

## 講演要旨(第163回)\*

### 特集 活断層・地震断層探査 伊豆半島及びトルコ・北アナトリア断層

#### 地質調査所における活断層研究の現状

垣見俊弘(環境地質部)

#### 重力異常からみた伊豆半島

駒澤正夫

伊豆半島は高重力異常域であるが、北に向って丹沢山地まで重力異常は減少傾向を示す。それは伊豆半島の基盤が北へ向って深くなっていることを示している。また、伊豆半島を中心とした同心円状の重力パターンが伊豆半島北部より丹沢山地にかけてみられるが、地形測量より得られた広域地殻歪の主応力線と重力図のコンターがほぼ直交することからみて、本地域は長期間北北西方向に働く圧縮場に置かれていたと考えられる。密度差を $0.3\text{ g/cm}^3$ とした三次元2層構造定量解析の結果、現在プレート境界と考えられている相模トラフから国府津-松田断層・神縄断層を通り駿河トラフに至る半円状の地域と、その北側に当る丹沢山地の北側を通る半円状の地域の基盤深度が海拔下2,000-4,000mの凹状構造が得られ、いわば、“二重まぶた構造”を示している。二重まぶた構造は、北北西方向の圧縮力による褶曲構造の結果を示しているのか、あるいは、かつて、丹沢山地の北側を通る半円状の地溝帯に存在していたプレートの沈み込み帯が、南へ移り、相模トラフより国府津-松田断層・神縄断層を通り駿河トラフに至る地溝帯が新しくプレートの沈み込み帯となったかのいずれかが原因として推定される。活断層と重力異常との相関については、活断層の存在している場所は、重力傾度の大きい所か、重力コンターの歪みの連続性が存在している所に対応していることが判る。たとえば、国府津-松田断層および神縄断層については、重力異常がそれぞれ西落ちおよび南落ちとなっており、定量解析では基盤の落差が数kmと解析された。富士川下流域に東落ちの活断層群があるが、重

力図上では東側で高重力異常と逆相関である。丹那断層は、左ずれの水平断層であるが、重力図上では東側で高重力域となっており断層構造と重力のパターンは一致しないが丹那断層が地質的な境界であることは判る。以上のように、重力異常は長期間の地殻構造運動の結果を反映しているのであって、必ずしも現在の活動のセンスと一致する訳ではない。重力異常は、活断層を生じさせている広域的な構造運動の場を直視的に見せてくれる上で重要である。(物理探査部)

#### 北伊豆断層系における電気探査

内田利弘・佐藤 功・小川康雄・  
田中信一・上村 裕

電気探査は地下媒質のもつ比抵抗という物理量を用いて地層を識別し、地質構造を推定する。断層地域を電気探査法で調査すれば、その地質構造をどこまで解明することができるだろうか。地層の比抵抗は、そこに含まれる間隙水の比抵抗と量に大きく依存する。一般的には、断層砕破帯の形成に伴って間隙が増加し、水が多く蓄えられて比抵抗が低下する。また、断層変位に伴う比抵抗分布の変化が期待される。電気探査でそれらの異常を検出できれば、断層構造を推定することが可能となる。

北伊豆断層系一本講演では特に姫之湯断層について述べる一では、比抵抗法、VLF法、電磁水平探査(EM法)、地下レーダー法による調査を行った。断層を調査するとき電気探査に与えられた課題は、断層の位置を確認することと、周辺を含めた比抵抗構造を明らかにし断層活動推定の資料を得ることである。姫之湯断層の調査では、まず、VLF法、EM法によるマッピングを行い、地質学的調査から推定されている断層に対応する比抵抗異常があるかということ調べた。VLF法の探査深度は本調査地では20-50m、EM法は約6mである。測線は断層を横切るように設定し見掛比抵抗プロファイルを作成する。沢沿いに設けた測線では断層に対応して低比抵抗異常が検出された。ただし、断層のない所でも異常が見られ、これが未確認の断層によるものか現時点では判断で

\* 昭和59年1月19日日本所において開催の研究発表会

きない。泉橋付近の測線(H-1)では、低比抵抗異常としては観測されず、断層の南西側で高比抵抗、北東側で若干比抵抗となった。比抵抗法垂直探査の結果から、ここでは谷を形成する約100Ωmの低比抵抗層の上を、500-800Ωmの高比抵抗な堆積物が覆っていることがわかった。堆積層の厚さは約10mである。VLF法・EM法で見られた見掛比抵抗のステップ的な変化は、堆積層の比抵抗コントラストに起因するものである。その位置が断層と一致するのは、断層に伴う堆積環境の変化によるものとも考えられる。また、VLF法の見掛比抵抗分布には、基盤の右ずれを示すような徴候が見られる。

