

大野地震断層のガンマ線計測調査

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-07-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 岩橋, 徹, 大村, 隆宏 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00025424

大野地震断層のガンマ線計測調査

岩橋 徹*・大村 隆 宏**

1. はじめに

地震断層の一つである大野断層は、丹那断層の南西延長に位置し、1930年（昭和5年）11月26日未明に起こった北伊豆地震によって地表に現れた断層の一つである。

このような活断層を調査する方法に、トレンチ発掘調査などの地質学的方法や α トラック法、 γ 線量測定法などによる地球化学的方法などがある。このうち γ 線量の測定法が簡便なこともあり、最近、 γ 線量の分布と断層の相関等について次のような研究がなされている。

貞広・見野（1980、'82）は黄檗・山崎・花折の各断層、および梅原・根尾谷の両地震断層（濃尾地震、1981）をそれぞれ横切る測線上で予想断層線直上近くに明瞭な γ 線量のピークを認めている。

また、西田・中尾・岸本（1982）は鳥取地震（1943）のときに生じた鹿野・吉岡地震断層の測点で多数点で多数回測定を行えば地域間の相対的な値の逆転はないとしている。

遠山・檀原・里村（1984）は γ 線のノイズを減らすためセンサーを地中に差し入れる工夫を行い、また、日没時に γ 線量が低下することを認めている。

岩橋・遠藤（1989）は丹那盆地において、丹那断層を横切る4測線で断層線の近くに γ 線量率のピークを認め、そのうちの1測線で γ 線量の24時間変化を測定し、日の出および日没時に γ 線量率が低下することを明らかにし、この現象の要因は「地球潮汐に起因することを示唆している」とした。

これまでの研究は、主に、断層線を横断する測線上の各測点で、 γ 線量と断層線との関係、各測点における γ 線量の時間的変化を捉えてきた。従って、断層の生じている地域の γ 線量の分布が平面的にどのように変化するか、 γ 線量と気温・季節との関係などは明らかにされていない。そこで今回の調査では、大野断層を例に、断層線が明確なところを選び、 γ 線シンチレーションセンサーバイメータを用い、 γ 線量を面的に、さらに時間的に計測した。

2. 調査地域

γ 線量測定を行った静岡県田方郡修善寺町大野地区

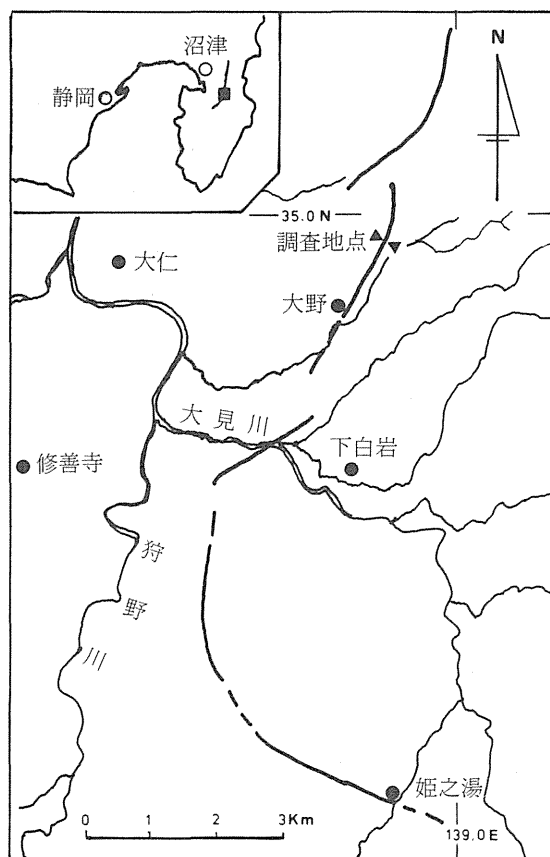


図1 北伊豆地震断層系と調査位置

* 静岡大学教育学部

** 中伊豆町立中伊豆中学校

北部の涼三松は修善寺温泉の中心から東北東方約 6 km の地点に位置する。土地の古老によれば、この土地は当時畑として利用されていたが、1930 年北伊豆地震時に東落ちの断層が生じ、檜が植栽されたという。現在、高さ約 2.5 m 長さ約 30 m の断層崖（斜面）が残されている（図 1）。

