

黄檗断層付近の γ 線測定

見 野 和 夫・竹 内 文 朗

Γ -RAY SURVEY AROUND THE OHBAKU FAULT

By Kazuo MINO and Fumiaki TAKEUCHI

Synopsis

A γ -ray survey was carried out using a handy type scintillation survey meter around the Ohbaku fault, where the under ground structure had been made clear by seismic exploration and gravity survey.

Six traversal lines were chosen to cross the fault. Most distinguishable peak of the γ -ray intensity appeared on the observation point M 59, midst of the main line. This peak seems to be caused by the high content of radon in the fault zone.

Maximum peak in each of the six traverses located almost in a straight line, from NW to SE, and this must be the strike of the Ohbaku fault.

1. 目 的 と 方 法

地震現象が、断層と深いかわりを持つことが、とくに近年、明らかにされてきた。これに伴い、地震波形や地殻変動のようすから、断層のパラメーターを間接的に推定することが行なわれているが、一方、既存の断層周辺をいろいろな手段で直接的に探査することや、断層の動きそのものを測定することも行なわれている。筆者らは、断層の位置を決定したり、断層周辺の地下構造についての情報を得ることを目的として、 γ 線測定をとりあげることにし、手はじめに防災研究所の近くの黄檗断層で探査を行なった。HATUDA¹⁾ は、断層の近くで、地中空氣のラドン濃度が上昇する例を報告している。また、これの手軽な測定は、 γ 線用のシンチレーション・サーベーター・メータを用いて行なうことができる²⁾。断層とそこでの γ 線強度の関係についての、筆者らの理解は、模式的に Fig. 1 のように表わされる。すなわち、地中のラドンが上昇する際、断層の破碎帯にはよく付着するため、そこのラドン濃度が上がり、そのため地上で観測される γ 線の強度も断層周辺で高い値を示し、一般には、1, 2 のピークが生ずるというものである。このことを頭に描きつつ、次のように探査を進めた。

2. 測 定

(1) 測 定 点

場所は、京都盆地南部巨椋池干拓地の東方で、防災研究所の東方 1km のあたりである。(Fig. 2) 図中、●が測点で、全体で約200点、6 測線である。ここの地下構

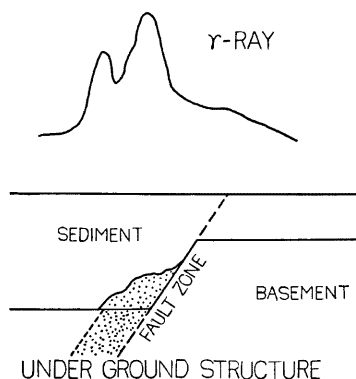


Fig. 1. Schematic diagram of the γ -ray intensity caused by the under ground structure. High values of γ -ray intensity will be observed on the points above the fault zone.

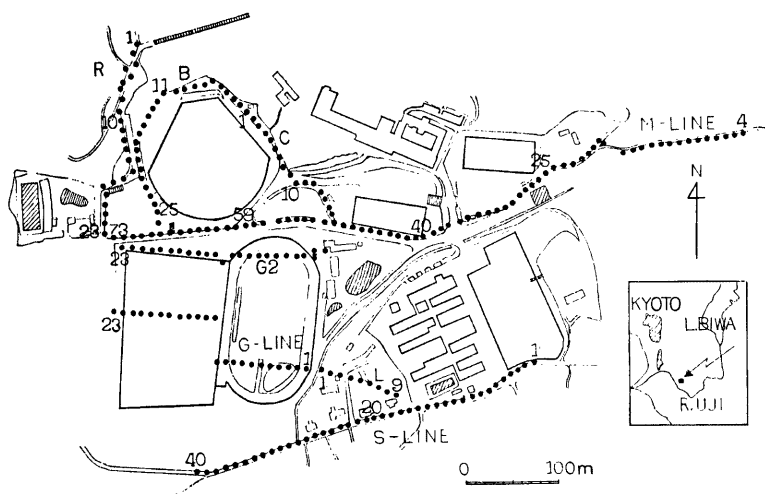


Fig. 2. Map around the observation points.