地下レーダー法では、約100MHzの電磁波パルスを地中に向けて送信し、インピーダンスの異なる地層の境界で反射して地表に戻って来る波を受信する。電波の走時と送受信器の位置関係から、電波の速さ、反射面の深さを知ることができる。本調査では、送受信の2つのアンテナを隣り合わせに付けた状態で地表を移動させるモードと、送信アンテナを固定しておき受信アンテナだけを移動させるモードの2通りで測定をした。前者をプロフィール・モード、後者をワイドアングル(CSP)・モードと呼ぶ。ワイドアングル測定によって電波の伝播速度と反射波の存在を確認する。アンテナに受信される信号には、空中の直接波、地中の直接波、および、地下からの反射波が含まれ、横軸にアンテナ間の距離、縦軸に走時をとって図示すると、前二者は直線(傾きが伝播速度に相当する)、後者は双曲線になる。姫之湯断層トレンチの横での測定結果では、空中波の速度は約30cm/ns、地中波は5cm/nsであった。地下レーダー法で用いる電波の周波数は電気探査としては非常に高く、地中では急激に減衰する。十分なS/N比で記録できる信号の長さが、本調査では200ns程度なので、深さ4-5mまで探査可能ということになる。プロフィール測定では、ワイドアングル測定で反射波であると確められた信号を水平方向に追跡し、地層の連続性を調べる。

図にBトレンチの西側測線での探査結果を示す。ワイドアングル測定の断面を見ると、多くの双曲線が見え、反射面の存在がわかる。アンテナ間隔0m、走時160nsの位置から始まる双曲線は、反射面が北側に傾斜しているために歪んだ形に見える。断層は2m付近を通る。横ずれ主体の断層なのでプロフィール測定の断面図に変位を見出すことはできない。図に現れた反射面をトレンチのスケッチと比較して、対応のつく地層境界が幾つかある。ただ、地中での電波の波長が約50cmであるのに対し、個々の地層の厚さが10-数10cmで複雑に重なり合っている状態を、完全に対応づけるのは難しい。

断層調査に電気探査を適用したとき、巨視的に見て破砕帯は低比抵抗異常として捕えられるものである。その意味でVLF法・EM法は容易にマッピングができ、強力な探査手法である。しかし、微細な見方をしたとき、一つ一つの断層が十分大きな規模をもって比抵抗異常を示すとは限らない。特に、断層が新しい堆積層の中を通っている場合、その構造を比抵抗モデルで表現するのは難しい。探査法として、その分解能・解析法の向上が要求される。

(物理探査部)

