

## 花折断層を横切る一測線におけるVLF探査と $\gamma$ 線探査

地殻比抵抗研究グループVLF探査班\*

京大防災研地震予知研究センター鳥取観測所 小泉尚嗣

VLF AND  $\gamma$ -RAY SURVEY ON A LINE ACROSS THE HANAORI FAULT

Research Group for Crustal Resistivity Structure(VLF SURVEY PARTY)

Naoji KOIZUMI

Tottori Observatory, Res. C. Earthq. Pred., Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.

### 1. はじめに

1991年11月4日から11月13日にかけて地殻比抵抗研究グループは、琵琶湖西部で電磁気共同観測を行なった。共同観測の項目はCSMT法、TDEM法、ELF・ULF-MT測定器による観測、VLFおよび $\gamma$ 線探査などである。また、1991年7月25日と8月9日には航空磁気測量も行なわれた。琵琶湖西部においては、微小地震の深さ分布に明瞭な段差が認められ、その地点は花折断層に対応している。また、爆破地震動研究グループの実験によって見いだされた、(コンラッド不連続面に対応する)地震波反射面の深さにも段差が認められる<sup>1)</sup>。このような地域における地殻比抵抗を詳細に求めることが、今回の合同観測の大きな目的であった。

ここでは、花折断層を横切る一測線で行なったVLF探査と $\gamma$ 線探査の結果について報告する。

### 2. 測線の概要

滋賀県高島郡朽木村の村井付近で、花折断層をほぼ東西に横切るA・B・Cの各測線で測定を行なった(第1図)。この付近の地質は主に古生層の粘板石・チャート・砂岩からなる<sup>2)</sup>。C測線の東端から東へ2kmほど離れると、中生代に貫入した花崗岩体がある<sup>2)</sup>。

---

#### \*地殻比抵抗研究グループVLF探査班

小泉尚嗣(京大防災研)・宮腰潤一郎(鳥取大教養)・三品正明(東北大理)・小山茂(東大震研)・橋本武志(京大理)・山口覚(神戸大教養)・一北岳夫・柏原浩治・後藤忠徳(神戸大理)・領木邦浩(大阪職訓短大)・山本哲也(地磁気観)・栗山弦(高知大理)

### 3. 探査方法

測線に沿って原則として20m間隔で、VLFと $\gamma$ 線の測定を行なった。VLFはA・B・Cの全測線で測定を行なったが、 $\gamma$ 線は、A測線とB測線の一部でのみ測定した(第1図)。

$\gamma$ 線の測定はアロカ社製の $\gamma$ 線シールド・バック・イータとノート型パソコン・ADコンバータを組み合わせたシステムを用い、地表にセナ-を置いて、1Hzサンプリグで60秒間のデータを取り込み、最大・最小の6個ずつを取り除いた48個のデータの平均値と標準偏差を計算した。ただし、A測線の西の端の方の8点は、パソコンが不調になったため、5秒毎12回の読み取りを目視で行ない、最大・最小1つずつを除いた10個のデータの平均値と標準偏差を計算した(第2図)。

VLF探査は1991年の11月10日～12日に、 $\gamma$ 線探査は11月11日～12日に行なった。

### 4. 結果

A, B測線の結果のみここでは記す。VLF法の位相は、主にA測線で $45^\circ$ より大きくなり、B測線で $45^\circ$ より小さくなるという全体的な傾向をもつ。花折断層の主要部分が通っていると思われる安曇川周辺(第2図のa)で、 $\gamma$ 線強度は低くなり、VLF法による見かけ比抵抗値も低くなっている。第2図のaの両側では $\gamma$ 線強度は極大値をもち、その部分の見かけ比抵抗値はやや低い値をとる。したがって、安曇川周辺で $\gamma$ 線強度はM字状に変化する。 $\gamma$ 線強度はB測線では東に向かって高くなる傾向にあり、これは、B測線の東方で花崗岩が貫入していることと関係があるのかも知れない。第2図のbで示す地点では、断層露頭と考えられる岩石の破碎が観察され、スポット的に比抵抗値は低く(位相は $45^\circ$ より大きく)なり、 $\gamma$ 線強度は大きくなった。そのような傾向は、第2図のcにも認めることができるが、ここでは断層露頭は観察されていない。

### 5. 考察

地表での $\gamma$ 線強度は、そのほとんどが地下数十cm以内の地層から放出される $\gamma$ 線に由来するので<sup>3)</sup>、 $\gamma$ 線探査は地下数十cmまでの地質を $\gamma$ 線強度という指標でみていくことだともいえる。VLF法による見かけ比抵抗値は、通常、地下数十m程度の値を代表していると考えられるから<sup>4)</sup>、 $\gamma$ 線探査とVLF探査では探査する対象だけでなく深度も異なる。