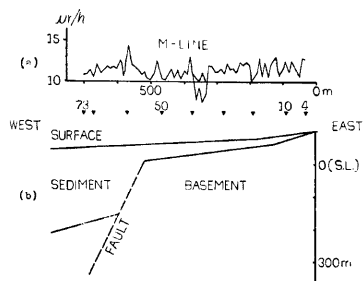


Fig. 3. (b) Cross section of the underground structure near the Ohbaku fault. (after Kitsunozaki et al. and Murakami et al.)

(a) γ -ray intensity observed on the main line M.

Maximum peak appeared on the fault zone.

造は、地震探査³⁾ および重力探査⁴⁾ で明らかにされている。(Fig. 3 (b)) 地形は、東方が山で西方には巨椋池干拓地があり、この間西へ徐々に低くなっている。東の山中には古生層の基盤が露頭しており、そこから西に向って、主として大阪層群からなる堆積層が、だんだん厚くなる。基盤は古生層であり、測点M50からM70の間に落差150m程度の黄葉断層がある。この断層と γ 線強度の関係を見ることが、本論文の主眼である。

(2) 測定方法

計器は、Aloka製のScintillation survey meter TCS 121型を用いた。較正は、毎日の測定の出発時と終了時、防災研究所D 326号室で標準線源を用いて行なった。測点はほとんどを、道路または道路わきの柔らかい所に10mおきに選んだ。道に段差のあるような場合は、そのすぐ近傍の測点を、数mの範囲で移動して、地形の影響を少

なくするよう配慮した。測器のheadは、直径数cmの円筒形であるので、測点にハンドオーガー等で、数cmから20cm程度の孔を掘り、その中へheadを挿入し、地表面の凹凸などに左右されないよう留意して測定した。この方法で、2、3名の人員で、日の短い11月でも1日に数十点の測定を楽に行なうことができた。しかし、測定の後期には特に、作業能率をさらに上げるため、孔を掘らずに、地表面にheadをつけるだけで測定した点も多い。測定値は、計器に付属のメーターから、15秒ごとに12回読みとり、最大、最小の2つを除く他の10回の読みとり値の平均をもって、その点での生の値とした。これも測定後期には10秒ごとの読みとり時間を短縮し、測定点数をかせいだ。このようにして得られた値が、Table 1のDATA (RAW) 欄の数値である。これに計器のドリフトを測点数で配分して補正したものを、(CORR) として記し

Table I. Data of the present survey. Averaged values of 10 data, which are selected from 12 readings at each observation point by excluding the maximum and the minimum ones, are written in the columns of DATA (RAW). (CORR) data are the values after correction of instrumental drift.