3. 地質概説

地質調査所発行の 5 万分の 1 地質図幅「修善寺」「伊東」および 7 万 5 千分の 1 地質図幅「沼津」「熱海」および今回の地質調査に基づいて地質略図作成した（図 2）。下から修善寺白色凝灰岩層、大仁安山岩層、城層、宇佐見、多賀、巢雲山の各火山の噴出物および沖積層で構成されている。

(1) 層 序

①修善寺白色凝灰岩層；主として軟弱な軽石質の石英安山岩からなり、湯ヶ島層群の変質安山岩類の上に整合に重なる地層。その厚さは 2,000 m 以上に達するものであるという。Nephrolepidina 等の化石を含有することから、本層の時代は中新世中期とされている。

粗粒の軽石塊を多量に含む凝灰角礫岩、層理をもつ粗粒～細粒凝灰岩などの累層であって、黒色ガラス質安山岩塊、石英安山岩塊を多量に含む火山角礫岩あるいは火山円礫岩、白色または青緑色を呈する凝灰質砂岩、白色石灰質砂岩（Nephrolepidina 等の化石含有）、凝灰質頁岩等を伴う。

②大仁安山岩層；修善寺白色凝灰岩層を覆い、多賀火山の溶岩によって覆われる鮮新世の安山岩層である。下部は多少変質した厚い凝灰角礫岩、上部に斑晶を含む安山岩溶岩が重なる。

③城 層；伊豆半島北東部に分布する第四紀の宇佐見、多賀両火山噴出物に覆われる鮮新一更新世の碎屑性堆積物。一般に泥質であるが安山岩質の円礫層が分布するところも多い。上部に輝石安山岩片、斜長石・輝石等の結晶片を含む凝灰岩も含まれる。

④宇佐見火山噴出物；第四紀初期に噴出したものとされている。溶岩の大部分はカンラン石複輝石安山岩である。

⑤多賀火山噴出物；カンラン石複輝石安山岩、普通輝石カンラン石玄武岩、およびこれらを覆う凝灰角礫岩からなる。安山岩は大野付近で城層および修善寺白色凝灰岩類を覆って露出する。玄武岩は大野の西方で安山岩を覆ってやや広く分布する。凝灰角礫岩は大野部落の東方稜線に表れ、風化すると軟弱な黄褐色泥土となる。その活動は更新世の前半とされている。

