

### 13. 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 { 山口 林 造  
小 高 俊 一

(昭和 52 年 6 月 30 日受理)

#### 1. 序 言

1974 年伊豆半島沖地震のとき、われわれは地震動の状態、そして地震に附随する諸現象を広範囲にわたって調査した [山口・小高 (1974)].

とりわけ、伊豆半島には温泉が多数あることもあって、地震による温泉の変動にも注目をし、その結果半島東部地域が西部地域よりも明らかに温泉の湧出量増加、温度上昇の傾向のあることを報告した。その後寺島ら (1975) により過去の資料も加えて検討した結果が報告されている。しかしながら地震による温泉の変動を明確に把握するためには短期間の調査では不十分であるため、その後の変動を追跡調査し報告を重ねてきた。そして一般的に湧出熱量の増加のあった地域も次第に地震前の状態に戻る傾向を示した。しかし震央から比較的遠いが地震に敏感に反応した熱海地域と船原、土肥などについては、地震の影響がさらに持続されている傾向があり、今後の動きに注意するよう指摘した [山口 (1976a, b)].

一方、1975 年以来伊豆半島においては異常な地殻の隆起現象が観測されるとともに群発地震の活動も見られた。その範囲は天城火山の側火山活動域と思われることから、これらの異常現象は直接的には地下におけるマグマ活動の結果である可能性も大きい。しかしながら、これらの現象が 1974 年の伊豆半島沖地震に引き続き起っていることから、地殻内応力の増大により誘発されたものとも考えられ、特に温泉の変動については注目しなければならない理由があった。それは温泉における変動が、地下の状態の変化を時には敏感に反映するものと期待されるからである。

それ故に、今までの調査結果を参考にしながら、伊豆半島中部の船原を中心とした地域および伊豆東北部の熱海地域に重点を置き細部の変動を調べることにした。また温泉の変動を見るには温泉水位を連続的に観測することが有効であり、ことに圧力変化の側面から量的に議論するためには欠かすことができない。今回は船原、柿木における温泉水位の変化と、熱海における伊豆半島沖地震前より最近までの温泉変動の異常な点を中心に報告する。

#### 2. 伊豆船原および柿木における水位変化

地震による温泉の変動については、伊豆半島に関しても過去に何度かあり、この前の報告でも簡単にふれておいた [山口・小高 (1974)]. 温度あるいは湧出量の変化、そして濁

りといった現象がある。これら過去における報告の大部分は人間の感覚としてとらえられたものであり、その確からしさには自ずから限界がある。しかし最近のように温泉の利用度が高くなり、揚湯量が多くなり過ぎると、温泉資源の危機さえ問題になってくるようになる。このように自然のバランスが毀されると、地震の前兆現象を人間の感覚としてとらえられる範囲も過去より益々狭いものになってくる。この伊豆半島にも 2000 を越える源泉数があるが、その中自然湧出・掘削自噴のあるのは僅かに 4 パーセントにも満たない。このようなわけで静岡県では毎年 2 月に各源泉の温度、湧出揚湯量の実体が調査され温泉の資源保護と適正利用を図るための努力が為されている。これらの資料は地震との関係を見るためにも、それなりの役割を果たすが定量的な議論をするためには不充分であり、どうしても温泉水位を連続的に測定しなければならないことになる。そして過去には伊豆半島において温泉水位を連続的に測定し、地震と結びついた変化をとらえた顕著な例がある [福富 (1935)]。勿論温度さらには温泉含有物の定量分析などを連続的に測定できれば一層良いことは云うまでもない。

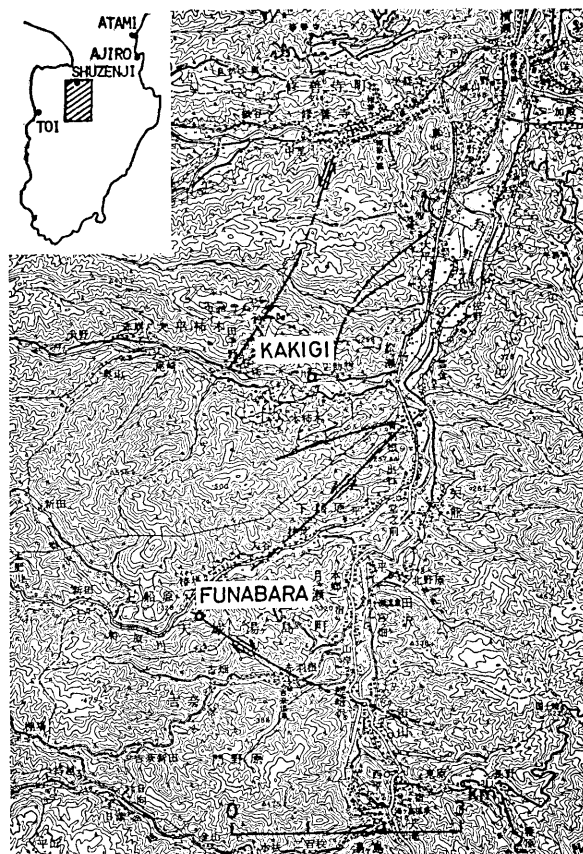


Fig. 1. Location of two deep wells, Funabara (600 m) and Kakigi (250 m), and surrounding active faults (adapted from MURAI and KANEKO (1976)).

単に温泉水位の観測といっても事柄は簡単ではない。地震の前兆をとらえるに役立つなければならない条件がある。一般に地下水位は雨量, 気圧, 潮汐などの自然現象の変化に応じて影響を受ける。さらには人為的な影響も考えなければならない。それらの中から地殻内部に原因を持つ変動を見出さなければならない。それ故測定場所の選定そのことが一つの重要な仕事になる。しかも経費上既存の観測可能な源泉となれば一段と制約を受け厳しい条件となってくる。

幸いに今迄の調査の検討と関係者の御好意によって, 条件の良い源泉で水位を連続的に観測できる機会を持つことが出来た。場所は Fig. 1 に示してあるごとく, 有名な温泉地修善寺町の南約 3 km の天城湯ヶ島町柿木, さらに南約 3 km の同町船原の 2 地点である。また参考のために, この図に村井・金子 (1976) によって示されている活断層を書き入れた。特に船原の地点は右ずれ活断層と, それに対する左ずれ活断層の交点にあたり, 地質構造との関連においても適当な場所と云える。

船原温泉には源泉として記載されたものは 15 を数える。勿論その中には休止されているもの, 埋没あるいは未利用のものもあって常時利用されているものは 6 箇所である。そして温度が  $73^{\circ}\text{C}$  あるいは  $95^{\circ}\text{C}$  もある自噴泉がある。このことは天城湯ヶ島町の中でも恵まれた地域と云えるし, 人為的な影響もそれ程大きくは受けていないことを意味する。