1976 11 11			1976 11 12			1976 11 13			1976 11 24			1976 11 29			1976 11 29		
STATION	DATA(RAW)	(CORR)	STATION	DATA(RAW)	(CORR)	STATION	DATA(RAW)	(CORR)	STATION	DATA(RAW)	(CORR)	STATION	DATA(RAW)	(CORR)	STATION	DATA(RAW)	(CORR)
ST 0	330.700	402.000	ST 0	404.100	402.000	ST 0	418.500	402.000	ST 0	384.800	402.000	ST 0	397.000	402.000	ST 0	397.000	402.000
BO 1	14.920	15.755	M 57	11.810	11.533	G2 13	12.350	12.762	M 59	14.700	15.342	S 1	9.700	9.888	S 1	9.700	9.888
BO 2	11.840	12.675	M 58	12.000	11.923	G2 12	11.940	11.963	M 60	14.240	15.001	S 2	9.400	9.400	S 2	9.400	9.400
BO 3	11.840	12.553	M 59	11.430	11.520	G2 13	13.650	13.191	M 101	10.000	10.528	S 3	9.400	10.032	S 3	9.400	10.032
M 103	11.620	12.271	M 59	14.140	13.996	G2 14	11.600	11.397	M 102	10.420	11.200	S 4	11.700	11.700	S 4	11.700	11.700
M 4	12.170	12.652	M 57	10.790	10.762	G2 15	11.260	10.903	M 2	9.940	10.272	S 5	10.740	10.740	S 5	10.740	10.740
M 5	12.270	12.958	M 58	10.150	10.150	G2 16	11.350	12.019	M 3	10.170	10.563	S 6	11.700	11.700	S 6	11.700	11.700
M 6	10.250	10.604	M 59	12.270	12.380	G2 17	12.180	11.681	M 4	10.310	10.698	S 7	10.440	10.513	S 7	10.440	10.513
M 7	10.670	11.440	M 59	12.240	12.071	G2 18	14.440	13.893	M 5	10.940	11.361	S 8	9.450	9.713	S 8	9.450	9.713
M 8	11.880	12.547	M 60	12.420	12.198	G2 19	12.790	12.240	M 6	11.060	11.594	S 9	10.740	10.618	S 9	10.740	10.618
M 9	10.990	11.185	M 41	10.720	10.513	G2 19	12.150	11.444	M 7	10.030	10.377	S 10	10.510	10.381	S 10	10.510	10.381
M 10	11.180	12.442	M 42	12.700	12.555	G2 20	12.720	12.660	M 8	10.140	10.481	S 11	10.950	10.518	S 11	10.950	10.518
M 11	10.910	11.578	M 43	11.760	11.550	G2 21	12.230	11.715	M 9	10.550	10.791	S 12	10.570	10.636	S 12	10.570	10.636
M 12	10.110	10.678	M 44	12.020	11.738	G2 22	10.970	10.508	M 10	12.770	12.555	S 13	10.390	10.461	S 13	10.390	10.461
M 13	12.340	13.035	M 45	11.830	11.556	G2 23	11.850	11.394	M 11	10.105	10.495	S 14	10.480	10.538	S 14	10.480	10.538
M 14	11.540	12.190	M 46	12.140	11.872	G 11	12.130	11.611	M 12	10.013	10.399	S 15	10.460	10.502	S 15	10.460	10.502
M 15	10.000	10.408	M 47	11.820	11.300	G 12	11.710	11.111	M 13	10.413	10.602	S 16	11.420	12.447	S 16	11.420	12.447
M 16	11.740	12.423	M 48	11.890	10.934	G 13	14.070	13.443	M 14	10.940	11.361	S 17	12.570	12.647	S 17	12.570	12.647
M 17	11.610	12.263	M 49	12.940	12.083	G 14	16.940	16.720	M 15	10.940	11.361	S 18	11.100	11.167	S 18	11.100	11.167
M 18	10.150	10.723	M 50	10.780	10.439	G 15	15.990	15.292	M 16	11.750	12.032	S 19	12.450	12.699	S 19	12.450	12.699
M 17	12.370	13.068	M 71	11.670	11.478	G 16	15.610	14.925	M 16	11.010	12.107	S 20	11.450	11.491	S 20	11.450	11.491
M 18	10.720	11.525	M 72	11.210	10.825	G 17	15.510	14.835	M 17	11.570	9.467	S 21	12.020	12.028	S 21	12.020	12.028
M 19	10.420	11.009	M 73	11.100	10.704	G 18	14.840	14.201	M 18	11.150	11.495	S 22	11.770	12.006	S 22	11.770	12.006
M 20	10.000	10.595	G 1	12.400	11.940	G 19	17.070	16.310	M 19	11.360	11.607	S 23	11.250	12.658	S 23	11.250	12.658
M 117	12.930	13.682	G 2	12.570	12.658	G 20	14.940	12.754	M 20	11.280	11.515	S 24	11.250	12.658	S 24	11.250	12.658
M 1	9.500	10.037	G 3	12.410	14.794	G 21	14.640	13.634	M 21	11.770	11.780	S 25	12.810	12.934	S 25	12.810	12.934
M 22	11.410	12.119	G 4	11.580	14.859	G 22	10.550	10.073	M 22	12.750	12.705	S 26	12.470	12.559	S 26	12.470	12.559
M 23	11.710	12.237	G 5	14.840	16.127	G 23	12.500	11.937	M 23	11.910	12.173	S 27	12.140	12.799	S 27	12.140	12.799