⑥巢雲火山噴出物；富士火山灰層よりも新しく、現世に属すると考えられている。

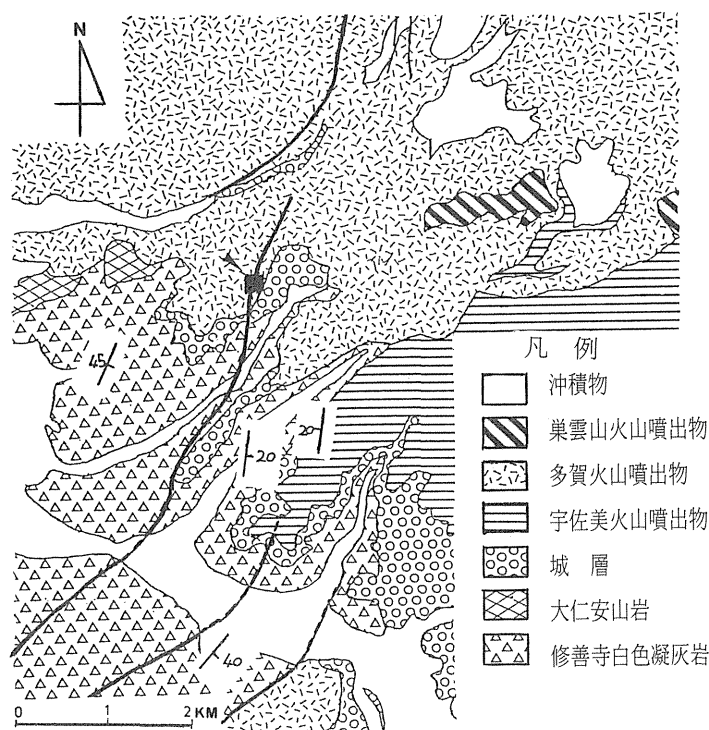


図 2 修善寺町大野付近の地質略図

(2) 断 層

上記の地質図幅、および松田時彦（1972）記載の断層をもとに、さらに航空写真から求めたりニアメントについて野外調査で確認した位置に断層線を記入した（図2）。

4. γ 線の測定

(1) γ 線測定装置

活断層の放射能探査に、 α トラック法と γ 線量測定法がある。後者による場合、小型で携帯に便利なシンチレーション・サーベイメータが使われる。本研究ではaloka社製 γ 線用シンチレーション・サーベイメータ（TCS-121C）を用いた。シンチレーション・ディテクタ（ γ 線検出部）は、直径1インチのNaI（TI）のシンチレータと光電子増倍管を備え、 γ 線エネルギーに比例したシンチレータの光を、光電子増倍管がパルス電圧に変換・増幅し、その信号をケーブルを通して本体へ供給する。この信号は本体で増幅、波高選別してレートメータ回路に送り、線量率指示計にmR/hの単位で示される。

(2) 測線の配置

断層付近の γ 線量の分布を明らかにするため、大野断層が地上で確認できた大野地区涼三松に、断層を横切るようにA～Gの7測線を2m間隔に平行に配列し、各測線上に2m間隔に測点を配置した。

各測線上の測点到南東から北西へNo. 1～13測点番号を付けた。断層斜面（断層崖が侵食されてできた斜面）の裾に測点No. 7、同斜面のほぼ中央にNo. 8、斜面の上にNo. 9が位置している（図3）。

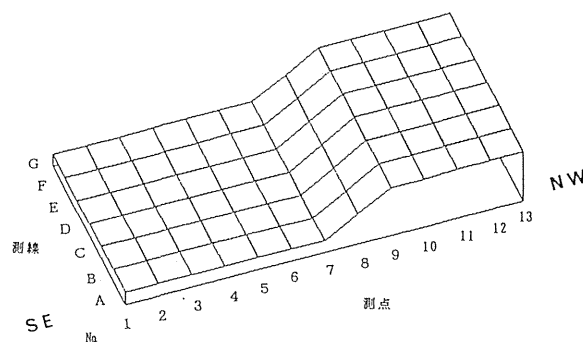


図3 測線・測点の配置図

(3) 測定期間

1989年9月18日から翌年1月21日まで延べ12日間、延べ24測線を計測した。

(4) 測定方法

γ 線の測定方法は、おおむね遠山・檀原・里村（1984）の測定方法を用いた。

- (1)各測点到深さ約30cmの垂直の穴を掘り、その中に薄肉の塩化ビニールパイプを埋設。
- (2)校正用線源(0.32mR/h)をシンチレーション・ディテクタの先に密着、校正用ネジで感度を調整。
- (3)各測点到順にシンチレーション・ディテクタを差し込み、 γ 線量率を計測。
- (4)各測点到約2秒間隔で60回 γ 線量率を読取り、カセットコードに記録。時間・天気・気温等も記録。

(5) 測定値の処理

磁気テープに記録されたデータを測点ごとに記録紙に記入し、このデータをパソコンに入力。各測点毎に、60回の測定値の平均値・標準偏差・最高値・最低値などを算出しグラフ化する。

5. 測定結果

グラフの縦軸に γ 線量率 ($\mu\text{R/h}$)、横軸に時刻をとり、測線上における γ 線量率の変化を示した図4の短い横線は各測点における γ 線量率 ($\mu\text{R/h}$) 60回読み取り値の平均値 (以下平均値という) を示す。また、図中の短い縦線は標準偏差を表す。

図5～8、(11～14) は上下軸に γ 線量率の平均値、前後軸に測定日 (測線名)、左右軸に測点をとり、ブロックダイアグラムで表したもの。

(1) γ 線量率の時間的変化 (図4)

9月18日05:20～18:03の間、A測線・測点No.7 (A7とする) において γ 線量率の時間的変化を調べた。この日の日変化は9～12時頃に高い値を示し、日出 (6時頃) 前の5時20分頃と日没 (18時頃) 前の15時～18時、および8時頃に低い値が現れた。