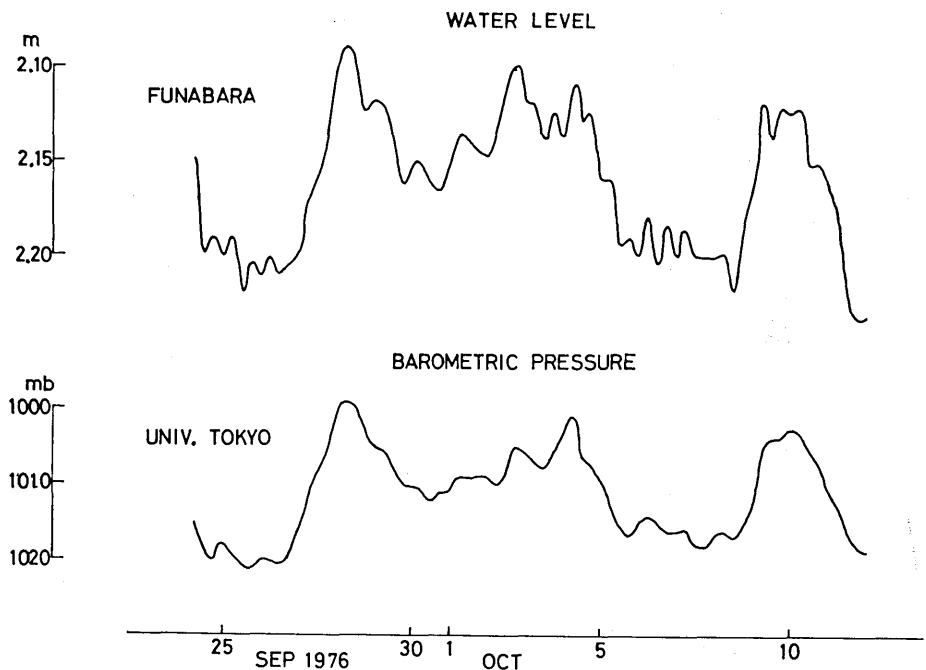


Fig. 2. Changes in water level at Funabara and barometric pressure at the University of Tokyo. The water level is shown as the depth measured from the pipe head of the well. The correlation between the two curves is remarkable. This enables us to remove the effect of barometric pressure from the observed data of the water level.

WATER LEVEL (corrected for Pressure)

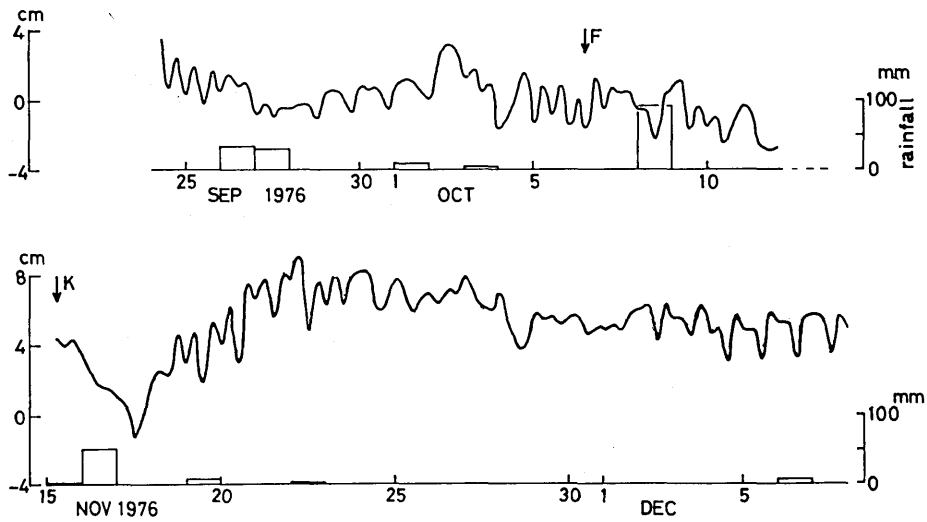


Fig. 3

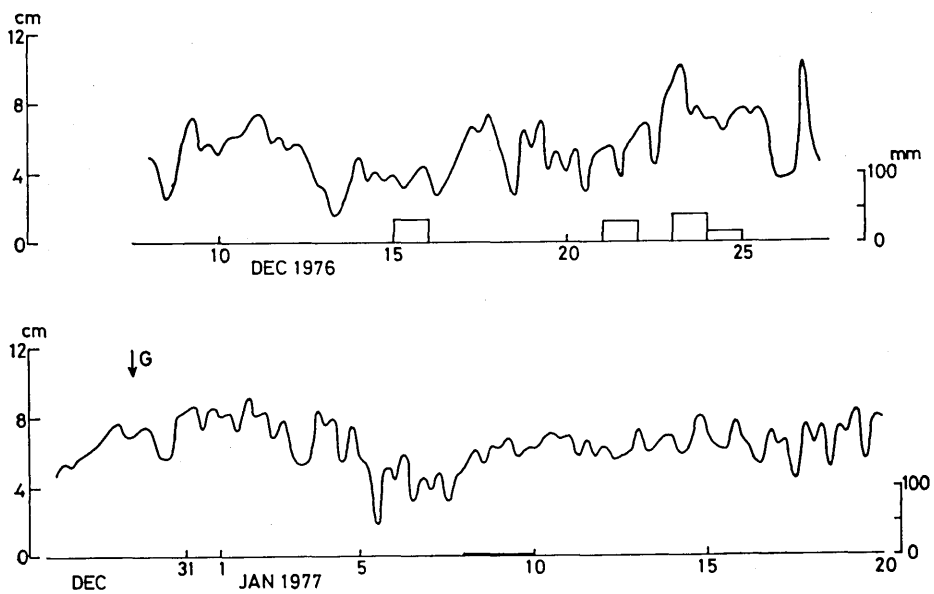


Fig. 4

Figs. 3~6. Changes in water level (corrected for barometric pressure) at Funabara. Daily rainfall observed at the station about 6 km southeast of Funabara is shown under each curve. Arrows indicate the times of occurrence of felt earthquakes at Ajiro.