M 24	11.450	12.109	G 6	14.380	15.856	G 1	12.130	11.376	M 24	11.510	11.980	S 28	11.500	11.510	S 28	11.500	11.510
M 25	11.740	12.405	G 7	11.470	16.884	L 1	11.030	10.437	M 25	10.650	10.820	S 29	11.300	11.308	S 29	11.300	11.308
M 26	10.310	10.937	G 8	14.780	17.910	L 2	11.470	11.163	M 26	10.600	10.759	S 30	12.840	12.842	S 30	12.840	12.842
M 27	10.950	11.371	G 9	17.540	14.704	L 3	11.810	11.283	M 27	11.640	11.674	S 31	12.520	12.518	S 31	12.520	12.518
M 28	10.870	11.344	G 10	14.400	13.781	L 4	11.350	10.627	M 28	10.760	10.880	S 32	9.700	9.705	S 32	9.700	9.705
M 29	11.500	12.153	G 11	12.170	11.558	L 5	12.370	11.797	M 29	11.350	11.487	S 33	8.400	8.493	S 33	8.400	8.493
M 30	10.410	10.944	G2 10	12.400	17.019	L 6	11.720	11.076	M 30	11.430	11.547	S 34	10.020	10.029	S 34	10.020	10.029
M 31	10.780	11.023	G2 11	14.000	13.083	L 7	12.910	12.248	M 31	11.070	11.071	S 35	11.010	11.014	S 35	11.010	11.014
M 32	10.840	11.789	G2 12	13.410	12.467	L 8	12.910	12.248	M 32	11.070	11.071	S 36	11.010	11.014	S 36	11.010	11.014
M 33	10.440	11.087	G2 13	14.740	12.904	ST 0	422.200	402.000	M 33	11.070	11.071	S 37	11.010	11.014	S 37	11.010	11.014
M 34	11.300	11.963	G2 14	12.950	12.199	ST 1	11.640	11.460	M 34	10.940	11.361	S 38	9.300	9.477	S 38	9.300	9.477
M 35	11.450	12.081	G2 15	12.950	12.199	ST 1	11.640	11.460	M 35	10.940	11.361	S 39	9.450	9.473	S 39	9.450	9.473
M 36	7.930	8.382	G2 5	13.130	12.352	1976 11 15			M 36	10.760	10.848	S 40	8.950	8.492	S 40	8.950	8.492
M 37	7.000	7.462	G2 6	13.120	12.099	ST 0	402.800	402.000	M 37	10.560	10.608	S 41	9.120	9.288	S 41	9.120	9.288
M 38	8.400	8.923	G2 7	13.160	12.000	M 59	13.690	15.639	M 38	10.210	10.267	S 42	10.340	10.303	S 42	10.340	10.303
M 39	7.210	7.421	G2 8	12.070	11.277	M 57	15.200	15.129	M 39	10.140	10.190	S 43	10.440	10.400	S 43	10.440	10.400
M 40	10.410	11.004	G2 9	14.000	13.083	M 58	15.040	15.003	M 40	11.380	11.394	ST 0	402.800	402.000	ST 0	402.800	402.000
M 41	12.440	13.171	G2 10	10.130	12.623	M 59	15.520	12.401	M 41	11.040	10.978						
M 42	10.200	10.762	G2 11	17.320	15.498	M 57	15.080	15.023	M 42	10.840	10.878						
M 43	10.740	11.353	ST 0	431.400	402.000	M 58	15.700	15.553	M 43	10.940	10.949						
M 44	9.450	10.101				M 59	14.410	14.119	M 44	10.940	10.949						
M 45	10.840	11.481				M 1	12.440	12.070	M 45	12.130	11.356						
M 46	9.830	10.392				M 2	11.640	11.460	M 46	12.130	11.356						
M 47	10.480	11.503				M 3	12.810	12.647	M 47	12.330	12.444						
M 48	10.390	10.945				M 4	13.360	13.086	M 48	12.470	12.470						
M 49	9.610	10.160				M 5	12.330	12.444	M 49	12.470	12.470						
M 50	9.840	10.245				M 6	11.030	10.788	M 50	12.470	12.470						
M 51	12.040	12.780				M 7	10.130	10.457	M 51	12.470	12.470						
M 52	10.930	10.817				M 8	12.050	11.763	M 52	12.470	12.470						
M 53	9.530	10.077				M 9	11.430	11.374	M 53	12.470	12.470						
M 54	9.820	10.362				M 10	11.590	11.519	M 54	12.470	12.470						
M 55	14.150	14.142				M 11	12.470	12.470	M 55	12.470	12.470						
M 56	10.910	10.878				M 12	12.470	12.255	M 56	12.470	12.470						
M 57	10.570	11.125				M 13	12.440	11.733	M 57	12.470	12.470						
M 58	10.040	10.615				M 14	12.370	12.000	M 58	12.470	12.470						
M 59	13.750	14.543				M 15	14.440	13.887	M 59	12.470	12.470						
M 60	11.740	12.554				ST 0	418.700	402.000	M 60	12.470	12.470						
M 61	9.470	10.554							M 61	12.470	12.470						
M 62	12.510	12.276							M 62	12.470	12.470						
ST 0	380.100	402.000							M 63	12.470	12.470						