(2) 測線別 γ 線量率秋→冬の変化

① A測線ブロックダイアグラム γ 線量率は秋9

月に高く、冬1月に低い傾向がある。秋冬に関係なくA2、6、12に顕著なピークがあり、A8で最低値。(図5)。

② B測線ブロックダイアグラム 秋9月に高く冬1月に低い。A測線と同様、測点2、6、12の各ピークが9～1月共通に顕著、測点9のピークは9月を除き3回ともピークが顕著 (図6)。

③ C測線ブロックダイアグラム 秋9月に高く冬1月に低い。秋冬に関わらず γ 線量率の最低値は、測点No.7、8に跨って表れ、顕著なピークは測点No.9に現れる (図7)。

④ D測線ブロックダイアグラム 9、10、11月の間に明瞭な差はみられない。測点No.5、9、11に弱いピーク。9月28日測点No.7で最低値。この最低値は10、11月No.8に移動する (図8)。

⑤ E測線 測点4、8、9を除き、全体的にみて9月28日の計測値は11月5日のものより低い。

共通的に測点No.2、9に顕著なピーク、測点No.5、11に弱いピークがある (図9)。

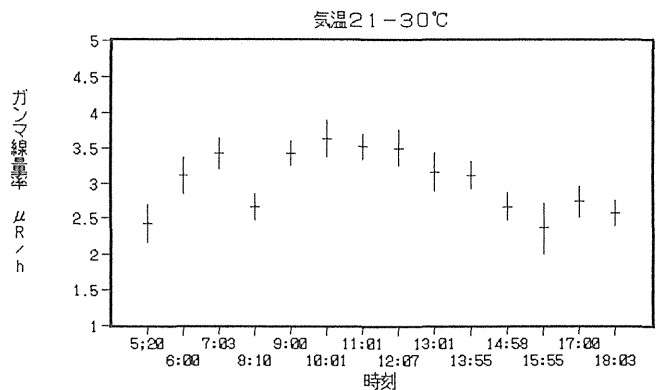


図4 γ 線量率の時間的変化 (A測線・測点No.7)