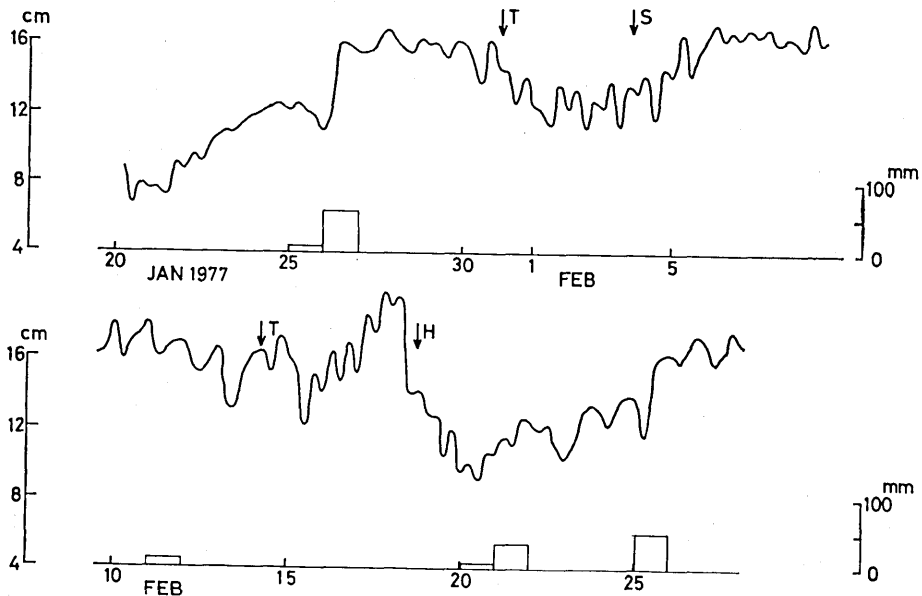


Fig. 5

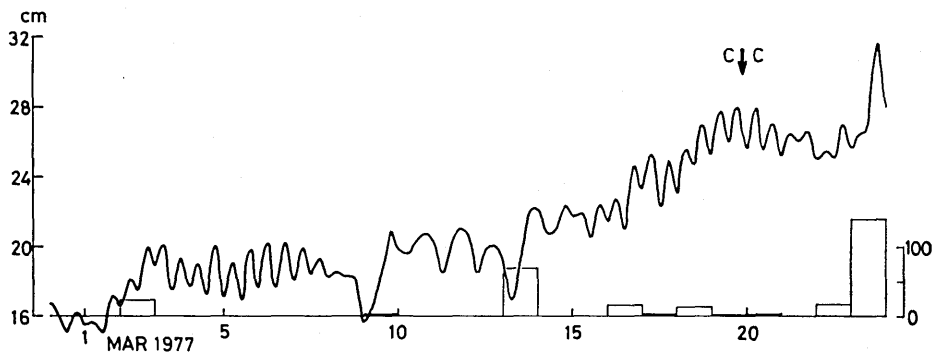


Fig. 6

と同時に地下の熱源に関係しても、より密接な位置にあると云える。

さて、水位観測を行っている源泉は「お狩場の湯」と云われ、深さは 600 m で現在は勿論使用されていない。この源泉は比較的新しく、まだ 10 年程であるが、1969~1973 年の実地調査では温度は約 41°C、揚湯量が 15 l/min 程度のものであった。1976 年 9 月 24 日から観測を開始したが、その水位変化の記録を Fig. 2 に示す。水位は管頭からの値を示しているが、図からもわかるように変動の幅は非常に小さく、図に示された期間を通じて 10 cm 余りの程度である。その水位変化の図の下に船原から約 120 km も離れた東京大学構内にある深井戸の場所で観測された同じ期間内の気圧変化を示してある。御覧になって分るごとく余りにも似ていることに驚かれるであろう。この図には、いくつかの意味

が含まれている。

先ず船原と東京での気圧変化は非常に似ているということである。従って局地的な細部の変化を無視できるなら船原での気圧の代りに使用できる。次に水位は気圧の変動に関して非常に敏感に反応する。この図から計算すると気圧 1 mb の変化に対して 0.6 cm の割合で変化する。参考のために云えば東京大学構内深井戸の変化の 1.5 倍に相当する。勿論気圧が高くなれば水位は下降し、気圧が低くなれば水位は上昇する。それから潮汐の影響も海岸などで測定している場合に比較すれば 1/100 の程度になって非常に小さくなる。また井戸は深さが 600 m もあって浅い層の影響が無く、雨の影響はほとんど受けてないように見える。これは浅井戸が雨に敏感に反応して、その影響を簡単に除去できないことを思えば大変都合が良い。さらに此の期間では人為的な揚湯の変化が少なかった。あるいは長期的、季節的な変動そして地殻内部に原因をもつようなものも、それ程現われなかった。といったような、いくつかの理由があげられる。水に関係したようなもので地震の前兆現象を云々する場合には、上述のような、いろいろな影響を十分に考察することに注意せねばならない。

図から分るごとく上述の期間では、船原での水位は気圧に最も大きく関係しているので、まず気圧の影響を除くべく補正すると Fig. 3 のごとくなる。その結果気圧変化の大きさに隠れていた潮汐の影響が明瞭に出てくるが、変化量も小さいので今のところそのまま図示しておく。また天城営林署管内の本谷種苗観測所(船原の南東約 6 km)で測定された雨量も図に書入れている。たまたま見掛け上影響の出ているように見える所もあるが、全体としてみると影響の遅れを考慮しても雨量によく対応した水位変化は明確に見出せない。また地震との関係は不明であるが、参考のために伊豆網代で有感であった地震も図中に記入した。F: 福島沖 (1976 X 6, 22h 38m, 37°04'N 141°25'E, H=70 km, M=5.9) K: 神奈川中部 (1976 XI 15, 19h 14m, 35°26'N 139°12'E, H=20 km, M=4.4). 10月13日以後水位計の故障その他の原因で記録として活用できない期間がある。11月20日前後の水位の上昇については、今の所その原因については断定できない。

Fig. 4~6 についても同様な図であるが観測開始当時からは次第に僅かではあるが水位は上昇している。この変化については、降雨その他季節的な変化による長期的なもの人為的な原因それとも地殻内部の原因によるものか明確ではないが現在検討中で人為的な要素が含まれていることが次第に分ってきている。また引続き参考のために図中に記入した地震は、G: 群馬北部 (1976 XII 29, 23h 37m, 36°48'N 139°12'E, H=140 km, M=5.8) Ts: 東京湾南部 (1977 I 31, 14h 15m, 35.4°N 139.7°E, H=60 km) S: 静岡中部 (1977 II 4, 10h 48m, 35.1°N, 138.3°E, H=10 km) Tn: 東京湾北部 (1977 II 14, 18h 08m, 35.7°N 139.8°E, H=90 km) H: 八丈島近海 (1977 II 19, 5h 51m, 33.1°N 141.0°E, H=40 km) C: 千葉北部 (1977 III 20, 9h 07m, 35.7°N 140.2°E, H=90 km) 千葉中部 (同日, 9h 18m, 35.4°N 140.2°E, H=40 km)。

特に八丈島近海地震における直前の水位変化を始め一見前兆らしく見える変化もあるが、連続記録上の地震時の変化を見れば、それ程関係あるようにも思えない。

上述の船原の水位変化を時間軸をつめて一枚の図に示したのが Fig. 7 である。この図では潮汐変化を簡単に消すために一日平均の水位の値を示したことになるが、この図から

