzed. In addition, continuous measurements have been carried out on water temperature and electric conductivity at Himenoyu.

At Himenoyu, the concentration of some components, especially Na and Cl, as well as water temperature, flow rate and electric conductivity clearly changed before and after the Kawazu earthquake of magnitude 5.4 that occurred on August 18, 1976. Another fluctuation of observables occurred during the period January—April, 1977. During the same period, the total force intensity of the geomagnetic field at the Sugehiki temporary station near Himenoyu showed substantial changes, preceding a peak activity of the micro-earthquake swarm. The physico-chemical characteristics of the groundwater seem to be susceptible to the anomalous crustal activity in this area. The observation of groundwater might be useful for earthquake prediction.