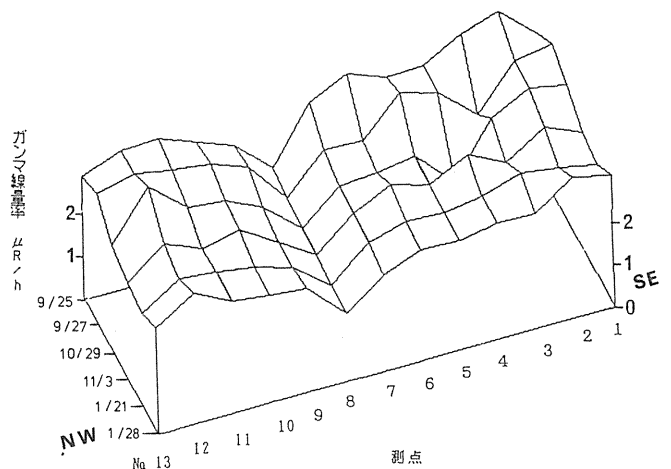


図5 A測線の各測点における9月25日～1月28日間に計測の γ 線量率の季節的変化ブロックダイアグラム

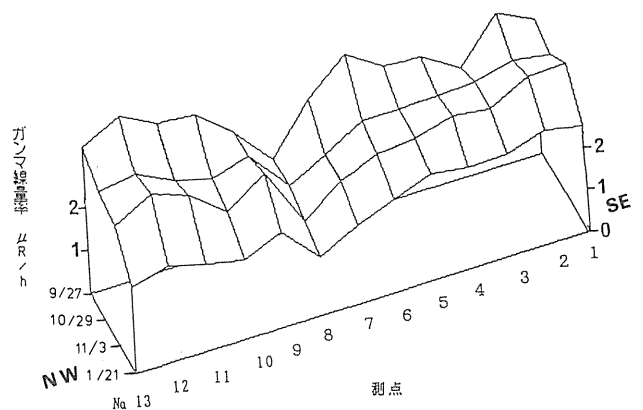


図6 B測線の各測点における9月27日～1月21日間に計測の γ 線量率の季節的変化ブロックダイアグラム

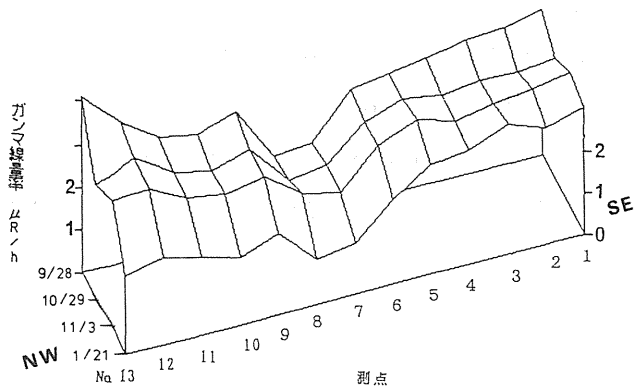


図7 C測線の各測点における9月28日～1月21日に計測の γ 線量率の季節的変化ブロックダイアグラム

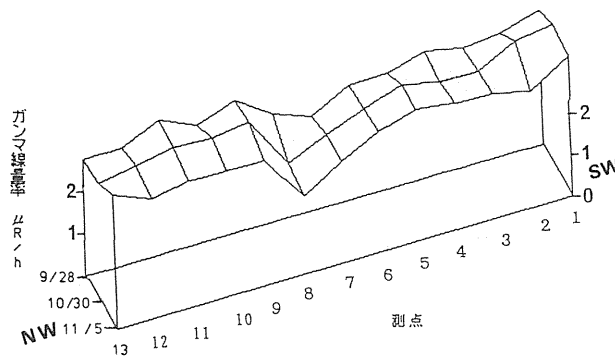


図8 D測線の各測点における9月28日～11月5日に計測の γ 線量率の季節的変化ブロックダイアグラム

(3) 測定器に対する気温の影響

気温の低下により測定器内の水銀電池の起電力が低下し、電源電圧の低下がシンチレーション・サーベイメータの感度に影響することが考えられる。この点を検証するため、1月28日、A測線において、保温を行わないとき（気温3.5℃）の測定値と、水銀電池を格納している部分をカイロで約25℃に保温（温度計で温度を監視）したときの測定値とを比較した。その結果、両者の間に明瞭な数値の差が認められなかった。電源部の保温温度約25℃に相当する9月のデータと比較すると、9月の γ 線量の値は保温のものより全体的に高い。従って、気温の影響は、少なくとも気温3.5℃まで、恐らく0℃まで無視して差し支えないと考える（図10）。

(4) γ 線量率の平面的分布

① A～E測線の計測（9月27日11:28～15:56、28日11:16～15:54）

No. 8をはさんでA 6、B 6およびC 9、D 9、E 9にピーク、各測線とも測点 No. 8（D測線

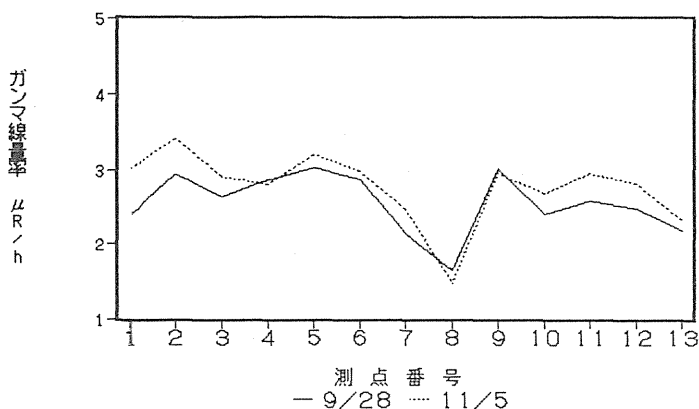


図9 E測線の各測点における9月28日と11月5日計測の γ 線量率の比較

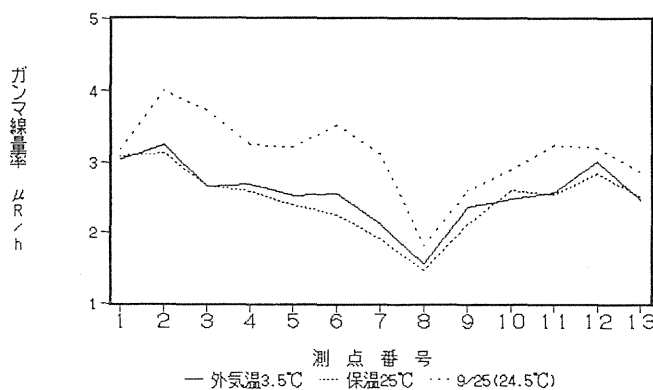


図10 A測線の各測点の γ 線量率と気温・保温の関係

計測の γ 線量率の比較のみ No. 7)で γ 線量率最低値。A 12、B 12にやや高いピーク（図11）。 γ 線量率はA 1～A 7の平均値をA 9～A 13の平均値と比較すると、全体的に断層線の東側が高い。