も分るごとく 1 cm 程度の僅かな変動は今の所問題にならない。観測開始からの半年間に 30 cm にも及ぶ水位の上昇の原因, あるいは時々現われる数 cm の水位の上昇・下降の原因を追跡検討することが先ず必要である。

この水位の変動曲線を見て, 例えば 1977 年の 1 月下旬から 2 月にかけての水位の上昇期間と, その期間内に起きた 4 個の地震 (Ts, S, Tn, H) とは, いかにも見掛上関係あるかのように見えるが, 他の原因を識別できない限り地震との関連を云々することは難しい。

この源泉の水位変化のように一見気圧変化の測定だけで説明の出来そうな条件の良い場合でも細かく長期にわたって変化を調べると様々の問題がでてくる。勿論短期間の観測よりは長期間の観測の方が, いろいろと余計な原因を取除くことが出来る。然し一方では長期のために, 今までには無かった別の要因が入り込んでくることも覚悟せねばならない。複雑になる所以である。

次に柿木においても 1976 年 12 月 27 日から水位の観測を開始した。この源泉の深さは 250 m で船原の 600 m に比較すれば半分にもならない。柿木には 16 年程前から掘削が行われた源泉が 3 ケ所あるが, 1 つは埋没, 1 ケ所は未利用, そして使用させて頂いた源泉は休止中のものである。1968 年頃のこの源泉の温度は 28°C, 揚湯量は約 60 l/min, 泉質は芒硝泉である。湯ヶ島地域は石膏泉が多いが, 北方の地域の嵯峨沢, 吉奈, 月ヶ瀬

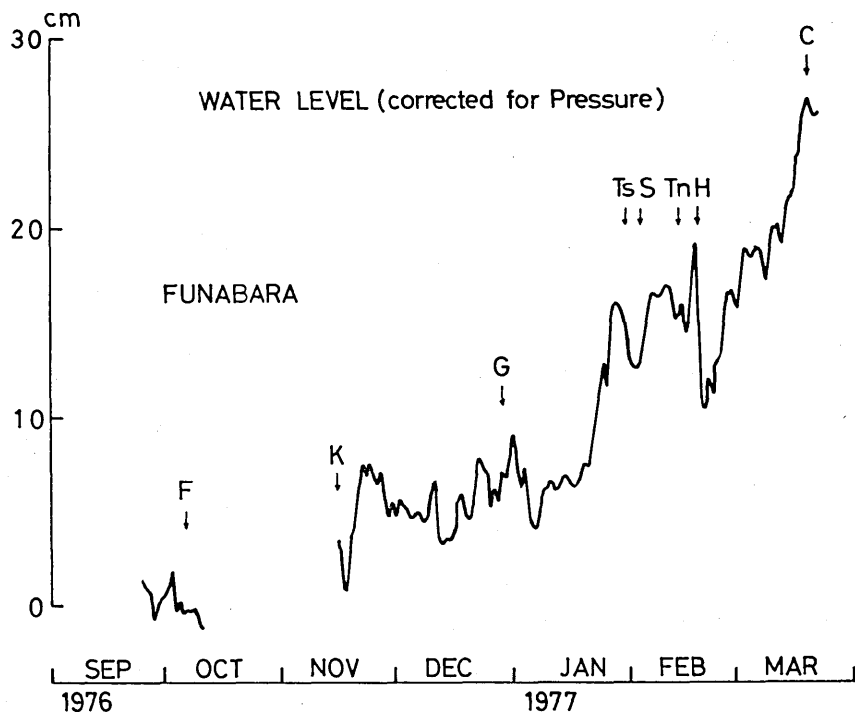


Fig. 7. Daily mean values of water level (corrected for barometric pressure) at Funabara.

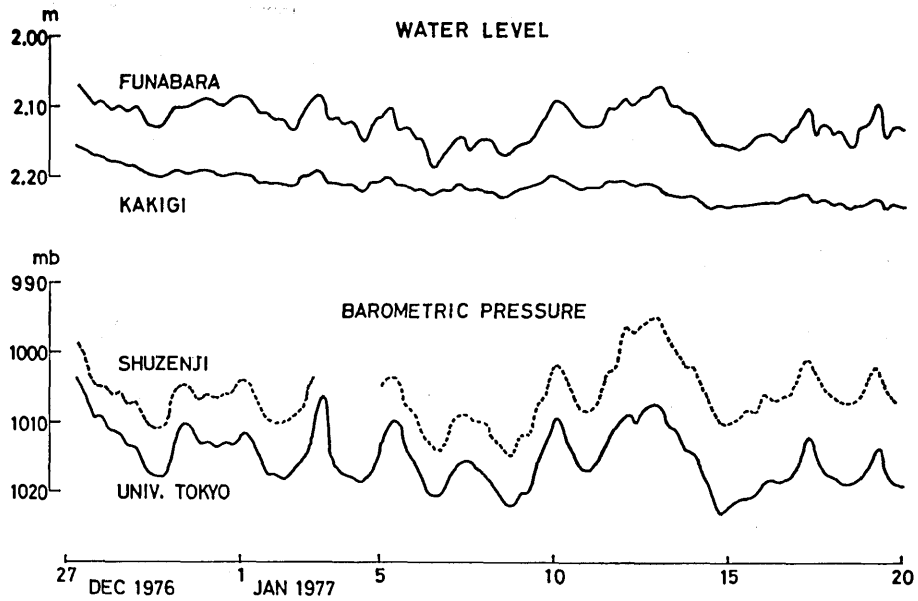


Fig. 8

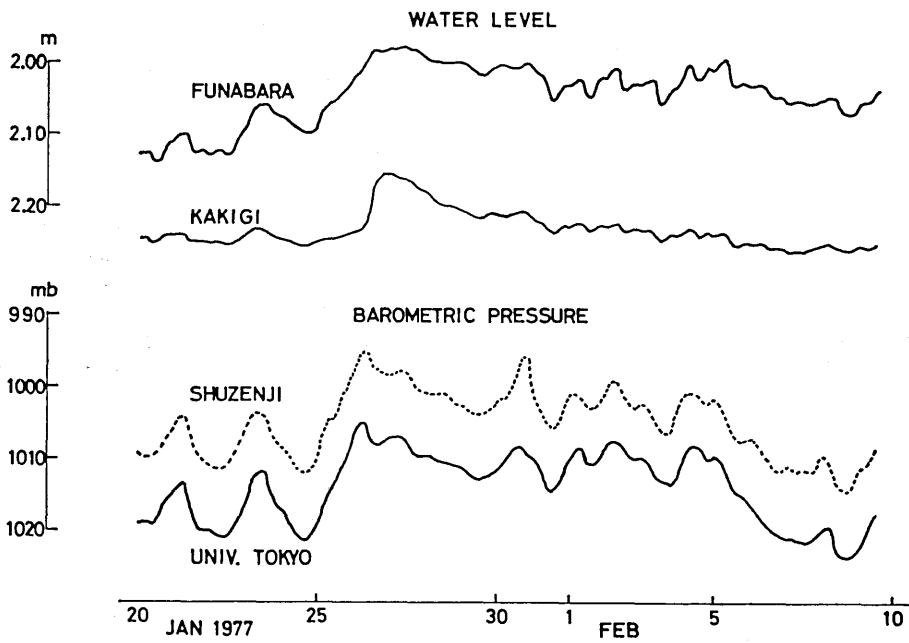


Fig. 9

Figs. 8~11. Comparison of changes in water levels at Funabara and Kakigi, and barometric pressures at Shuzenji and Tokyo.