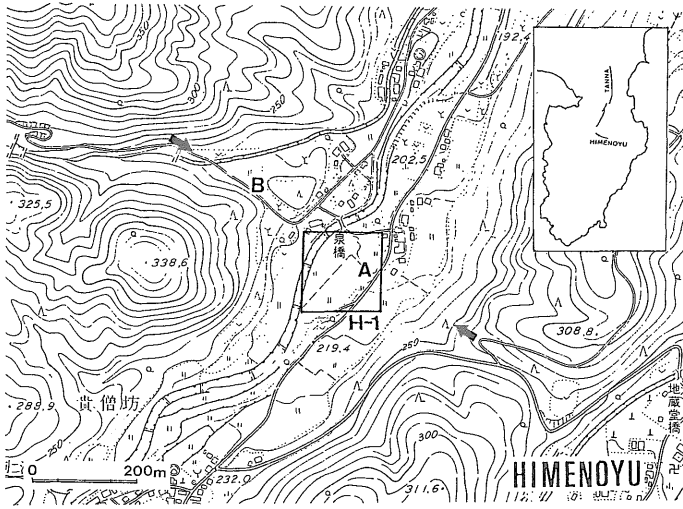
### 伊豆姫之湯断層発掘調査速報

水野清秀・佃 栄吉・山崎晴雄

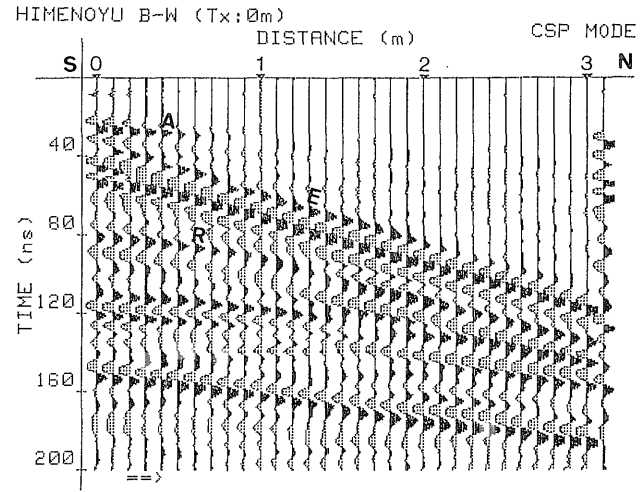
地質調査所では、活断層の活動史・活動度を知る目的で、これまで北伊豆断層系の南北性の2断層について発掘調査を行ってきた。その結果、断層によって活動度の異なることが予想されるようになった。今回、副断層的な性質で、活動度が弱いとみられる北西-南東方向の姫之湯断層の発掘を行なった。

姫之湯断層は、北伊豆断層系の南端に位置し長さ約6kmの右横ずれ成分をもつ活断層であり、また1930年の北伊豆地震の際に1m程度の右横ずれ運動をおこしたことも知られている。この時生じた石垣等のずれが現在でも数カ所残っており、地主の話や文献等をあわせて、断層の位置をかなり正確に把握することができる。工事上の条件も考慮して、姫之湯集落周辺の沖積地2カ所(A、B)を発掘することに決めた。発掘場所の正確な位置決めにはラドン濃度分布等の地球化学的データも参考にし、ほぼ予想どおりの位置に断層を観察できた。

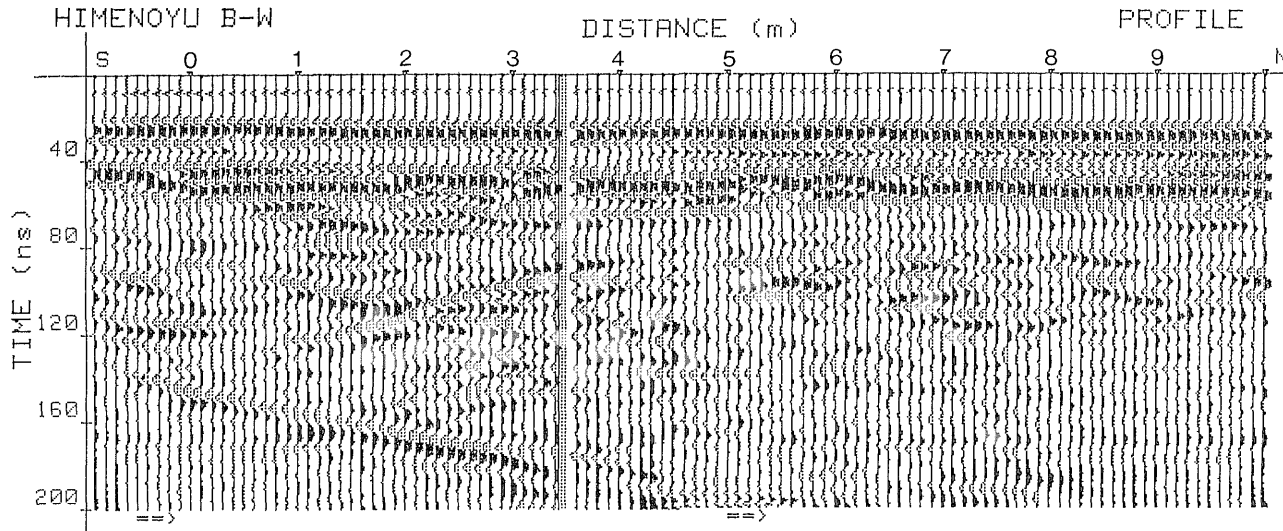
Aトレンチは10×20m深さ3mである。トレンチに先がけて行なった深さ10mのボーリングの結果、中下部はほとんど礫層であることがわかったので、トレンチの形状は側方へ広い階段状とし、地層と断層の水平的広がりを観察することを主目的とした。しかし実際に工事を行なうと、底面の観察は地下水のしみ出し等で不可能であった。東壁面のスケッチを第1図に示す。断層面は観察できなかったが、砂礫層fの厚さの変化や砂礫層hの途切れ、礫層g-i中の礫の配列のみだれから、太線の位置に断層が推定される。断層の左側のi層を奥へ掘るとh層が現われたこと、f層は奥ほど厚いくさび状の堆積物であるが左側でうすくなっていることから、断層は数10cmの右横ずれ変位を示していると考えられる。他の壁面ではN10-30W方向の雁行する開口割れ目が多数観察された。



(a)



