

自動車放射能探査による愛媛県高縄半島の花崗岩質岩の放射能強度分布

佐野 凌 一*

Distribution of Radioactivity of Granitic Rocks in the Takanawa Peninsula,
Ehime Prefecture by Car-borne Radiometric Surveyby
Shun-ichi Sano

Abstract

A car-borne radiometric survey was carried out to study the distribution of radioactivity of granitic rocks in the Takanawa peninsula, Ehime prefecture.

The maintenance of equipments and the dynamic character of special ratemeter system used in the car-borne survey are discussed. The effect of weathering to radioactivity of rocks and the geometric effect in the measurement of gamma ray intensity are examined.

According to the result of car-borne survey in this area, biotite granite and-hornblende biotite granite, which distributes adjacently to biotite granite and Ryōke metamorphic rocks show higher radioactivity.

要 旨

愛媛県高縄半島に分布する花崗岩質岩の放射能強度分布を調査するため、自動車放射能探査を実施した。

探査用放射線測定器の保守や動特性について考察した。自動車探査による γ 線強度の解釈上重要である岩石の風化や露出面の幾何学的効果について検討した。

自動車探査の結果、黒雲母花崗岩および閃雲花崗岩で黒雲母花崗岩および領家変成岩に近い部分の放射能強度が高いことが認められた。

1. 緒 言

昭和32年11~12月に愛媛県高縄半島の花崗岩質岩地域およびそれに隣接する地域において自動車放射能探査を実施し、放射能強度分布を調査した。

調査には筆者のほか、細野武男・小林義男が全期間、森喜義・高橋且が一部の期間参加した。本稿では測定器の保守についても言及したが、測定器の整備・改良は氏家明・金谷弘が担当した。

調査にさいして愛媛県商工観光課から種々便宜を受けた。厚く感謝の意を表する。

2. 測 定 器

放射線測定器として、シンチレーション・カウンタで

スケーラの入力パルスの時間間隔を記録する方式の装置を使用した^{註1)}。この測定器についてはすでに何回も報告されているが^{4) 6) 10) 11) 15)}、今回の調査で使用を中止するので、補足的に説明する。

2.1 測定器の概要

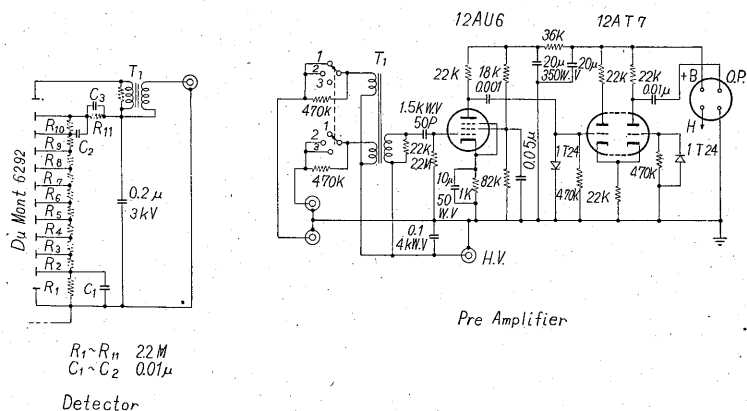
検出器は螢光体 NaI(Tl) 1.5"φ×1.5" と光電子増倍管 Du Mont 6292 とからなり、出力はパルス・トランスによつてケーブルに整合される。2つの検出器の出力はパルス・トランスによつて混合され、前置増幅器を経て主測定器に導かれる。主測定器は増幅器・E1T 計数回路・レートメータ回路・警報回路を含む。計数回路のscale of 1,000あるいは100の出力パルスはリレー回路を経て記録計へ送られる。レートメータは単なるモニタとして使用される。警報回路は、あらかじめ設定した計数率を超えるとマルチバイブレータが発振して、スピーカを駆動する方式である。

主電源は蓄電池で、B電源はノンシンクロナス型バイブレータによる交流を整流し、真空管式定電圧装置で安定化している。検出器用高電圧は乾電池により供給している。蓄電池は自動車の走行中発電機により充電される。

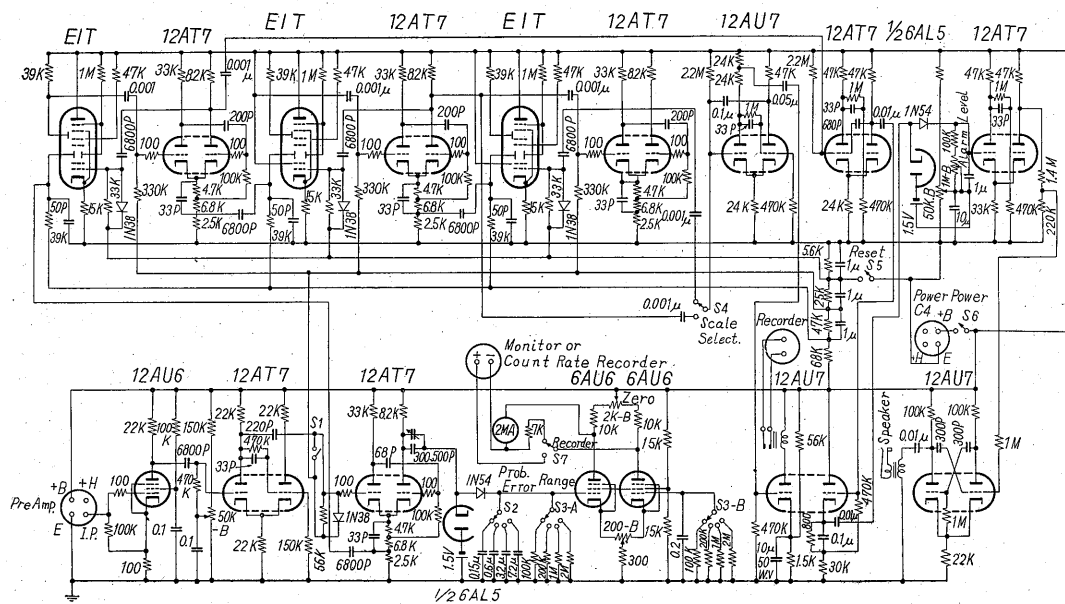
記録計は、横河 KR 2型記録電流計の電流計部分を外し、6Vで動作するリレーを8個並べて取付けたもの