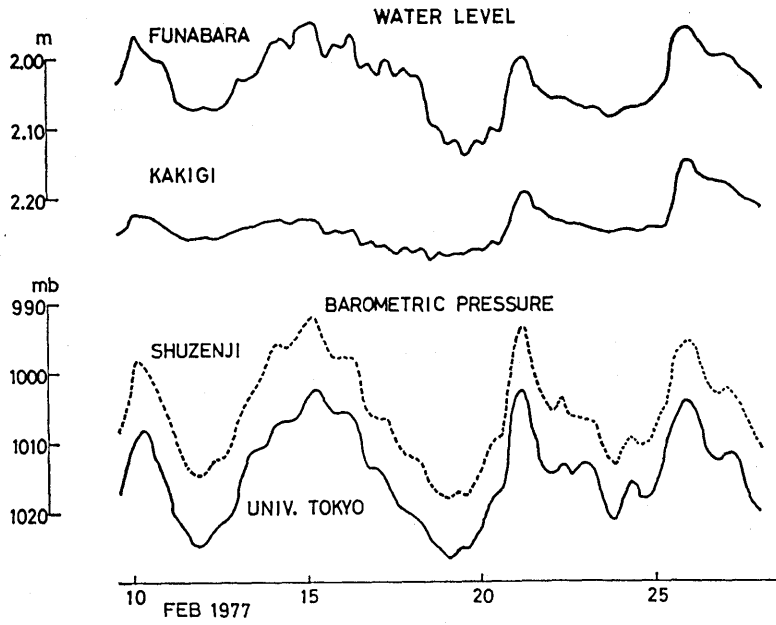


Fig. 10

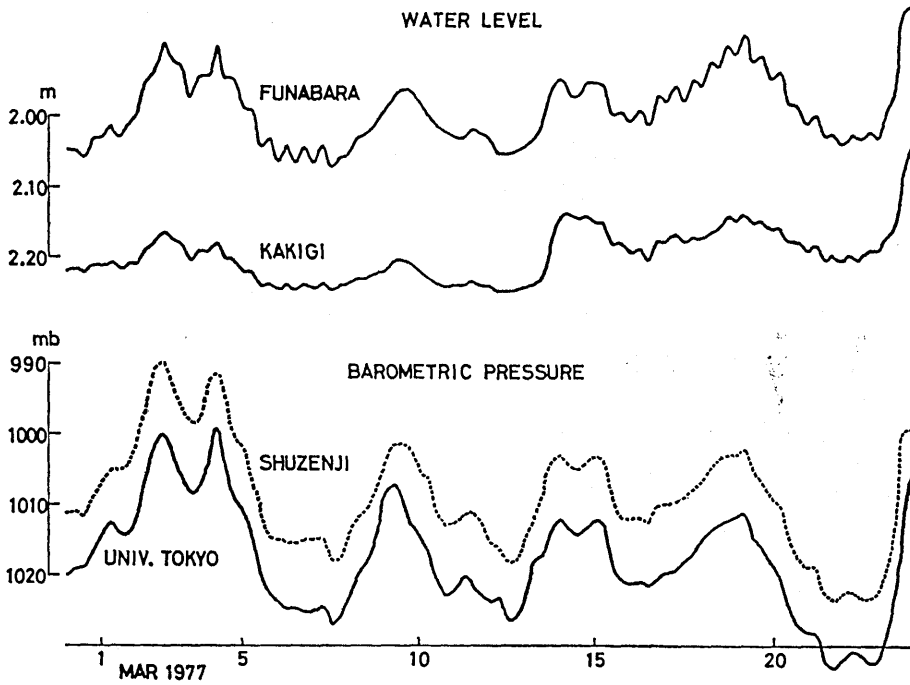


Fig. 11

そして船原、柿木では芒硝泉系となり泉質からも区別せられるようである。今のところ、この地域からの人為的な影響はないので、その点に関しては船原の水位変化よりは検討するのに都合が良い。

観測当初の結果を Fig. 8 に示す。水位は管頭からの値で 2m 余りである。このことから人為的な影響が、それ程でもないことが分る。参考のために船原の水位も書入れた。またその下に気圧変化の図を示した。ここには前にも示した東京大学構内深井戸の所で測定している気圧とともに、修善寺保健所内で測定された気圧（観測を依頼）も示してある。船原の水位変化の説明の時にも述べた如く、気圧変化のパターンは細部の点を除けば同じと見て良いであろう。ただし高度補正をせずに観測された値そのままを示した。

この図からも分るごとく柿木の水位変化もまた、かなり安定したものである。そして船原ほどではないが気圧変化に良く対応していると見られる。しかし細部の点を考慮して気圧変化の補正をしようとなると別な要因による変動が入って船原のように明瞭な補正ができない。

引続き観測したその後の変動を Fig. 9~11 に示す。これらの図を見ても、ほとんど船原と同じく気圧変化によって水位変化を説明できそうに思えるが、依然として細部の変化には異常なところがある。現在引続き検討中であるが、その異常は降雨の影響であることをつきとめた。いずれ詳細は次の機会に報告する。潮汐の影響もまた船原と同様に含まれている。

柿木における水位変化もまた船原同様に比較的安定したもので mb 単位の圧力変化を水位変化として良くとらえているように見える。観測には、まず質の良いデータを得ることが大切なことである。でなければ地震に関連した変動が小さい場合には役に立たない。そして地震以外に水位に変動を与える要因を一つ一つ除いて行くことが必要である。しかしそれは容易なことではなく長期にわたる連続観測によって初めて可能になる。

### 3. 熱海などの温泉の変動

先に伊豆半島北部から中部地域にわたる温泉についての変動を調べた [山口 (1976b)]。熱海市、長岡町、大仁町、修善寺町、中伊豆町、土肥町、天城湯ヶ島町管内にわたる 546 の源泉を対象にして検討したわけであるが、その前の伊豆半島東南部地域における温泉の変動の報告 [山口 (1976a)] と違い 1974 年伊豆半島沖地震の影響は余り明瞭に現われていなかった。それは震央距離の遠いことにもよろう。ただ熱海地域は例外で敏感に地震の影響を良く反映して湧出熱量も増大し持続している傾向があった。そして源泉を深さ別に分けて考え、さらに温度上昇の傾向にある源泉を選ぶと一層その特長が明らかになった。同様な傾向は船原および土肥についても見られ今後の変動に注意するよう指摘した。今回はさらに其後の変動と、熱海については特に地域的な点をも考慮して調べた。資料は主として静岡県が毎年 2 月に行っている実態調査のものである。