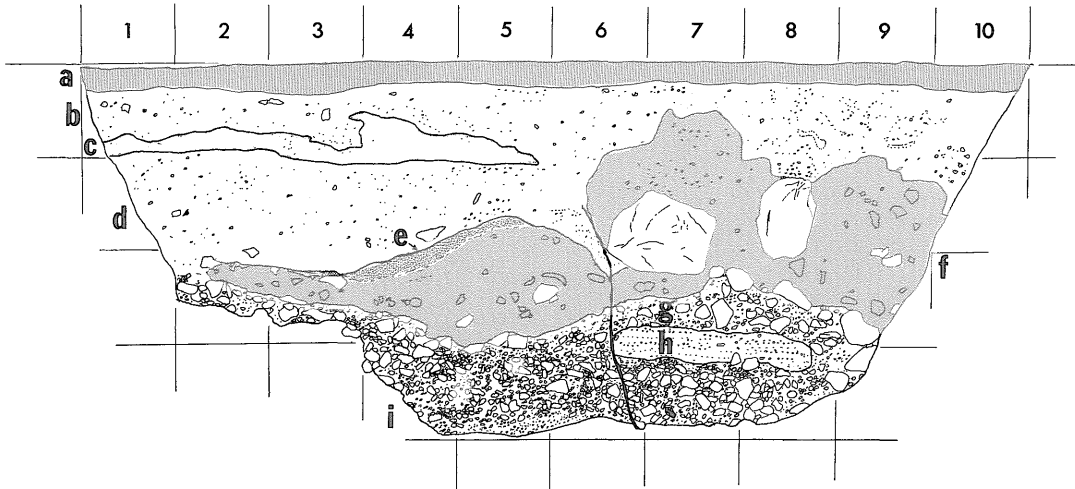
(b)



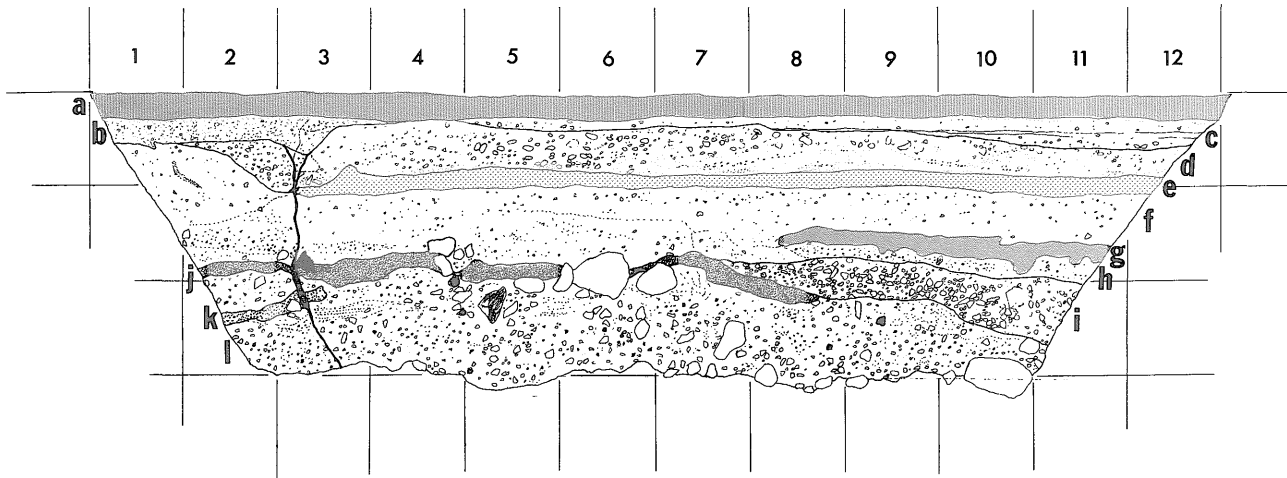
(c)

第(a)(b)(c)図 姫之湯断層における地下レーダー法探查例

- (a) A, B はトレンチ位置。矢印は断層の推定位置。  
 (b) B トレンチ西側測線のワイドアングル記録。送信アンテナは 0m に固定。図中 A は空中波, E は地中の直接波, R は反射波の1つ。  
 (c) B トレンチ西側測線のプロフィール記録。縦軸 200 ns が深さ 4 m に相当、断層は 2 m 付近を通る。



第1図 Aトレンチ東壁面のスケッチ



第2図 Bトレンチ西壁面のスケッチ

BトレンチはAトレンチから約300m西に位置する。12×6m 深さ2.5mである。西側壁面のスケッチを第2図に示す。N10-20W 方向の断層面が観察された。断層面に沿って粘土がつまっているが、これは開口した割れ目にまわりの砂がもみ込まれ、地下水の作用で粘土化したものと考えられる。