註1) 理化学研究所(当時科学研究所)製作

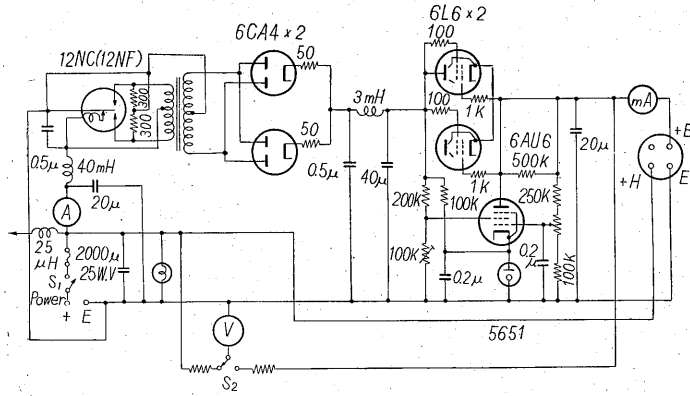
* 物理探査部



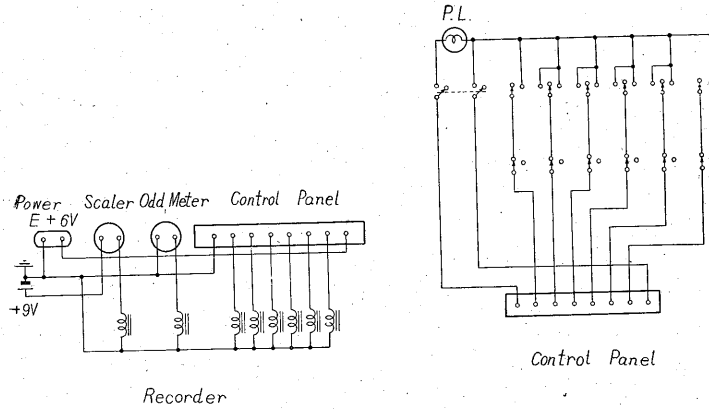
第1図 検出器および前置増幅器回路図
Circuit diagram of detector and preamplifier



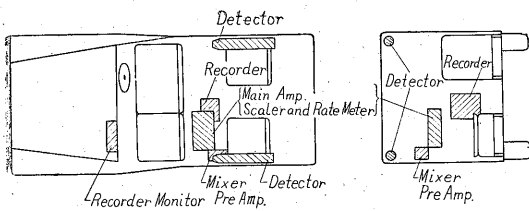
第2図 主測定器 (増幅器・計数器・計数率計および警報器) 回路図
Circuit diagram of main amplifier, scaler, ratemeter and alarm



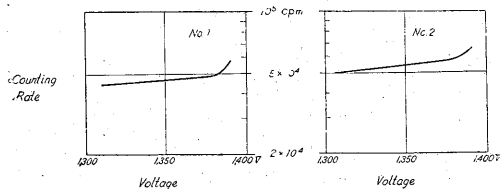
第3図 電源部回路
Circuit diagram of power supply



第4図 記録装置回路図
Circuit diagram of recording system



第5図 検出器および測定器の配置
Configuration of detectors and other instruments



第6図 検出器の計数特性
Plateau curves for detectors

であつて、計数回路の出力のほか、距離マーク、露出・石垣・位置目標等を示すマークを記録する。

測定器の回路図を第1~4図に示す。

検出器は第5図に示すように、自動車の両側の天井に配置した。2つの検出器は同一放射線源に対して等しい計数率を示さなければならないので、充分注意して製作されたが、調査実施当時では約10%程度の感度の相違が認められた。光電子増倍管の利得低下の相違によるものと思われる。Monazite によつて測定した計数特性は、第6図に示すように、両検出器ともほぼ同じである。高圧電源として使用した乾電池の容量が小さく、かつ配線の一部に湿気により漏洩し易いところがあつたため、高電圧が予想より速く低下したことが多かつた。そのため調査期間が長い場合に測定結果に高電圧の変化による計数率の低下が認められる場合もあつたようである。今回の調査では電圧変化は3.7%、これによる計数率の低下は8.1%で、平均値に対して±5%の範囲に入るので、電圧変化に対する計数率の補正は行なわなかつた。

B電源として、最初シンクロナス型パイブレータが用いられたが、事故が多いので第3図に示すような型に変更し、真空管式安定回路を付加した。

主電源である蓄電池は自動車の車軸ととりつけた発電機に接続されているので、走行条件によつては14V以上になり、したがつて各回路のヒータ電圧が同時に上昇する。しかし、ヒータ電圧変化の影響は無視できることが、実験的に確かめられた。

この測定器の計数率と照射線量率との関係は、1mr/hに対しRaによつて700,000cpmである。

測定器の主要な事故はEIT計数回路の動作不良であつて、器内に塵芥が入ることを防ぐため密封型にしたので、温度上昇による事故であると考えられる。回路の改良と温度上昇を防ぐことによつて、計数回路の動作不良はほとんど防止された。

2.2 測定器の動特性

この測定器で採用した計数回路の出力パルスの時間間隔を測定する方法は、レートメータに比較して指示のおくれが少なく、検出器の感度が低い場合に適當であるという理由で採用されたのであつた。しかしこの方式では、 γ 線強度の変化に対応して測定される計数率の変化が、それ以前の計数率にも関係し、動特性を一般的に表現することが困難である。