熱海は昔から有名な温泉地であり、それに関する研究も数多くされている。しかし最近では人為的な影響が非常に大きく地震との関連を求める定量的な研究をするには大変困難である。ただ定性的には、或程度比較検討することができる。

熱海で調査の対象にした源泉数は 227 である。Fig. 12 に、それら源泉の分布図を示し

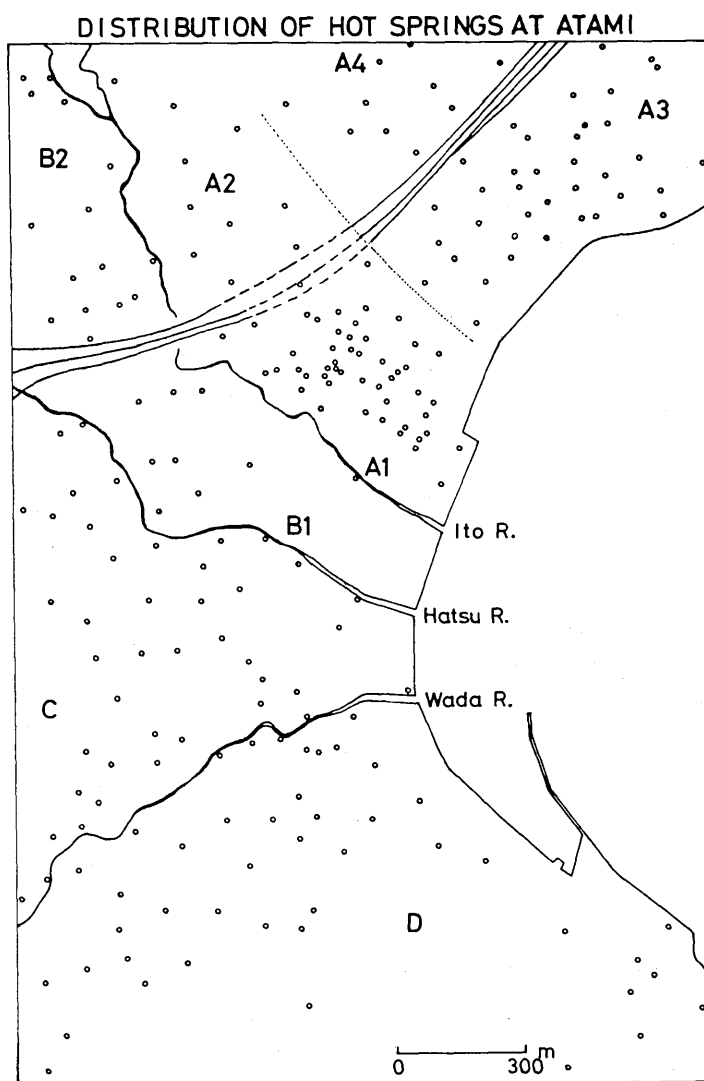


Fig. 12. Distribution of hot springs at Atami spa and geographical zonings of the area.

である。但し数ヶ所の源泉は遠く離れているので、この図には書入っていない。便宜上地域的特徴を見るために、以下のように地形的に区分し、糸川以北をAとし、さらに図にあるように鉄道線路とトンネルを境にしてA1~A4までの4ヶ所に分ける。同様に糸川と初川との間をB1, B2に、初川と和田川の間をCとする。そして和田川以南をDと分けることにする。

さてA1の地区は昔からある温泉の中心地であり、温度も他の地区に比較して高い【例えば FUKUTOMI (1937)】。そのことは現在においても、たとえ温度は低くなっても相対的

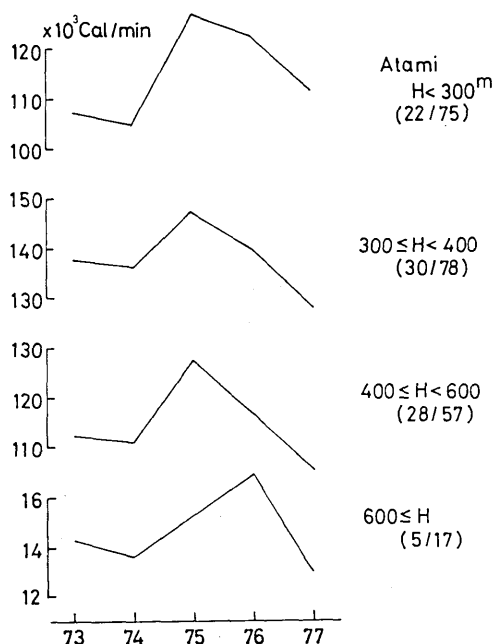


Fig. 13. Secular variation of heat output in Calories per min. at wells of different depths at Atami spa. The analysis was made only for wells which were in a stable state during 1973 and 1974. The ratio of the number of these wells to the total number of wells is given in parenthesis.

には変らない。このような地域的な特徴を具体的に明示して議論することは、この前の報告 [山口 (1976b)] では差し控えた。この代りとして源泉を深さ別に Fig. 13 に示したように分類した。

これによっても或程度の特徴を導き出せると判断したからである。括弧内の数字は分母の数が深さ別の源泉数、分子の数は比較的安定した源泉数。それには地震前1年の変動が温度で  $5^{\circ}$  以上あるいは揚湯量にして 20% 以上にも及んだ源泉は、平常の変動が余りにも大きく、いろいろな要因で左右されやすい不安定なものとして除いた。縦軸には、それら源泉の湧出熱量を合計したものが目盛っているが、変化のパターンに着目して貰えば良いわけである。図から分るごとく地震によって湧出熱量は増加し、その後は元に戻る傾向を示している。これらは震央に比較

的に近い東南部地域における温泉の変動の傾向とよく似ている。このことは熱海の温泉の変動は、地震に対して比較的敏感であることを示している。特に 1976 年の初めまで湧出熱量の増加を維持していた浅い方と深い方の源泉も元の状態に戻ってきたことは、地殻の隆起変動の消長と何等かの関係があるかも知れない。

先に示した地域の区分に従って同様な変動図を書いてみたのが Fig. 14~15 である。この図には平均温度の変化も破線で示した。これらの図から先にも述べたごとく、熱海温泉の中心地である A1 地域で最も温度が高く、また明瞭に地震の影響が見られ、その後の余効的变化も意味ありげである。A1 地域には、かつては間歇泉として有名であった大湯があり、大正 12 年の関東大地震の前日からは、人にも感じられる異常な変動があった。そして地震後も活発な変動が引続き起きていたことが詳しく記録されている [中村 (1925)]。