た。本文ならびに図には、この (CORR) の値を用いた。

3. 結果

まず最初、主測線 M 上で測定を行なった。その値は Fig. 3 (a) に見るように、11~12 $\mu\text{r/h}$ を中心としてばらつくものであるが、 $M59$ のピークは他の測線も含めて、最大級のものである。断層の位置との関係も、模式図に示したにもよく似ており、 $M52$ から $M62$ まであたりが破碎の進んだ断層帯と考えられる。 $M59$ の近くは、翌日にも測点間隔を細かくして再測したが、両日の値は非常に一致した。また、後日、他の測線での測定を行なった時にも、毎回 $M59$ を再測したが、いずれの場合も初回との値の差は大きくなかった。 $M36$ から $M39$ までの低い値は、測点付近が湿っていたことの影響ではないかと考えている。ここは後日、測点をわずかにずらせて改測してみたところ、もう少し高い値が得られたので、局所的なノイズだったと考えられる。ちなみに、 $M59$ の近くの数mの範囲にとった10点ほどの測点ではすべて、 $M59$ の値に近い高い数値

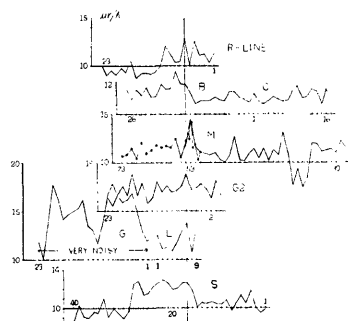


Fig. 4. Γ -ray intensity along 6 traversals lines. Axes of the 6 graphs are moved horizontally as the peaks to come on one vertical line. And this line corresponds to the strike of the Ohbaku fault.

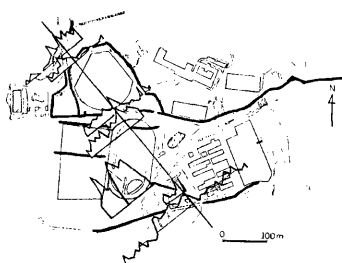


Fig. 5. Projection of Γ -ray intensity graphs to the lines perpendicular to the strike of the fault (straight line from NW to SE). Solid lines are the routes of the survey.