A, Bトレンチとも最下部の礫層中には、カワゴ平の軽石、黒曜石の礫が含まれており、これから約3000年前以降の地層であることがわかるが、正確な年代は明らかではない。今後炭質層の<sup>14</sup>C年代や花粉分析、また火山灰層(Bトレンチのj, k層)の対比によって明らかにされるだろう。両トレンチとも観察される断層は1回だけの運動で説明でき、またBトレンチのb層は人工堆積物とみられるので、断層運動はかなり新しい時期のものであり、1930年の地震の際に生じたものと考えられる。

(環境地質部)

### トレンチ発掘による北伊豆断層系の調査

山崎晴雄

1970年代の末から、活断層の運動史を解明する有効な方法としてトレンチ発掘調査が注目され始め、現在までに各地で調査が行われている。

トレンチ発掘調査とは、活断層が新しい堆積物の分布する地域を通過している場所を選び、そこで断層を横切る調査溝(トレンチ)を掘り地層の観察を行うものである。その壁面に現われる断層や地層の変位の様子から、過去の断層運動の歴史を具体的に読み取りとうとするものである。この調査は、地層中に残されたさまざまな記録を手がかりに、特定の活断層の運動史、すなわち、そこから発生する大地震の歴史を地質時代に逆のぼって解明することを可能にした点に大きな意義がある。

地質調査所では、過去5年間にわたり北伊豆断層系について、トレンチ発掘を含む総合調査を実施してきた。この研究で以下の3カ所のトレンチ発掘調査を行い、それぞれの地点における断層運動史が明らかとなった。

1) 浮橋トレンチ：1980年12月、北伊豆断層系中央部に位置する浮橋中央断層について発掘調査を行った。調査地は浮橋盆地西端部の水田である。ここでは多賀火山噴出物と沖積世の礫層とが明瞭な破砕帯を介して接しており、更に上位の小礫層や砂層にも30cm程の断層変位が認められた。<sup>14</sup>C年代測定や降下火山灰を手がかりに、約4000年前と1930年(北伊豆地震)の2回の断層活動時期が推定された。

2) 大沢池トレンチ：1982年12月、丹那断層の南端部、大沢池付近を発掘調査した。ここには約4000年前から3000年前までの間に堆積した湖成層とそれを覆う火山灰質土、泥流堆積物などが存在し、それらに撓曲変位及び開口亀裂群が認められた。不確実な要因も多いが、最近3000年間に3回の活動期が認められた。

3) 姫之湯トレンチ：1983年11月に北伊豆断層系の南端部に位置する姫之湯断層を発掘した。調査地は中伊豆町姫之湯の水田である。2カ所の発掘地はいずれもカワゴ平軽石(約3000年前)堆積以降に形成された新しい地形面上にある。トレンチ壁面では、礫層とそれを覆う軽石質砂層、粘土層、崩壊堆積物が観察された。断層の活動時期は3000年前以降1回、すなわち、1930年の活動のみであった。

この他、北伊豆断層系の主断層とみられる丹那断層は、地震研による丹那盆地での2回の発掘で、過去6000年間に約700年周期で活動していたことが知られている。

このように、北伊豆断層系においては5回の発掘調査により、それぞれの地点での断層活動の様子が判明した。その結果、北伊豆断層系の中では丹那断層が最も活発な頻度で活動し、その他の断層は活動周期が3000年以上であることが分かった。丹那断層は極めて明瞭な断層変位地形を示し、河川屈曲や溶岩の分布から知られる累積変位量は1kmに達する。一方、同断層系他の断層は、変位地形が丹那断層より不明瞭であり、また累積変位量も小さい。地震時の変位量には各断層間に大きな差はないが、トレンチ発掘で判明した断層の活動周期は、断層間で変位量の差以上の相違があり、上記の断層間の地形・地質学的差異は断層の活動頻度の差に由来するものと考えられよう。

これから北伊豆断層系の断層活動の様子を考察すると、丹那断層は約700年周期で活動をくり返し、その時、他の断層は交互にいくつかは活動するものと考えられる。丹那断層以外で1930年に活動した断層は、その前、例えば841年の地震では活動しなかったものが多い。また、1930年に活動しなかった断層でも比較的明瞭な変位地形を示すものが多く、これらは、1930年以前の活動期に丹那断層とともに活動したことがあると考えられる。

(環境地質部)