② A～D測線の計測（10月29日12:27～14:55・30日12:29～13:06）

A 2、B 2 で弱いピーク、No. 8 をはさんで D 5、B 6、B 9、C 9、D 9 にピーク、A 12、B 12、C 12 にやや高いピーク。ここでも全測線の No. 8 で γ 線量率の最低値を示す (図 12)。

③ A～G 測線の計測 (11月3日 12:05～15:20・3日 11:08～13:56)

全測線の測点 No. 8 で γ 線量率低下。A・B・E・G の各測線で測点 No. 2 あたりに弱いピーク、No. 8 をはさんで測点 No. 5・6 と測点 No. 9、および測点 No. 11・12 あたりにやや高いピーク (図 13)。

④ A～C 測線の計測 (1月21日 10:36～15:20)

A・B 測線は測点 No. 2 でピークが比較的強く、測点 No. 5 のピークは目立たない。3 測線とも測点 No. 12 にピークがあり、測点 No. 9 のピークは多少弱い (図 14)。

6. 考察・まとめ

(1) γ 線量率の時間的变化

遠山・檀原・里村 (1984) の研究によれば、日没と同時に γ 線量率が低下するという。また、遠藤 (1989)、岩橋・遠藤 (1990) の研究によれば、北伊豆地震断層系の丹那地震断層が切る丹那盆地南部では、日の出と日の入りのとき γ 線量率が低下することが明らかになった。

今回の研究でも、このことを確認するため、A 測線 7 測点で 5:00 AM～6:00 PM まで、1 時間ごとの γ 線量を測定し、日の出と日の入りのとき、ほぼ同様な傾向を確認することができた。