断層(破碎帯)で比抵抗値が低くなるのが期待されるのは、周囲の岩石に比べ間隙率が大きく地下水の通路となつて含水量が増え、低比抵抗の(断層)粘土の存在比も高くなると考えられるからである<sup>4)</sup>。他方、断層(破碎帯)で $\gamma$ 線強度が変化することが期待されるのは、1.断層(破碎帯)を境界として地質が異なる、2.断層(破碎帯)では間隙率が大きいので、自然放射能物質で不活性ガスでもある $^{222}\text{Rn}$ が地表に移動しやすい( $^{222}\text{Rn}$ は、主要な $\gamma$ 線源( $^{214}\text{Bi}$ ・ $^{214}\text{Pb}$ 等)の親元素である)、3.断層(破碎帯)が地下水の通路となる結果、周囲の岩石から地下水によって運ばれた自然放射能物質が(断層)粘土に吸着・集積する、等が考えられるからである<sup>5)</sup>。ただし、上述したように、 $\gamma$ 線源が地下数十cmの所まで移動

して来ることが必要である。自然放射能物質で、存在比の高い唯一の気体が $^{222}\text{Rn}$ であるので(補遺-1参照)、地表 $\gamma$ 線強度変化に $^{222}\text{Rn}$ の寄与はきわめて大きいと考えられる<sup>6)</sup>。

以上のことを考慮にいれて、測定結果を考察してみる。断層の周辺部で地中の $\text{Rn}$ 濃度がM字状に変化するケースがあることは、すでにHatudaが1954年に報告している<sup>5)</sup>。茂木によると<sup>7)</sup>、断層破碎帯の中心部に厚い断層粘土が形成された場合、かえって $^{222}\text{Rn}$ が中心部では地表に到達しにくくなり、断層粘土帯のまわりの(破碎はされているが粘土化は進んでいない)部分から上がって来るので、地中の $^{222}\text{Rn}$ 濃度(地表 $\gamma$ 線強度)はM字状になるという。そのように考えるとaの部分の低比抵抗は、花折断層の中心部の断層粘土の値を表わしているのかもしれない。第2図のbのように地表に断層露頭の見える所では、その下が地下水の通路となって低比抵抗になるだけでなく、集積した自然放射能性物質から放出される $^{222}\text{Rn}$ も地表に移動しやすいのだろう。第2図のcや、aの両側の( $\gamma$ 線強度が2つの極大値をとる)部分にも、同様なことがあてはまると思われる。

このような解釈は一面的との批判は免れないかもしれない。安曇川の存在そのものや、安曇川周辺の第四紀堆積物の、 $\gamma$ 線強度や見かけ比抵抗値に与える影響は無視できない。しかし、それだけでは観測値を説明できないことも確かである。同一測線上の短い測定間隔で、 $\gamma$ 線とVLFを並行観測した例は過去にほとんどないので、今回の探査は、この種の調査における測定手法を考える上でひとつの示唆を与えるものであるといえよう。

## 6. まとめ

花折断層を東西に横切る測線で $\gamma$ 線探査とVLF探査を並行して行なった。花折断層の主要部が通過している安曇川周辺では、低比抵抗になり、 $\gamma$ 線強度はM字状に変化した。また、小規模な断層露頭が認められたところでは、スポット的に低比抵抗になり、 $\gamma$ 線強度は増加した。このような変化は断層(破碎帯)の構造と密接に関係していると考えられる。比較的簡便で互いに独立な断層探査法であるVLF探査と $\gamma$ 線探査を並行して行なうことで、断層構造に対する理解を増すことができる。

## 7. 謝辞

九州大学工学部の茂木透博士と鳥取大教養部の塩崎一郎氏には有益な助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表わします。