### 伊豆半島の活断層周辺における地下ガス観測

吉川清志・高橋 誠

断層、とくに活断層は地質的な弱線であり、地下深部

起源の流体の通路になり易く、地球化学的に見ても活発な場所となっている。例えば、断層に沿って温泉が分布すること、あるいは地震時に断層周辺で大量の水やガスを放出するなどの現象が報告されている。

活断層探査の地球化学的手法の一つとして、断層を通じて地下深部から上昇してくる気体成分を観測対象とした。観測は断層の存在が推定されている範囲に断層に直交する方向に観測孔を並べ、土壌中のガスを測定する方法を用いており、伊豆半島では丹那断層系で6カ所、その他3カ所の観測を行っている。それらの結果では多くの場合、地形、地質的な断層推定位置付近に  $\text{CO}_2$  のピークが見られており、注目された。

これらの観測点のうち、丹那断層系の浮橋と姫之湯では断層発掘調査が行われ、土壌ガス組成と断層との関係が明瞭になった。浮橋においては、断層直上で  $\text{CO}_2$  と  $\text{He}$  が地下から供給されていることを示すデータを得た。一方、姫之湯においては、断層直上で  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$  のピークが得られたが、 $\text{CO}_2$  の場合  $\text{O}_2$  濃度との比較から生物活動によるもの、また  $\text{H}_2$  においては掘削に伴う化学反応によるものと思われ、共に地表付近で発生したものと考えられた。

断層付近での土壌ガス組成の異常については、多くの報告がされているが、これらの原因としては、地下深部からのガスの供給による場合、および断層の存在が地表付近の化学反応あるいは生物活動に影響を与えられている場合に分けられることが明らかになった。

活断層探査の他に、地震活動と地下ガスの挙動との関係を調べるため、温泉水、地下水中の溶存ガスの定期観測(月2回)を行っており、伊豆半島においては活断層周辺において延べ20カ所の井戸について観測した。

これらの観測井のうち、数カ所の自噴の温泉では、地下深部起源の  $\text{He}$  を多く含み、また気象、人間活動による影響も少なく観測井として適することが明らかとなり、観測を継続している。

溶存ガス組成変動は多くの場合、水質変動に伴っており、水と挙動を共にしていることが考えられる。しかし、河津町梨本の桜井温泉では遊離ガスを含んでおり、溶存ガス独自の変動も見られ、地下からのガスの供給量や組成が変化したことを示している。また、その時期が地震活動が盛んな時期と重なっており注目される。

(環境地質部)

## 伊豆半島活断層付近の地下水、地下ガス中のラドン $^{222}$ の分布と挙動

池田喜代治

ラドンは地下から大気中に絶えず放出されており、断層上ではとくに顕著であると考えられる。断層に沿ってラドンの高濃度帯が分布する事実は、断層がラドン等の地下の流体のよい通路となっていることを示唆している。一方、地下水、地下ガス中のラドン濃度が地震発生の前後に変化する事例があり、ラドン等の地下流体が、地下深部で発生する地震の前駆的な現象の一つとして変化することが考えられる。

これらの地下におけるラドンの挙動を観測し、地球化学的な地震予知研究を行う目的で、伊豆半島地域における地下水中、地下ガス中のラドン $^{222}$ (以下  $\text{Rn}$ ) の分布および時系列変化を測定しており、これらの結果から  $\text{Rn}$  の起源と濃度変化の要因を考察した。

### 結果

1) 活断層付近の  $\text{Rn}$  の濃集：丹那断層系の丹那、浮橋、姫之湯、年川の各地点、稲取一大峰山断層の稲取および石廊崎断層の中木の各地点で、推定される断層を横切る測線上の観測孔(地下深度約1m)の地下ガス中の  $\text{Rn}$  濃度を測定し、断層直上付近で  $\text{Rn}$  濃度がピークとなる分布型が得られた。これらのうち丹那、浮橋、姫之湯のトレンチを行った各地点では、 $\text{Rn}$  のピーク位置と断層の位置がほぼ一致することが確かめられ、断層直上の10-40mの範囲の  $\text{Rn}$  濃度が周囲よりも濃集していることが明らかとなった。

2) 地下ガス中  $\text{Rn}$  の経時変化：年川における1977年11月、稲取における1978年5月からの月2回の観測結果によると、断層直上付近およびバックグラウンドの  $\text{Rn}$  濃度は夏に高く、冬に低い季節的变化を示している。 $\text{Rn}$  濃度と気温、気圧、降雨量、風速などの気象要素との関係では、気温とは正の相関があり、気温が季節的变化の大きな要因となっていることが推定される。気圧とは負の相関を示し、短期間の  $\text{Rn}$  濃度変化の一つの要因と考えられる。また、試料採取時点での強い雨は著しく  $\text{Rn}$  濃度を減少させる要因となるなど、気象要素による影響は、地下ガス中のラドン濃度の経時変化の解釈に十分に考慮しなければならないものと考えられる。なお、年川では1978年1月の伊豆大島近海地震(M7.0)の前後にかけて  $\text{Rn}$  濃度が異常に高いレベルであったことが認められ、地震に対応した変化であると考えられる。