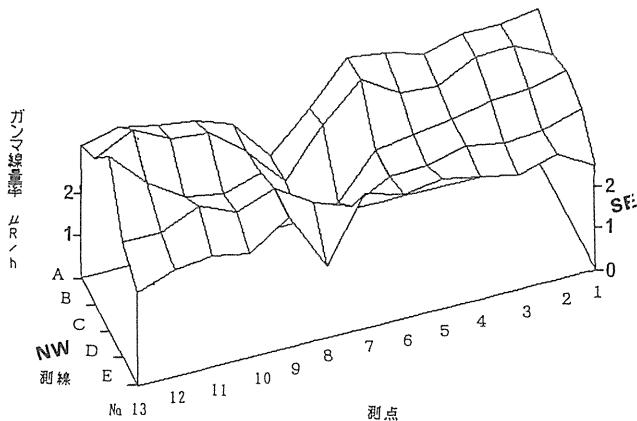


図 11 γ 線量率の平面的変化ブロックダイアグラム
A～E 測線、1989年9月27日～28日計測

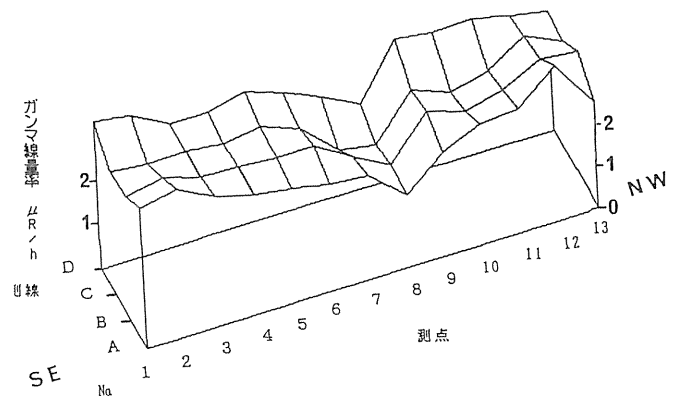


図 12 γ 線量率の平面的変化ブロックダイアグラム
A～D 測線、1989年10月29日～30日計測

との γ 線量を測定し、日の出と日の入りのとき、ほぼ同様な傾向を確認することができた。

(2) γ 線量率と季節の関係

一般に、1 年間のを通して γ 線量率は冬季に低くなる傾向が見られる。この要因として、季節および時刻により太陽の高度が変化し、また、日時により月の位置が変化するため、地球に働く太陽や月引力のため生じる地球潮汐力のベクトルが変化すると考えられる。これに伴って地殻に働く張力または圧縮力が変化し、連動して地殻の断層面や亀裂面が僅かながら開閉するため、それらの面を上昇する放射性ガスの放出が規制され、 γ 線量が季節的、日周的に変化するのではないかと考えられる。

(3) γ 線量と気温の関係

遠藤 (1989) の研究で問題点として残された、「気温の変化と測定値との関係」を調べるため、気温

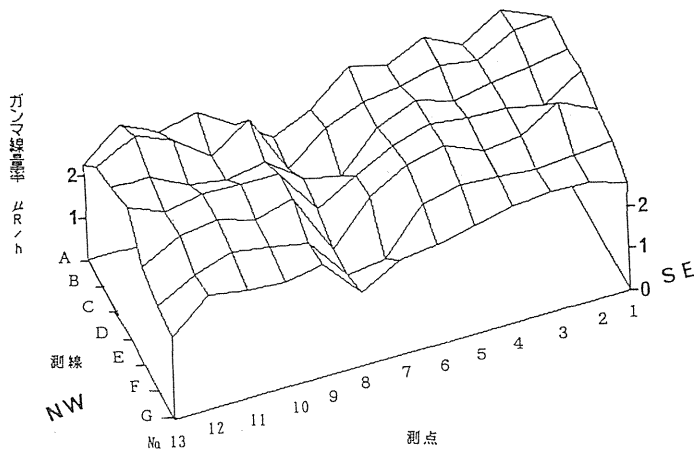


図13 γ 線量率の平面的変化ブロックダイアグラム
A～G測線、1989年11月3、5日計測

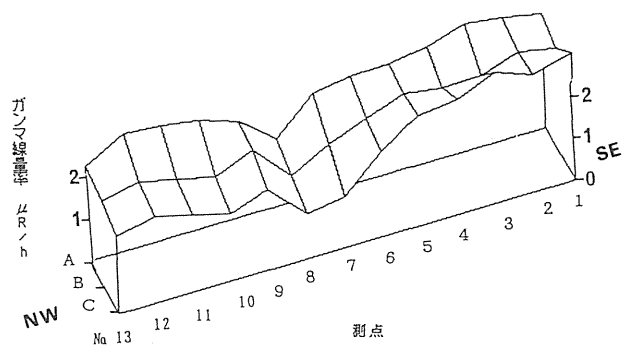


図14 γ 線量率の平面的変化ブロックダイアグラム
A～C測線、1990年1月21日計測

の低い冬季を選んで測定器を保温した場合と、保温しない場合とを比較した。その結果、少なくとも 3.5°C まで、測定値は気温の低下につれて低下しないことが明らかになった。気温 0°C 以下の計測の場合については今後の課題として残された。

(4) 活断層と γ 線量の平面的分布

従来の研究では、通常、断層線を横切る測線で、断層上または数m離れたところに γ 線量率のピークが得られている。今回の計測は地形的に断層斜面（断層崖がその後の侵食によって削られたできた斜面）が残されているところで行った。その結果、

- ① 断層の南東側2 mおよび10 mに位置する測点 No. 6および2付近、断層斜面直上の No. 9付近に γ 線量率のピークが認められた。
- ② 断層斜面の裾から北東へ8、10 m離れている測点 No. 11、12付近に弱いピークが現れた。
- ③ 断層の落ちた側（測点 No. 1～7）の γ 線量率の総平均値は断層斜面の反対側（No. 9～13）のそれよりやや高い値を示した。
- ④ 各測線とも、断層斜面上の測点 No. 8で γ 線量率の最低値がみられた。このように、 γ 線量率が最低値をとる例は、貞広・見野（1982）による阿寺断層のトレンチ内の γ 線量率の測定で見られる。その原因として「断層・破碎部で一般にみられる地下水の溢出にともなって開口（掘削）されると同時に、 ^{222}Rn がその周辺の地層に捕獲され ^{214}Pb や ^{214}Bi に壊変して、その場所で γ 線を出すようになる暇もなく運び去られるか、掘さくによって開口され空中に拡散してしまう結果」と考えている。