また A2 地域の平均温度が地震後かなり上昇したことも注意すべきことであろう。このような変化は他の地域には見られない。A3 地域については地震による影響は、むしろ逆に減少する傾向に出ているが、他の地域は、いずれも増加の傾向にある。また C、D 地域については同じような変化で地震後は元へ戻る傾向を示している。このような傾向は震央に比較的近い地域の温泉の変動と似ている。いずれにしても熱海における変動の異常な特長は A1 と A2 地域に見られるのではあるまいか。以上は各地域とも比較的安定した源

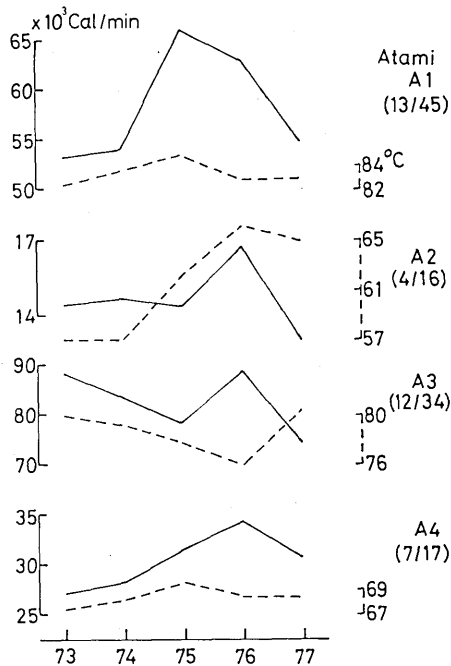


Fig. 14

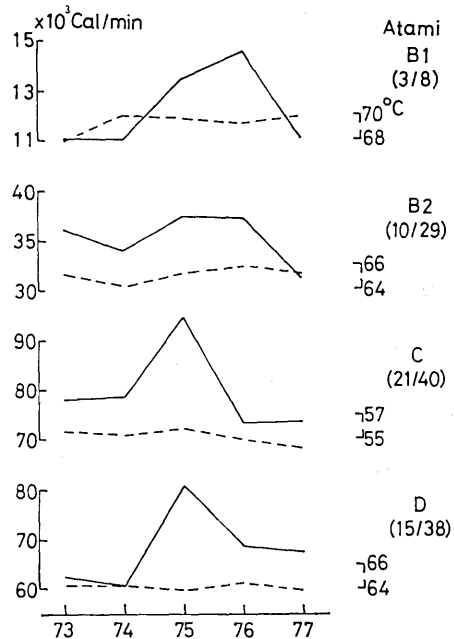


Fig. 15

Figs. 14, 15. Secular variation of heat output (solid curve) and temperature (dashed curve) in each zone at Atami spa (see Fig. 12).

泉について合計した変動のパターンであるが、A1 あるいは A2 地域の個々の源泉のあるものについては、さらに明瞭に異常な変動が当然あることが期待される。実際それらの源泉の温度変化をいくつか示したのが Fig. 16~18 である。

温度は揚湯量と違って、それほど測定に大きなバラツキは見られないから、かなり確からしい意味を持っていると思われる。これらの図から浅い源泉についても、そして深い源泉についても、 $10^{\circ}$  から  $30^{\circ}$  以上にも及ぶ大きな温度上昇が、1974 年伊豆半島沖地震の前後にわたって示されている。これは非常に驚くべき事実ではないだろうか。このことは前の報告 [山口 (1976b)] で指摘したわけであるが、最近の 1 年間の温度変化としては安定もしくは下降の傾向と云える。このことは最近における地殻の隆起現象の鎮静化あるいは群発地震の消長とある相関を持っていると見做せるのではなからうか。

しかもこれら異常に変動した源泉が、いずれも糸川沿いの、かつて大塚 (1943) が指摘した断層に沿って在ることは、特に重要な意味を持つことを考えねばならない。そして温泉が、その構造線に沿って地下深所から湧出してきているものと推定できるものとすれば、当然地下の情報を敏感に地上に伝えるものであろうし、地震現象あるいは地殻変動とも、ある結びつきを持っているものと考えられるのではなからうか。

規模としては熱海ほど大きくはないが、似た現象が船原においても一部の源泉に現われている。Fig. 18 の下部に示されたのが船原における 2 個所の源泉で、No. 7 は自噴で

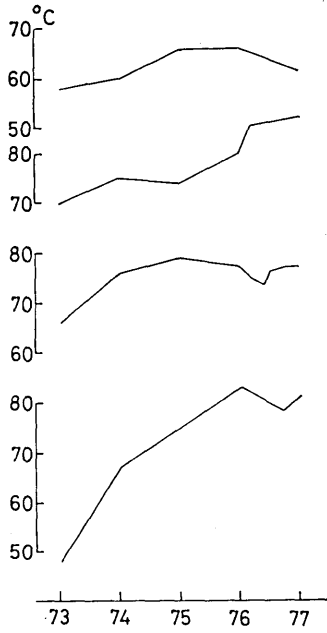


Fig. 16

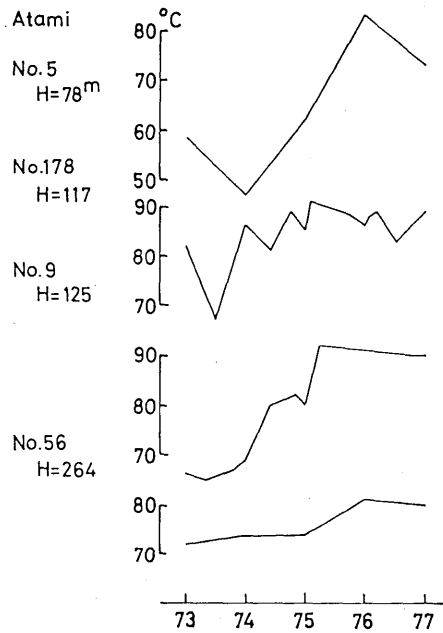


Fig. 17

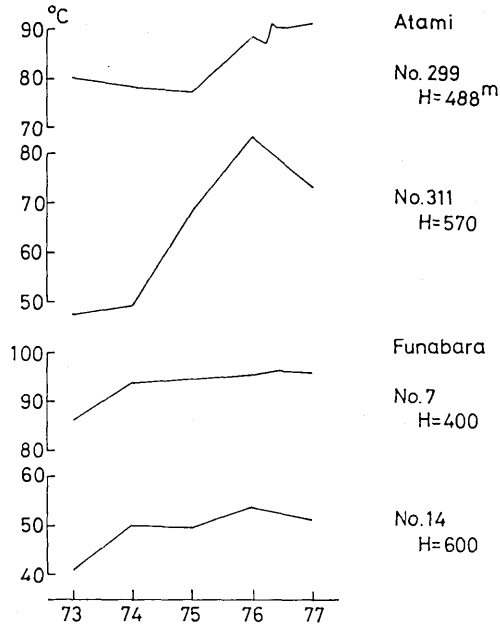


Fig. 18

Figs. 16~18. Variation of temperature at certain wells at Atami and Funabara where the temperature has not returned to the level before the Izu-Hanto-Oki Earthquake of 1974.