測定計数率を n 、計数回路の出力パルスの時間間隔を T 、計数回路の scaling factor を σ とすれば、

$$n = \sigma / T \quad (1)$$

である。計数率が時間的に変化するとき、時間を t 、真の計数率を n_0 、測定される計数率 n とし、 n は相と異なるパルスの中央の時刻での値を示すとすれば、

$$\int_{t-T/2}^{t+T/2} n_0 dt = \sigma \quad (2)$$

であつて、(1)、(2)の両式から T を消去すれば、 n と n_0 との関係が求められる。

例えば、 $t < t_0$ で $n_0 = n_1$ 、 $t \geq t_0$ で $n_0 = n_2$ ($n_2 > n_1$) とすると、

$$\left. \begin{aligned} t < t_0 - \sigma/2n_1 \\ n &= n_1 \\ t_0 - \sigma/2n_1 \leq t \leq t_0 + \sigma/2n_1 \\ n &= (n_1 + n_2) \sigma / 2 \{ \sigma - (n_1 - n_2) (t_0 - t) \} \\ t_0 > t_0 + \sigma/2n_1 \\ n &= n_2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

であつて、 $t_0 - \sigma/2n_1 \leq t \leq t_0 + \sigma/2n_1$ で t の1つの値に対応する1つの n の値が測定される¹¹⁾。

また、 $t < t_1$ で $n_0 = n_1$ 、 $t_1 \leq t \leq t_2$ で $n_0 = n_2$ 、 $t > t_2$ で $n_0 = n_1$ とし、 $n_2 > n_1$ 、 $t_2 > t_1 > 0$ とすると、

$$(i) \quad t \leq t_1 - \sigma/2n_1 \quad n = n_1 \quad (4)$$

(ii) (a) $t_2 - t_1 < \sigma/n_2$ の場合

$$\left. \begin{aligned} t_1 - \sigma/2n_1 < t < \{ (n_2 + n_1) t_2 - (n_2 - n_1) t_1 + \sigma \} / 2n_1 \\ \text{において} \\ n &= \sigma (n_2 + n_1) / 2 \{ \sigma - (n_2 - n_1) (t_2 - t) \} \\ \{ (n_1 + n_2) t_1 - (n_2 - n_1) t_2 - \sigma \} / 2n_1 < t < t_2 + \sigma/2n_1 \\ \text{において} \\ n &= \sigma (n_2 + n_1) / 2 \{ \sigma - (n_2 - n_1) (t_2 - t) \} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

または、

$$\left. \begin{aligned} \{ (n_2 + n_1) t_1 - (n_2 - n_1) t_2 + \sigma \} / 2n_1 < t < \{ (n_2 + n_1) t_2 \\ - (n_2 - n_1) t_1 - \sigma \} \text{において} \\ n &= n_1 \sigma \{ \sigma - (n_2 - n_1) (t_2 - t_1) \} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

(b) $2\sigma/n_2 > t_2 - t_1 > \sigma/n_2$ の場合

$$\left. \begin{aligned} (n_2 + n_1) t_2 / 2n_1 - (n_2 - n_1) t_1 / 2n_1 - (3n_2 + n_1) \sigma / 4n_1 n_2 \\ < t < t_1 + \sigma (1/2n_2 - 1/2n_1) \text{において} \\ n &= \sigma (n_2 + n_1) / 2 \{ \sigma - (n_2 - n_1) (t - t_1) \} \\ t_2 + \sigma (1/2n_2 - 1/2n_1) < t < (n_2 + n_1) t_1 / 2n_1 \\ &- (n_2 - n_1) t_2 / 2n_1 - (3n_2 + n_1) \sigma / 4n_1 n_2 \\ \text{において} \\ n &= \sigma (n_2 + n_1) / 2 \{ \sigma - (n_2 - n_1) (t_2 - t) \} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

または、

$$\left. \begin{aligned} t_1 - \sigma/2n_1 < t < (n_2 + n_1) t_2 / 2n_1 - (n_2 - n_1) t_1 \\ &- (3n_2 + n_1) \sigma / 4n_1 n_2 \text{において} \\ n &= \sigma (n_2 + n_1) / 2 \{ \sigma - (n_2 - n_1) (t - t_1) \} \\ (n_2 + n_1) t_2 / 2n_1 - (n_2 - n_1) t_1 / 2n_1 - (3n_2 + n_1) \sigma / 4n_1 n_2 \\ < t < (n_2 + n_1) t_1 / 2n_1 - (n_2 - n_1) t_2 / 2n_1 \\ &- (3n_2 + n_1) \sigma / 4n_1 n_2 \text{において} \\ n &= n_2 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} (n_2 + n_1) t_1 / 2n_1 - (n_2 - n_1) t_2 / 2n_1 \\ &- (3n_2 + n_1) \sigma / 4n_1 n_2 < t < t_2 + \sigma/2n_1 \text{において} \\ n &= \sigma (n_2 + n_1) / 2 \{ \sigma + (n_2 - n_1) (t_2 - t) \} \end{aligned} \right\}$$

(c) $t_2 - t_1 > 2\sigma/n_2$ の場合

$$\left. \begin{aligned} t_1 - \sigma/2n_1 < t < (n_2 + n_1) t_2 / 2n_1 - (n_2 - n_1) t_1 \\ &- (3n_2 + n_1) \sigma / 4n_1 n_2 \text{において} \\ n &= \sigma (n_2 + n_1) / 2 \{ \sigma - (n_2 - n_1) (t - t_1) \} \\ (n_2 + n_1) t_2 / 2n_1 - (n_2 - n_1) t_1 / 2n_1 - \\ &(3n_2 + n_1) \sigma / 4n_1 n_2 < t < (n_2 + n_1) t_1 / 2n_1 \\ &- (n_2 - n_1) t_2 / 2n_1 - (3n_2 + n_1) \sigma / 4n_1 n_2 \text{において} \\ n &= n_2 \\ (n_2 + n_1) t_1 / 2n_1 - (n_2 - n_1) t_2 / 2n_1 \\ &- (3n_2 + n_1) \sigma / 4n_1 n_2 < t < t_2 + \sigma/2n_1 \text{において} \\ n &= \sigma (n_2 + n_1) / 2 \{ \sigma - (n_2 - n_1) (t_2 - t) \} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

(iii) $t \geq t_2 + \sigma/2n_1$ $n = n_1$ (10)