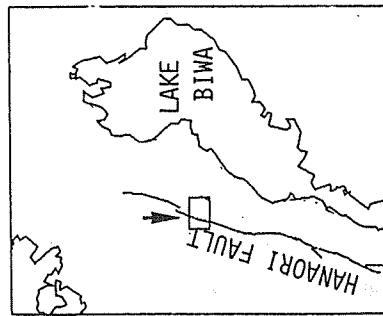
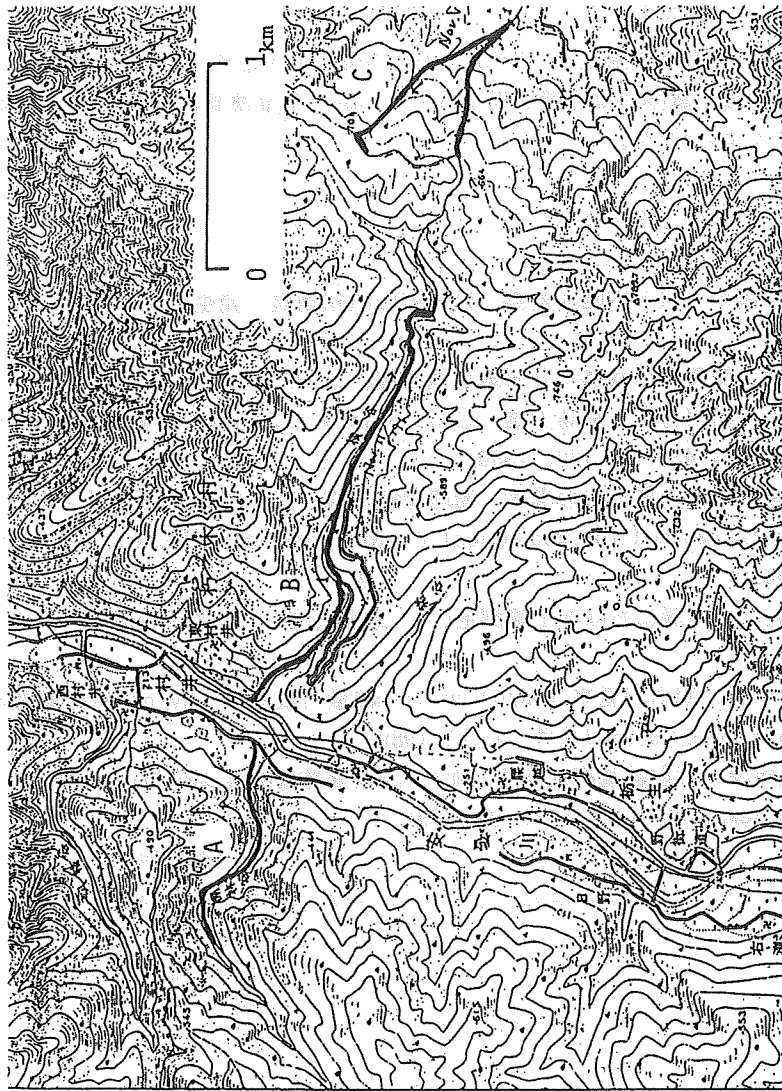
## 補遺-1

自然放射能物質で、不活性ガスである $\text{Rn}$ には、 $^{222}\text{Rn}$ の他に、 $^{219}\text{Rn}$ や $^{220}\text{Rn}$ (トロン)もあるが、 $^{219}\text{Rn}$ は存在比がきわめて小さい。 $^{220}\text{Rn}$ は半減期が55秒であり、 $^{222}\text{Rn}$ の半減期の3.8日に比べてきわめて小さい。したがって、断層周辺部の $\text{Rn}$ 濃度( $\gamma$ 線強度)変化の要因としては、通常それらは無視される<sup>6)</sup>。