温度も高い。この「鱒池の湯」と云われる源泉は、比較的新しく13年程である。一時温度が下がっていたが地震前から約 $10^{\circ}$ も上昇し、その後安定し現在に至っている。この傾向はNo. 14の源泉についても同様に現われている。

さて、この前の報告 [山口(1976b)] で地震によって湧出熱量の増大を続けていた伊豆半島西部の土肥および船原での、その後の変化を示したのがFig. 19である。いずれも比較的安定した源泉を選んだものだが、増大の傾向は逆転して低下を示し元に戻るか、あるいはそれ以下の状態になっている。これらからも変動の峠は越えたものと判断はできる。

しかし変化の幅が大きく不安定と判断された源泉の中でも、あるものは見方によっては重要な内容を敏感に反映しているという場合もあり得る。船原における温度上昇のあった源泉No. 14の揚湯量をFig. 19の下に示したが、ごく最近における変動は、地震後の変動量に近い値になっている。これは船原における水位変化の動きと比較するとき何か共通の原因を持っているのか、それとも単なる不安定な要素のなせる業か何とも云えない。いずれにしても今後人為的な問題を含めて検討しなければならない。

#### 4. 結 語

以上船原，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述べてきた。船原および柿木における水位変化は観測を始めてから、まだ期間も短かく中間報告的なものだが、両源泉とも一見気圧変化で説明ができるほど都合の良いものである。しかしながら、気圧、潮汐以外の変化に注意を向けると、まだまだ今後検討を加えるべき困難な問題が残っている。即ち船原では揚湯している源泉がいくつかあるが、それがどのような形で関係してくるか。また柿木においては、どの地域の降雨がどのように影響を与えているか。これらをどう補正して行くか今後考えて行かねばならない。

地震の前兆現象が大きい場合とか、小さくても異常な形で現われてくる場合は、ともかくとして、比較的平常の変動に似たような形で現われる場合は、上述のような要因を取除くことが出来た後に、前兆現象をとらえる可能性がでてくる。

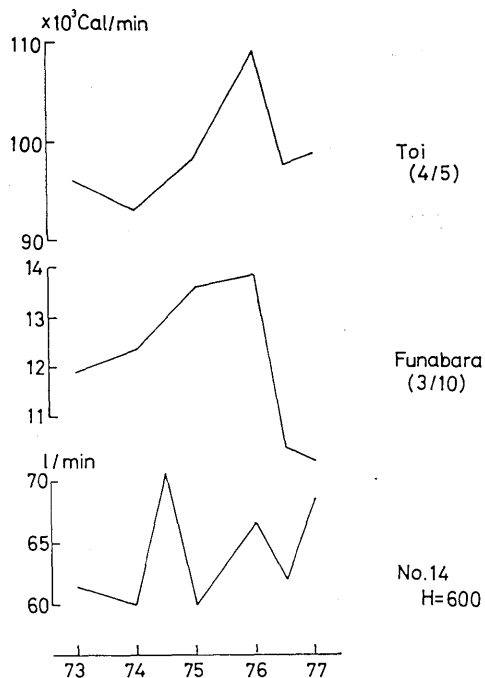


Fig. 19. Secular variation of heat output in Calories per min. at Toi and Funabara, and volume output in liters per min. at the well No. 14 at Funabara.

また熱海における温泉変動は、人為的な影響が大きいにも拘わらず、地下深所における内部変化を敏感に反映していることが考えられ、地震予知の立場からも、一つの情報源として今後の変動の様子を充分注意して行く必要があるであろう。

終りに、今回の水位観測は修善寺保健所の御世話なしには不可能であり、関係者の方々に厚く御礼申し上げる。また施設の使用を快諾下さった源泉所有者の船原ホテルおよび天城カントリー倶楽部並びに色々御世話下さった関係者の方々にも合せて厚く御礼申し上げます。1974年伊豆半島沖地震以来温泉調査のためには、いろいろと関係各機関から御協力を頂いた。静岡県衛生部、熱海、下田、松崎、修善寺、沼津の各保健所、熱海市役所、修善寺町、天城湯ヶ島町、河津町、松崎町の各役場、天城営林署、沼津工事事務所、熱海温泉組合、南伊豆町温泉協同組合、伊豆温泉組合、さらには個人的にも多くの方々から、多大なる御援助を頂いた。心より厚く御礼申し上げます。

#### 文 献

- 福富孝治, 1935, 昭和 10 年 7 月 11 日静岡地震に伴った南伊豆蓮台寺温泉水位の異状, 地震 [i], 7, 608-612.
- FUKUTOMI, T., 1937, On the Hot Springs of Atami, Izu Peninsula, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 15, 113-133.
- 村井 勇・金子史朗, 1976, 南関東の活断層分布図, 8.
- 中村左衛門太郎, 1925, 関東大震災調査報告, 震災予防調査会報告, 100甲, 67-140.
- 大塚彌之助, 1943, 静岡県熱海温泉と地質構造との関係一考察, 地震研究所彙報, 21, 414-434.
- 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 [ii], 28, 239-267.
- 山口林造, 1976a, 1974 年伊豆半島沖地震前後から最近までの伊豆半島東南部地域の温泉の変動について, 地震学会春季大会講演予稿集, 57.
- 山口林造, 1976b, 伊豆半島北部から中部地域にわたる温泉の変動について, 地震学会秋季大会講演予稿集, 25.
- 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.



13. *Changes in Water Level at Funabara and Kakigi;  
Secular Variations of Heat Output of Hot  
Springs at Atami and Other Spas.*

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 since September 1976. The depths of these wells are 600 m and 250 m respectively and the water level is about 2 m below the pipe head for both wells. Compared with wells situated in many other places, the water levels of these wells are very stable because of the small effect of rainfall, tide and pumping-up of water in the surrounding region. No correlation has been found as yet between changes in the water level and earthquakes or other geophysical phenomena associated with the recent crustal activity in the eastern area of the Izu Peninsula.

Changes in temperature and heat output of hot springs at Atami and other places are investigated, with relation to the Izu-Hanto-oki Earthquake of 1974 and the recent crustal activity. Remarkable changes in those quantities can be recognized at the hot springs in regions A1 and A2 of Atami (Fig. 12, Fig. 14) about the time of the earthquake. This suggests that unusual variations of temperature or heat output in the hot springs in these regions may be sensitive indicators of future crustal activity.