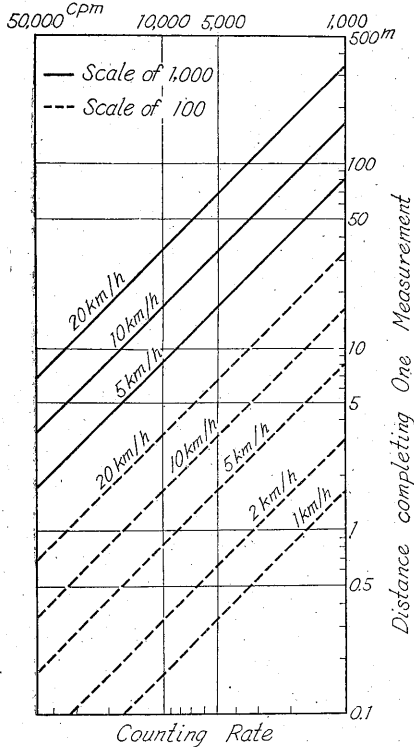
である。この場合の数値計算結果は金子他¹¹⁾の報告に示されている。

ここで必ず $n_0 = n_2$ のとき、 $n = n_0$ となるのは $t_2 - t_1 \geq \sigma/n_2$ の場合である。計数率の時間的な変化が自動車の走行すなわち検出器の移動によつて生ずる場合に、距離を x 、速度を v 、 $t_2 - t_1$ に対応する距離を Δx とすれば、

上の条件は

$$\Delta x \geq \sigma v / n_2 \quad (11)$$

である。最小の Δx , すなわち $\Delta x = \sigma v / n_2$ と n_2 との関係を示す図は佐藤¹⁰⁾, 岩崎⁴⁾, 佐野¹¹⁾ などの報告に示されているが, それらの一部を第7図に再録した。



第7図 1つの測定値を得る間に通過する距離と計数率との関係
Relationship between counting rate and distance completing one measurement

これらの結果によれば, Scale of 1,000 の計数回路を用いる場合に, 例えば 15,000 cpm の計数率が正しく記録されるためには, 走行速度を 20 km/h とすると, これだけの計数率を示す部分が数 10 m にわたって広がっていないからではない。Scale of 100 を使えば応答は速

くなるが, 統計的変動による誤差が増加する。また読取るべきパルスの間隔の数が多くなって, 測定結果の整理が面倒になり, またパルスの間隔がせまくなるので, 読取誤差も大きくなる。

この方式の測定器は特殊な動特性をもつが, ルーチン作業に使用するためには不便な点が多いので, 大型の検出器をもつ通常のレートメータ方式の測定器に切替えられた。

3. 岩石の露出の影響

自動車探査において測定される γ 線強度の変化を理解するうえに, 道路付近の岩石の状況, すなわち地形・岩石の風化および人工物の存在などが重要な要素となると考えられる。したがって, 岩石の露出・石垣・道路の舗装の位置が自動車の走行中に記録している。

3.1 露出の定義

今回の調査では, 道路に接している草木のほとんど生えていない崖または斜面, および道路を作るために切取られてできた崖の面を露出と定めた。原則として道路に接している崖または斜面だけを考え, 道路から離れているものは露出と認めない。道路が広く自動車が露出の存在する側と反対側を通行する場合には, 露出と検出器とはかなり離れるが, 上記の定義によつて露出と認めている。自動車の走行中に露出を判定しなければならないので, ある程度機械的にならざるをえないのである。また露出面の道路からの高さが約 50 cm 以下である場合は, 露出と認めないこととした。露出の長さについては基準を設けず, 走行する自動車上で判定できる露出はすべて記録するようにした。

この定義では比較的新鮮な岩石の露出面から風化して表土化した面までが含まれる。また露出面の広さをほとんど区別していない。深い峡谷や急傾斜の山腹に作られた道路では新鮮で広い露出が見られるが, 緩やかな丘陵地帯の道路ではほとんど風化した狭い露出が見られるにすぎない。一般に, 露出は道路の片側に存在するが, 峠

第1表 自動車探査による γ 線強度と岩石の露出の影響
Gamma ray intensity by car-borne surveys and the effect of outcrops of rock

測定地域	岩 石	測定距離 (km)	移動速度 (km/h)	測定筒数	平均値 (cpm)	分 散		
						σ (分散) (cpm)	σ (平均値) (%)	
群 馬 柄 木 (足尾付近)	花崗閃緑岩	露 出	2.0	12	54	6,000	1,070	17.9
		石 垣	0.6	"	13	5,300	570	10.4
		その他	2.1	"	40	5,100	700	17.5
鳥 取 小 鴨	黒雲母花崗岩	露 出	1.6	10	90	8,400	1,020	12.2
		その他	1.2	"	56	7,800	1,040	13.6

第2表 岩石上のγ線強度の風化による変化
Variation of the gamma ray intensity of rocks with weathering

測定地域	岩石	面積 (km ²)	測定箇數	平均値 (cpm)	分散	
					σ (分散) (cpm)	σ/ (平均値) (%)
岐阜 苗木	新鮮 風化 風化大(礫を含む) 風化大(礫を含まず)	0.04	11	159	13.1	8.2
			32	134	13.6	10.1
			34	120	19.4	16.2
			29	119	13.2	11.1
福島 石川	新鮮 風化 風化大	80	9	118	10.8	9.1
			14	123	11.3	9.2
			18	121	15.2	12.5
	新鮮 風化 風化大	閃雲花崗閃緑岩	62	88	8.4	9.6
			12	80	6.5	8.1
			17	70	11.3	16.1

検出器には直径 25 mm, 長さ 120 mm のγ線用 G.M 管を用い 5 分間計数した

や海岸の岬などの場合には、両側に露出があつたり、隧道になつていたりする。

人工的な岩石の露出として頻繁に見られるのは、石垣である。岩石の露出のよい地帯でも、崖面の崩壊を妨ぐためにしばしば設けられ、露出と石垣とが交互に現われることが多い。石垣の石材はその付近で採取されたものであることが多いと思われる。石垣の代りにコンクリート壁が作られていることもある。この場合もその骨材は付近で採取した岩石であると考えられる。コンクリート壁は石垣として記録した。