考察

断層直上付近の Rn の濃集は断層を通じて Rn ガスが上昇してくる機構が考えられる。断層は Rn の親元素、U, Ra の沈殿・濃集しやすい環境と推定され、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  が断層粘土中で高い現象(杉野ほか, 1980)などが、この推定を裏付けている。中伊豆町姫之湯断層上に位置する深度 30m の地下水は、この周辺の深度 1,200m までの他の地下水よりも著しく高い Rn 濃度 ( $6 \times 10^{-10}\text{Ci/l}$ ) を示す一方で、この井戸と数 m しか離れていない深度 300m 井の地下水は  $1.4 \times 10^{-11}\text{Ci/l}$  の比較的低い値を示すのでこの浅い地下水中の高濃度 Rn の起源は断層の比較的浅いところに濃集している Ra から供給されている可能性がある。

地震前後の Rn 濃度変化は、地殻歪による断層変形が、Rn のキャリアとしての Rn 以外の地下ガス流体の流動量の変化をもたらせ、そのために Rn 変化が生ずる機構を考える必要がある。(環境地質部)

岩石の圧縮・破壊とラドン濃度変化

加藤 完・池田喜代治  
楠瀬勤一郎・西沢 修

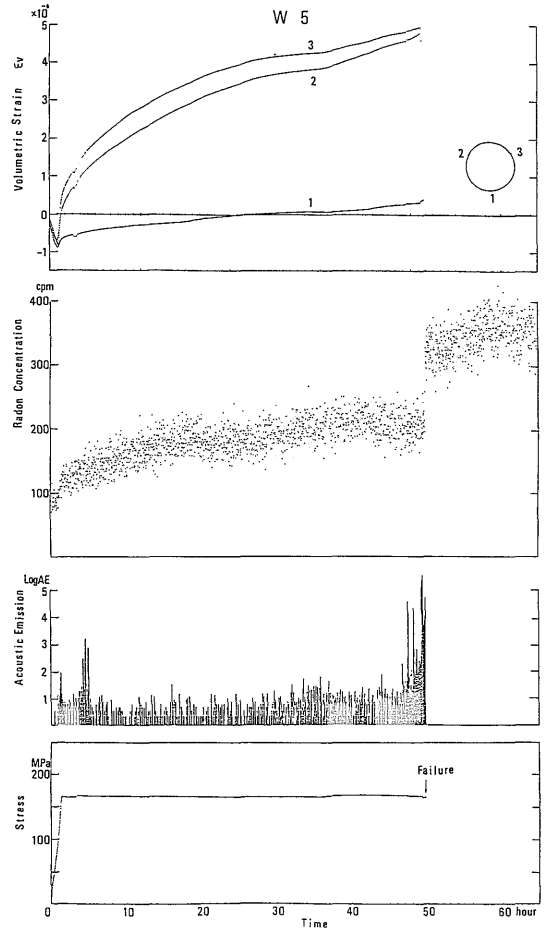
1. はじめに

地下水や土壌中に含まれるラドンの濃度が、活断層近傍では高く、また、地震前後で変化することが知られている。この様なラドン濃度の時間的・空間的変化の機構を明らかにするため、放射性鉱物の含有量が異なる数種類の花崗岩による一軸圧縮試験を行い、圧縮・破壊過程に岩石から放出されるラドン濃度変動を観測した。

2. 実験

テドラバック中に花崗岩試料(直径 5 cm × 長さ 10 cm)を密封し、一軸圧縮試験を行った。ラドン濃度は、テドラバック内の空気をバック端に接続したテフロンパイプ—循環ポンプ—シンチレーションチェンパー—テフロンパイプという閉じた系で循環させ、ラドンから放射される  $\alpha$  線を計数して求めた。

しかし、クリープ試験では、ウラン系列のラドン  $^{222}\text{Rn}$  (半減期 3.83日) およびその娘核種から放射される  $\alpha$  線の影響が無視できなくなるので、循環ポンプでテドラバック内の空気を系外に廃棄する開いた系で測定した。実験に際しては、ラドン濃度の他、試料端におかれたエンドピース中のトランスデューサにより AE 発生数を、また、試料側面にはられた 3 枚のストレインゲージにより、歪をモニターした。