筆者らは、断層の落ちた側に割れ目が多く、それを伝って ^{222}Rn が移動し易くなるため、上記①のような γ 線量率のピークが現れたり、③のように、断層の落ちた側に γ 線量率が平均的に高くなると考えている。さらに④が示すように、ラドン（ ^{222}Rn ）の放射性のガスが、これらの割れ目に集中して上昇し、放出されてしまい、 ^{222}Rn が隣接の断層斜面に供給されにくくなるため、同斜面で γ 線量率が最低値をとると考えている。

また、岩橋・遠藤（1990）によれば、丹那盆地南端における丹那地震断層の γ 線量率の計測の場合、

断層線の下盤側(西側)で、断層線の露頭線の西側 1 m および 3 m に γ 線量率の明瞭なピークが認められた。また、ここで大野断層のように著しい γ 線量の低下が見られないのは、ここには断層斜面が認められないからであるとみている。なお、大野および丹那両地震断層で γ 線量率のピークが 2 箇所、断層線の位置からずれて下盤側に現れたのは、両断層に顕著な断層面または割れ目が 2 本あり、これらを伝って²²²Rn が放出されるためと考えている。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、修善寺町および函南町の多くの方々にご協力と便宜をいただいた。また、静岡大学教養部里村幹夫助教授から測定器を貸与いただいた。記して、これらの方々から心から感謝の意を表す次第である。

文 献

- 岩橋 徹・遠藤 学, 1990: 丹那地震断層付近のガンマ線量の時空的变化, 静岡大学教育学部研究報告, 40, 13—26.
- 遠藤 学, 1989 (MS): 丹那盆地周辺の地震断層, 1988 年度静岡大学教育地学卒論, 1—92.
- 加藤 完・伊藤吉助・永田松三, 1980: α トラック法による活断層周辺のラドン濃度の変動測定, 地震, 2, 33, 289—301.
- ・池田喜代治・高橋 誠・永田松三・柳原観考・伊藤吉助, 1981: α トラック法による伊豆半島の活断層調査, 地質調査所月報, 32, 4, 199—212.
- 加藤 完, 1984: α トラック法による丹那断層系調査, 月刊地球, 6, 3, 194—199.
- 松田時彦, 1972: 1930 年北伊豆地震の地震断層, 「伊豆半島」, 73—93, 東海大学出版会.
- 見野和夫, 1978: γ 線の測定—花折断層, 京都大学防災研究所年報, 21, B—1, 69—77.
- 西田良平・中尾節郎・岸本兆方, 1982: 鹿野・吉岡断層周辺におけるガンマー線測定 (I), 京都大学防災研究所年報, 25, B—1, 73—87.
- 貞広太郎・見野和夫, 1980: 活断層における γ 線測定 (I), 地震, 2, 33, 51—70.
- ・——, 1982: トレンチ発掘溝周辺の γ 線測定, 京都大学防災研究所年報, 25, B—1, 59—71.
- 田方郡町村会・教育長会・校長会・教育研究会, 1981: 昭和 5 年の北伊豆地震に学ぶ, 1—167.
- 丹那断層発掘調査研究グループ, 1984: 丹那断層・名賀地区トレンチ調査, 月刊地球, 6, 3, 146—154.
- 遠山忠昭・檀原 毅・里村幹夫, 1984: 活断層調査のための γ 線測定方法の再検討, 地震, 2, 37, 539—547.
- 宇佐見龍夫, 1979: 資料 日本被害地震総覧, 184—188, 東京大学出版会.
- 脇田 宏・牧 康行・中村佳重郎, 1978: 山崎断層安富観測坑におけるラドン濃度の測定, 地震学会講演予稿集, 1978, 2, 52.
- 山崎晴雄・栗田泰夫・佃 栄吉, 1984: 北伊豆断層系のトレンチ発掘調査, 地球, 6, 3, 158—164.