上述のような定義に従つて、露出のある部分とない部分とを分類した場合にγ線強度が露出の存在によつて変化するかどうかを、自動車探査を開始した頃の資料から⁴⁾¹²⁾、同一の種類の花崗岩が分布している2つの短い測線について調べた結果を第1表に示した^{註2)}。自動車探査では一般に露出のない地域として、田畑・人家のある平坦地を含むが、これらの例ではそのような平坦地をほとんど含んでいない。なお、鳥取県小鴨の場合は測線の付近で放射性銩物の存在が認められた。いずれの場合も露出のある場所の方がγ線強度が大きい、幾何学的な効果と風化の影響との両者の影響によると考えられる。

3.2 花崗岩質岩の風化とγ線強度

岩石が風化して表土化したものまでもとの岩石に含めると、花崗岩質岩では風化によつてγ線強度が減少することが知られている。

地表調査の資料から⁵⁾¹³⁾、風化によるγ線強度の変化の例を第2表に示す。たゞし、岐阜・苗木の場合の“風

化大”は表土化したものであるのに対して、福島・石川の場合は表土化したものを含まないから、前者の“新鮮”が後者の“新鮮および風化”に、前者の“風化”が後者の“風化大”に対応するであろうと思われる。風化の程度を明瞭に定義することが困難なので、第2表の風化の分類はほとんど原報文のままとした。

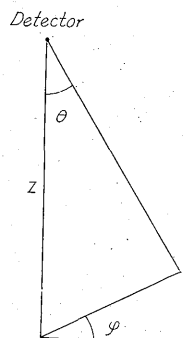
前者では“風化”は“サブ”と呼ばれる花崗岩質岩の分解物を示し、“風化大”はさらに風化して表土となつたものを示す。後者の測点はすべて露出と定義されるような場所である。今回の調査では、風化の程度を露出面の堅さや変色などで判定したが、個々の露出について記録せずある地域の傾向を知る程度に止めたので、具体的な判定の基準を設けなかつた。

3.3 幾何学的な効果

露出あるいは地形による幾何学的な効果を理解するために、簡単な計算を行なつてみよう。

γ線の減衰に関する法則を

$$(1 + \alpha \mu r) e^{-\mu r} / (4\pi r^2) \quad (12)$$



第8図 座標系
Co-ordinate system

註2) γ線強度縦断面は文献¹²⁾の第4図および文献⁴⁾の第11図に示されている。

とする¹⁴⁾。ここで、 r は点状検出器と点状放射線源間の距離、 μ および α はそれぞれ途中の媒質の吸収係数および散乱の常数である。点状検出器を原点とする第8図のような座標系 (z, θ, φ) を考え、 z 軸は地表面 (あるいは放射線源の表面) に垂直になるようにする。

地表が平面で地中に放射性物質が広く一様に分布している場合の γ 線強度 I^B は、空气中の γ 線の減衰を無視し、放射性物質の含有量 (あるいは品位) を σ 、検出器の感度に関する常数を I_0 、検出器の地表面からの高さを z_0 とすると、

$$I^B = \frac{I_0 \sigma}{4\pi} \int_0^\infty \int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} \{1 + \alpha \mu (z - z_0) \sec \theta\} \frac{e^{-\mu(z-z_0) \sec \theta}}{z^2 \sec^2 \theta} z^2 \sec^2 \theta \tan \theta dz d\theta d\varphi$$

$$= \frac{I_0 \sigma}{2\mu} \int_0^{\pi/2} (1 + \alpha) \sin \theta d\theta = I_0 \sigma (1 + \alpha) / (2\mu) \quad (13)$$

である。ここで $I_0 \sigma$ を放射能強度と呼ぶこともできる^{註3)}。

地中からの γ 線の地上の γ 線強度に対する寄与は、深さとともに急激に減少する。放射性物質が地表から厚さ d の層状の部分にのみ一様に分布している場合に、 γ 線強度 $I^{B'}$ は

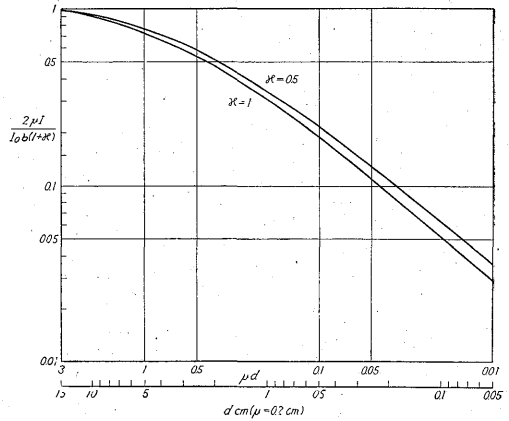
$$I^{B'} = \frac{I_0 \sigma}{4\pi} \int_d^{z_0+d} \int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} \{1 + \alpha \mu (z - z_0) \sec \theta\} \frac{e^{-\mu(z-z_0) \sec \theta}}{z^2 \sec^2 \theta} z^2 \sec^2 \theta \tan \theta dz d\theta d\varphi$$

$$= \frac{I_0 \sigma}{2\mu} \{ (1 + \alpha) - (1 + \alpha) (\mu d) E_2(\mu d) - \alpha (\mu d) E_1(\mu d) \} \quad (14)$$

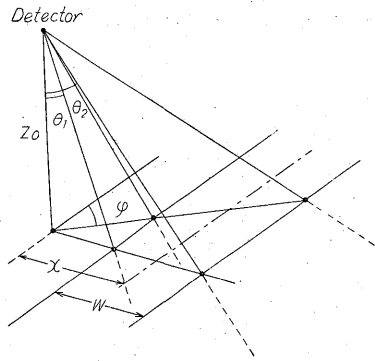
である。ここで $E_n(x)$ は指数積分である。 $\alpha=1$ および 0.5 のときの μd と $I^{B'}/I^B$ との関係を示す。 $\mu=0.2 \text{ cm}^{-1}$ とすると¹⁴⁾、厚さが 10 数 cm 以上あれば無限に厚い層と同等であつて、10 数 cm より深い部分からの γ 線の寄与はほとんどないといふことができる。