第1図 一軸圧縮過程のウェスタリー No.5 花崗岩から放出されるラドン濃度・AE 発生数および体積歪・応力の変化

3. まとめ

ラドン放出のパターンには、ラドン濃度が AE 発生開始と同時に増加し、全破壊後に最高値を示す試料(第1図)と、全破壊後もラドン放出量が少なく、シンチレーションチェンパーのバックグランドを越える変化を生じない試料とがある。両者の違いは試料中の放射性鉱物含有量の差に起因する。

全破壊後に試料から放出されるラドンは、循環ポンプ停止後の  $\alpha$  線強度曲線からみて、主としてトリウム系列のトロン  $^{220}\text{Rn}$  (半減期 52秒) である。

以上の結果から、地層中に放射性鉱物が富む場合、活断層近傍では、破壊が進んでいるので、その周辺部に比べラドン濃度が高いこと、また、地震発生前に活断層近傍で応力が集中すると、それに伴って、ラドン放出量が

増大することが期待される。

(環境地質部・地殻熱部)

### 北アナトリア断層東部地域の地震断層 について

加藤 碩一

トルコを中心とする地中海地域のネオテクトニクスは、基本的にはアラビア及びアフリカプレートがヨーロッパプレートを南から北へ圧縮することに起因する。実際には分割された幾つかのマイクロプレートが相互に影響し複雑な様相を呈している。これらを境する代表的なトランスフォーム断層が北アナトリア断層及び東アナトリア断層である。特に前者には大地震が頻発している。1939年東トルコ Erzincan 地域に発生した地震(M7.9)もその一つである。この地震断層をはじめほとんどの地震断層がマルチエシロン配列をなす。Erzincan 盆地付近では、長さ20 km以下の第2級のエシロンセグメントの配列がみられ、西から順にミハール、バヒキ、フルール、アルトントンテペ及びタンエリセグメントと名づけた。特に前3者において、 $\alpha$ トラック法によるラドンの相対濃度の測定を行った。その結果、トラック密度(トラック数/cm<sup>2</sup>·day)は、一般に地震断層直上で有意なピークを示すことが確認された。ラドン含有量の少ない蛇紋岩地域においても、断層の探査に $\alpha$ トラック法は有効であることがわかった。

さらに、東トルコで最近生じた地震断層であるドルト地震断層(1966年, M $\approx$ 7)とチャルドラン地震断層(1976年, M $\approx$ 7.5)を調査した結果、やはり両者ともプレッシャーリッジを伴う多重雁行配列をなす。さらに、これらの地震断層を始めトルコにおける水平ずれ地震断層のほとんどが、くの字形に緩く折れまがる形態を示し、その屈折点に震央が位置することが注目される。

また、北アナトリア断層中央部でクリープ性変位のあるとされるイスメットパシャ付近でも $\alpha$ トラック測定を行い有意な値を得たがトラック密度は予期した値よりも低かった。  
(環境地質部)

### Horasan-Narman (Erzurum, Turkey) earthquake of 30th Oct. 1983

Aykut A. BARKA

A destructive earthquake occurred in the Erzurum Province in northeastern Turkey on 30th October 1983, 7.13 UTC. The magnitude of this earthquake was determined as  $M_s=7.1$ (NEIS),  $M_b=6.5$ (Athens) and  $M_b=6.8$ (Viena). The earthquake destroyed more than 3400 houses in 44 villages, and eight villages of them were completely collapsed. There were 1336 deaths and 540 injuries. The maximum intensity was determined to be  $I_0=VIII$ .

The complex surface breaks produced a relatively wide shear zone which is 12 km in length and 4 km in width. In this zone, a conjugate pair of strike slip faults could be distinguished. That is, one is well developed left-lateral strike slip faults (the maximum horizontal component of its displacement is about 1 m and the maximum vertical component is about 0.6 m east side down) striking approximately 15°–35° azimuth. Another is less developed right-lateral strike slip faults whose displacement is not clear. The pattern of the isoseismals which were obtained from the percentage of damaged houses in each village also indicate the possible existence of a conjugate fault system. And complex P waveforms on the seismogram are interpreted as indicating more than one surface break (Toksoz, 1983). Therefore it is concluded that a conjugate fault system moved during this earthquake though the left-lateral one produced surface breaks, but the right-lateral one produced no and/or little surface breaks.

#### References

Toksoz, N. M. (1983): MIT report. Unpublished 21pp.

(MTA, Basic Research Department, Turkey)