が得られたので、M59の方は、局所的なノイズとは考えられない。測点M4からM50付近までの値は、変動しながらも、全体としては、徐々に減少傾向をたどる。これはちょうど、この間の堆積層の厚さの増加具合と対応しているように思われる。以上、測線Mでは、地下構造とくに断層の位置と γ 線強度に関連があることがわかったので、次に断層の走向を知るため、Mに平行な2本の測線をとって測定をした。GおよびG2測線がそれである。当初、断層の走向をほぼ南北方向と考えていたので、G10、G2-10あたりに、M59に匹敵するピークが生じることを期待したが、結果はFig.4のようになり、この予想を裏切った。しかも、G測線は、京大グランド内の花崗岩のまき石の上にとられたので、全体に高い値を示し、見かけ上の2つのピークが現われてしまった。これはまき石のために生じた人工的ノイズと考え、G測線の測定値は、以後無視して考えた。走向の決定には、上述の測定では不十分と考え、B、Cの測線を設け、M50からM68までとあわせて、一本のループを描くようにして測定してみたところ、B17に大きなピークが現われ、それ以外は概して低い値であった。このB17と主測線上のピークM59を地図上で結ぶ直線は、G2-7やL7などの大きな値の近くを通るので、さらにRとSの2測線を追加して、この方向の確認をもくろんだ。これらの測線上でも上述の線上に大きな値が見出されたので、この方向（ほぼ北西から南東方向）を、最終的に断層の走向と考えることにした。測定値の主要部分を、この走向方向に垂直な面に投影したのが、Fig.5である。図ではピークの結び方に若干の幅が許されるものの、大勢として、この方向を否定することは困難である。

4. まとめと今後の問題

簡便な方法で断層の位置や走向を知ることの一つの目的として、あらかじめ断層の位置が他の探査方法で明らかにされている黄檗断層付近で、 γ 線の測定を実施した。その結果、主測線上での最大のピークは、断層付近の地下構造をよく反映しているらしいことがわかり、また、このピークと、他の数測線上でのピークが、ほとんど一直線上にのり、この直線が断層の走向をあたえることが、近くの地形の等高線の向きとの一致などから推察できた。探査は、ごく少人数で短期間に完了し、得られたデータも、わずかな補正を必要とただけであり、この探査方法は、極めて簡便なものであるとの印象を強くした。しかし一方、各測線でピークの形状が必ずしも一定しなかったことや、測定能率を重視するあまり、簡便な測定に偏し、結果的には、測点近傍の地理的条件などのノイズを除き切れなかったのではないかと思われるなど、方法についての

問題も残された。また、もし他に有力な探査の行なわれていないような地域で、今回のような γ 線測定で得られたピークだけから、断層の位置や走向を推定するとすれば、それはやや危険を伴うと思われる。なぜなら、測線を張れば、全点の値が全く等しくない限り、そこには必ず見かけ上のピークが現われると思われるからである。現われたピークが、物理的な意味を持っているかどうかを判定するには、例えば今回のような既知の断層周辺でのデータを蓄積し、断層と γ 線強度の関係を、一般的にかつ定量的に把握しておくことが必要であると思われる。その際、断層の規模、様式、岩質、年代などのパラメーターが関与すると思われるので、今後それらについて検討してゆきたい。

おわりに、この測定を指導して下さった、京大教養部助教授西村進博士に感謝します。また、鳥取大学教養部助教授西田良平、京大防災研究所技官小泉誠の両氏には寒い中測定を手伝って頂いた。お礼申し上げます。補正計算と Table の作成には、防災科学資料センターの FACOM 230—25/35 を使用しました。

参 考 文 献

- 1) Hatuda, Z.: Radioactive Method for Geological Exploration, Mem. Col. Sci. Univ. Kyoto, Ser. B, Vol. 21, No. 2, 1954, pp. 231-271.
- 2) 初田 甚一郎：三方五湖付近温泉探査報告, 1965, pp. 1-16
- 3) 狐崎長琅, 後藤典俊, 岩崎好規：地震探査からみた京都盆地南部の地下構造とこれに関連した地震工学上の若干の問題, 京都大学防災研究所年報, 第14号 A, 1971, pp. 203-215.
- 4) 村上寛史, 里村幹夫, 竹内文朗, 後藤典俊, 吉川賢一：京都盆地南部における重力探査, 物理探鉱, 第28巻, 第6号, 1975, pp. 268-276.