放射性物質が無限に伸びている帯状の部分に一様に分布している場合に、第10図のように地表下の部分を検出器と帯状の部分の境界線を含む面に囲まれる部分で置き換えて考えれば、簡単に γ 線強度が求められる。この置き換えは、あたかも地中の放射性物質が地表面に濃縮したかのように考えることに相当し、空中探査の場合

註3) じゆうらいの報告では放射線強度をも放射能強度と呼んでいたが、ここでは、放射線強度から幾何学的効果を補正したものを放射能強度という。すなわち、同一の測定器で測定した場合に、放射線源中の放射性物質の含有量に比例する量を放射能強度と呼ぶ。第2表のような岩石直上の γ 線強度は直ちに放射能強度とみなされる。



第9図 層状源による γ 線強度
Gamma ray intensity by layer source



第10図 無限に続く帯状線源
Infinite slab source

のように検出器が線源から離れている場合にはよい近似の仕方であると考えられる。自動車探査の場合も検出器が地表面に密接していないので、この近似法を使つてもよいと考える。

帯状の部分の幅を W 、検出器から放射線源の表面またはその延長に下した垂線 (z 軸) の足から、帯状の部分の中心線に至る距離を x とすれば、

$$I^I = \frac{I_0 \sigma}{4\pi} \int_{z_0}^\infty \int_{\cos^{-1}\left(\frac{z_0}{\sqrt{z_0^2 + (x+W/2)^2 \sec^2 \varphi}}\right)}^{\cos^{-1}\left(\frac{z_0}{\sqrt{z_0^2 + (x-W/2)^2 \sec^2 \varphi}}\right)} \{1 + \alpha \mu (z - z_0) \sec \theta\} \frac{e^{-\mu(z-z_0) \sec \theta}}{z^2 \sec^2 \theta} \times z^2 \sec^2 \theta \tan \theta dz d\theta d\varphi$$

$$= \frac{I_0 \sigma}{2\pi} (1 + \alpha) \left[\sin^{-1} \left(\frac{z_0}{\sqrt{z_0^2 + (x - W/2)^2}} \right) - \sin^{-1} \left(\frac{z_0}{\sqrt{z_0^2 + (x + W/2)^2}} \right) \right] \quad (15)$$

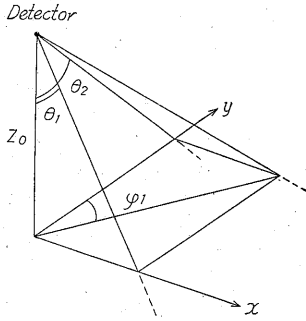
である。検出器から線源の表面またはその延長に下した垂線 (z 軸) の足から、帯状線源の表面上でその境界線

に引いた垂線がそれらと交わる点と検出器とを結ぶ直線が z 軸となす角を θ_1, θ_2 とすれば, (15)は

$$I = \frac{I_0 \sigma}{2\mu} (1 + \alpha \epsilon) (\theta_2 - \theta_1) \quad (16)$$

となる。すなわち検出器が線源を見込む最小の角に比例する。

ここで、帯状線源が無限に延びていなくても無限の場合と同等になる長さを求めてみよう。第11図のように



第11図 矩形線源
Rectangular source

表面が矩形である線源を考える。検出器から線源の表面またはその延長へ下した垂線 (z 軸) の足を原点とする直交座標系 (x, y) を取り, x, y 軸は矩形の辺に平行であるとす。矩形の相対する頂点を (x_1, y_1) および (x_2, y_2) で表わすと, 矩形線源による γ 線強度 $I^S(x_1, y_1; x_2, y_2)$ は, 前に述べた近似法が使える場合には, 次のように分解される。

$$\begin{aligned} I^S(x_1, y_1; x_2, y_2) &= I^S(x_1, y_1; 0, 0) + I^S(x_2, y_2; 0, 0) \\ &\quad + I^S(x_2, y_1; 0, 0) + I^S(x_1, y_2; 0, 0) \end{aligned} \quad (17)$$

したがって, x および y 軸を2辺とする矩形について計算すればよい。原点以外の x 軸および y 軸上の矩形の頂点と検出器を結ぶ直線と z 軸となす角をそれぞれ θ_1 および θ_2 , 対角線と y 軸となす角を ϕ_1 とすれば,

$$\begin{aligned} I^S(x, y; 0, 0) &= \frac{I_0 \sigma}{2\pi} (1 + \alpha \epsilon) \{ \theta_1 - \theta_2 - \sin^{-1}(\sin \theta_1 \cdot \sin \phi_1) \\ &\quad + \sin^{-1}(\sin \theta_2 \cdot \cos \phi_1) - \theta_2 \} \end{aligned} \quad (18)$$

ただし

$$\tan \theta_2 = \tan \theta_1 \cot \phi_1 \quad (19)$$

である。

検出器が矩形線源の中心の垂直上方にある場合だけを計算する場合には(18)式だけを使えばよい。無限に長い線源による γ 線強度の90%の強度を与える同じ幅の矩形線源は, 無限に長いものと同等であると考え, 線源の長さ l は ϕ_1 によつて表わされ, ϕ_1 は θ_1 が大きくなるとともに大きくなるが, ほとんど一定で $\phi_1 = 6^\circ$ のと