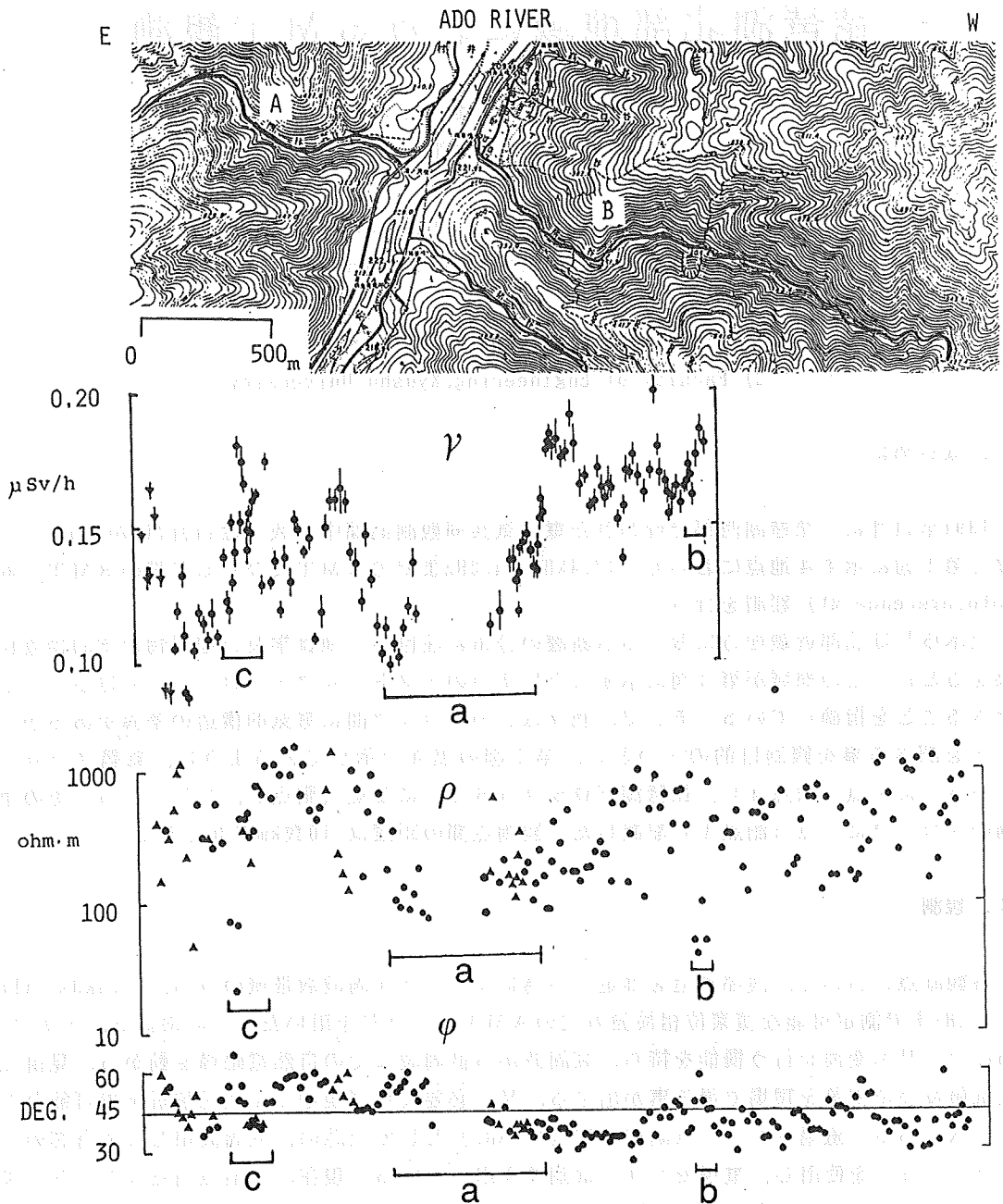
1989年に $\gamma$ 線強度の表示が照射線量率 (R/h) から、1cm線量当量率 (Sv/h) に変更になった。照射線量率と1cm線量当量率では定義が異なるので単純に単位換算はできないが、ほぼ  $1 \text{ R/h} = 0.01 \text{ Sv/h}$  と考えてよい<sup>8), 9)</sup>。

#### 参考文献

- 1) 伊藤 潔、地殻内地震の下限と内陸大地震、ソボリウム内陸地震 - 発生の場合と物理、47-52、1992。
- 2) 滋賀県自然保護財団、滋賀県の自然 - 分冊地形地質編、1979。
- 3) 下 道国・山内常生・松田秀晴・宮島力雄、GMサハベーターによる地殻変動観測坑内空気中のラドン濃度の測定、地震2、43、111-120、1990。
- 4) 内田利弘、断層調査のための電磁法の現状、物理探鉱、37、287-301、1984。
- 5) Hatuda, Z., Radioactive method for geological exploration, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., B. XXI, 231-271, 1954。
- 6) 貞広太郎・見野和夫、活断層における $\gamma$ 線測定(I)、地震2、33、51-70、1980。
- 7) 茂木 透、私信。
- 8) 日本アイソトープ協会技術課、照射線量率 (mR/h) から1cm線量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) への実用的な換算について、Isotope News, 1989年7月号, 45-47, 1989。
- 9) 日本アイソトープ協会技術課、照射線量率 (mR/h) から1cm線量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) への換算 - 計算による -、Isotope News, 1989年8月号, 41-46, 1989。



第1図 花折断層と、VLF探査・γ線探査を行なった測線(A, B, C)の位置。



第2図 測線A・Bと測定結果。 $\gamma$ 線強度のエラーバーは標準偏差を示し、 $\nabla$ の値は、5秒毎に読みとった12個の値から計算したものであることを示す。VLF法の見かけ比抵抗値と位相の $\blacktriangle$ の値は、電場電極の測定間隔が充分取れなかったり、電極の片方または両方がアスファルト舗装上にあつたりして、測定精度が悪いと考えられるもの。

$\gamma$  :  $\gamma$ 線強度 (正確には1cm線量当量率、補遺-2参照)

$\rho$  : VLF法による見かけ比抵抗値。

$\phi$  : VLF法による位相