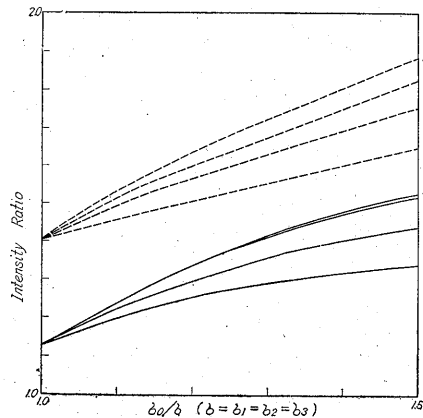
き $I^B = 0.9 I^S$ である。そして

$$l = W \cot \phi_1 = 9.5 W \quad (20)$$

となる。

露出が一定の断面で無限に長いとみなされる程度に続いている場合に, (14)式によつて幾何学的な効果を近似的に評価することができる。種々な型の断面についての計算式を第3表にまとめた。この表ではすべての場合をつくしていないが, 角の計算だけであるから, 表にない場合も容易に求められる。この表で, σ_0 および σ_0' は露出面の放射能強度に, σ_1 は道路面の放射能強度に, σ_2 および σ_3 などはその他の地表面の放射能強度に比例する量である。

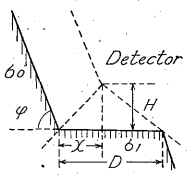
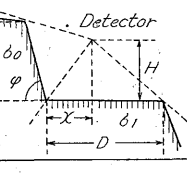
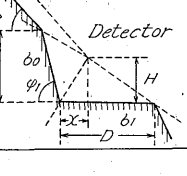
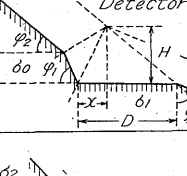
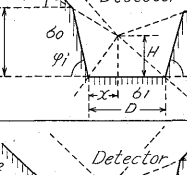
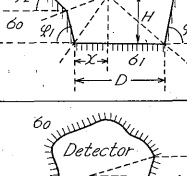
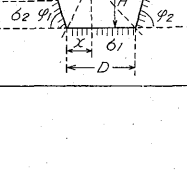
露出面の広さの影響の1例として, 第3表のA型とD型による γ 線強度を比較する。簡単のために, A型では $\phi = \pi/2$, D型では $\phi_1 = \phi_3 = \pi/2$, $\phi_2 = 20^\circ$ とし, $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma$ とする。検出器は2個あつて, 道路の端からの距離 $x = 0.5$ および 1.5 m, 高さはいずれも $H = 1.5$ m, 道路の幅 $D = 3$ m, D型の場合に露出面の高さ $W = 1.5, 1.0$ および 0.5 m とする。また, 露出面と道路およびその他の地表面との放射能強度の比 $\sigma_0/\sigma = 1.5$ ないし 1.0 とする。計算の結果は第12図に示されている。



第12図 広い露出による γ 線強度との比
Ratio of intensity by large outcrop to intensity by small outcrop

点線は σ_3 が無視できる場合, すなわち道路の片側が崖になっている場合である。 $\sigma_0/\sigma = 1$ の場合は幾何学的な効果だけを示し, この場合でも強度比は 1.14 および 1.40 である。さらに平坦地における強度 I^B と比較するとこれらの比はもつと大きくなる。道路によつてはA型の露出とD型の露出とが交互に存在する場合があり, A型の方が新鮮な露出面を示すことが多いので, このような道路の状況の変化によつて γ 線強度の増加, すなわち見掛けの異常が現われる可能性が理解される。

第 3 表 露出の断面と γ 線強度
Typical outcrop sections and gamma ray intensities

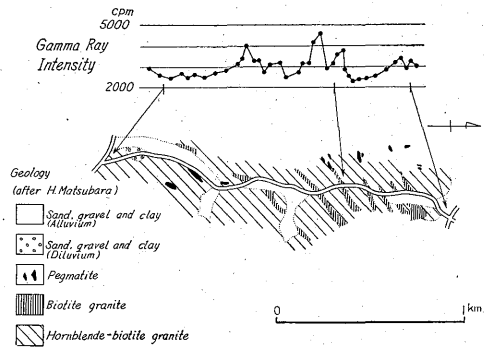
Section	Intensity $((2\mu I)/\{b_0(1+\mathcal{K})\})$
	$b_0\{\varphi + \tan^{-1}(\frac{X}{b_0})\} + b_1\{\tan^{-1}(\frac{X}{b_1}) + \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\}$ $b_0 = b_1 = b$ $b\{\varphi + \frac{\pi}{2} + \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\}$
	$b_0\{\tan^{-1}(\frac{W-H}{X+W\cot\varphi}) + \tan^{-1}(\frac{H}{X})\} + b_1\{\tan^{-1}(\frac{X}{b_1}) + \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\}$ $b_0 = b_1 = b$ $b\{\tan^{-1}(\frac{W-H}{X+W\cot\varphi}) + \frac{\pi}{2} + \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\}$
	$b_0\{\tan^{-1}(\frac{W-H}{X+W\cot\varphi_1}) + \tan^{-1}(\frac{H}{X})\}$ $+ b_1\{\tan^{-1}(\frac{X}{b_1}) + \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\} + b_2\{\varphi_2 - \tan^{-1}(\frac{W-H}{X+W\cot\varphi_1})\}$ $b_0 = b_1 = b_2 = b$ $b\{\varphi_2 + \frac{\pi}{2} + \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\}$
	$b_0\{\tan^{-1}(\frac{H}{X}) - \tan^{-1}(\frac{H-W}{X+W\cot\varphi_1})\}$ $+ b_1\{\tan^{-1}(\frac{X}{b_1}) + \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\} + b_2\{\varphi_2 + \tan^{-1}(\frac{H-W}{X+W\cot\varphi_1})\} + b_3\{\varphi_3 - \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\}$ $b_0 = b_1 = b_2 = b_3 = b$ $b(\varphi_2 + \frac{\pi}{2} + \varphi_3)$
	$b_0\{\tan^{-1}(\frac{W-H}{X+W\cot\varphi}) + \tan^{-1}(\frac{H}{X})\} + b_0'\{\tan^{-1}(\frac{W'-H}{D-X+W\cot\varphi_3}) + \tan^{-1}(\frac{H}{D-X})\}$ $+ b_1\{\tan^{-1}(\frac{X}{b_1}) + \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\} + b_2\{\varphi_2 - \tan^{-1}(\frac{W-H}{X+W\cot\varphi})\}$ $b_0 = b_0' = b_1 = b_2 = b$ $b\{\varphi_2 + \pi + \tan^{-1}(\frac{W'-H}{D-X+W\cot\varphi_3})\}$
	$b_0\{\tan^{-1}(\frac{H}{X}) - \tan^{-1}(\frac{H-W}{X+W\cot\varphi_1})\} + b_0'\{\tan^{-1}(\frac{W'-H}{D-X+W\cot\varphi_3}) + \tan^{-1}(\frac{H}{D-X})\}$ $+ b_1\{\tan^{-1}(\frac{X}{b_1}) + \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\} + b_2\{\varphi_2 + \tan^{-1}(\frac{H-W}{X+W\cot\varphi_1})\} + b_2'\{\varphi_2 + \tan^{-1}(\frac{W'-H}{D-X+W\cot\varphi_3})\}$ $b_0 = b_0' = b_1 = b_2 = b_2' = b$ $b(\varphi_2 + \pi + \varphi_4)$
	$b_0\{\pi + \tan^{-1}(\frac{H-W}{X+W\cot\varphi_1}) - \tan^{-1}(\frac{W-H}{D-X+W\cot\varphi_3})\}$ $+ b_1\{\tan^{-1}(\frac{X}{b_1}) + \tan^{-1}(\frac{D-X}{H})\} + b_2\{\tan^{-1}(\frac{H}{X}) - \tan^{-1}(\frac{H-W}{X+W\cot\varphi_1})\}$ $+ b_2'\{\tan^{-1}(\frac{W'-H}{D-X+W\cot\varphi_3}) + \tan^{-1}(\frac{H}{D-X})\}$ $b_0 = b_1 = b_2 = b_2' = b \quad 2\pi b$

幾何学的効果による γ 線強度増加は、両側に広い露出がある場合および隧道の場合に著しい。しかし、これらの場合は、走行中の他の型の露出と容易に区別して記録されるので、 γ 線強度の変化が容易に解釈できる。

このように露出の型や広さによつて γ 線強度が変化するけれども、自動車の走行中に露出の型を分類して逐次記録することは特殊な場合を除いて不可能である。 $1/50,000$ 地形図から、1つの谷に沿つた道路全体についての傾向を読み取ることは容易であるが、個々の γ 線強度変化の解釈に役立つ程度に露出状況を知ることは不可能である。また風化による放射能強度の減少を定量的に予想することもできない。したがつて、注目すべき γ 線強度の変化を観測した場合には、自動車を停止して簡単な地表調査を行なうこと、岩石試料を採取して各種の測定を行なうことが、測定結果の解釈上重要となる。

3.4 露出がない地域の γ 線強度

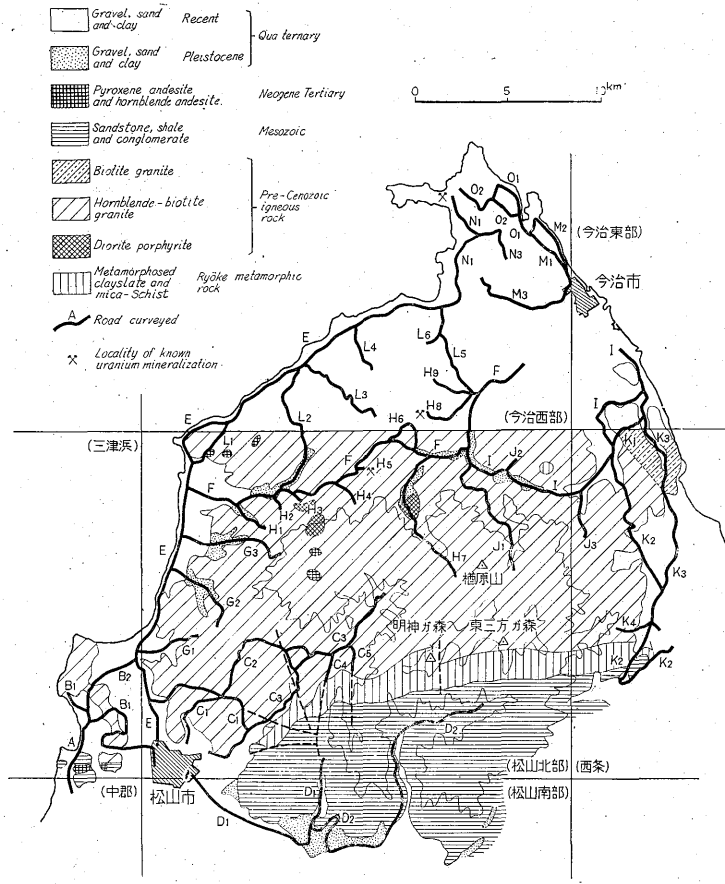
露出がない地域でも岩石の放射能強度の変化による γ 線強度の変化が明瞭に認められることがある。その著し



第13図 自動車探査による γ 線強度と地質
Gamma ray intensity by car-borne survey and geology.

い例は、福島県石川地区で試験的に自動車探査を行なつたさい観測された。測定結果と地質調査の結果⁹⁾とを比較すると、第13図に示すように、閃雲花崗閃緑岩中に岩脈状に貫入している黒雲母花崗岩の存在を表わしていると考えられる。

沖積層や洪積層の地域の γ 線強度が、付近の山岳地帯



第14図 高縄半島地域測線図および地質図
Geologic map of Takanawa peninsula and route of car-borne survey

に広く露出している岩石の放射能強度を反映している場合が多いことは、従来の調査結果に示されている。

4. 高縄半島における自動車放射能探査

従来実施されている方法²⁾で、愛媛県高縄半島の自動車探査を行なった。高縄半島のほとんど全部を覆う花崗岩質岩の放射能強度分布の測定を目的としたが、和泉砂岩層の一部も測定した。

4.1 地形・地質および鉱床

高縄半島の根幹部は最高高度 1,200 m 余に達する山脈がほぼ東西に走り、中南部は急峻な山岳地帯であるが、周辺部、とくに北半部は緩やかな丘陵地帯である。

半島根幹部の山脈の北側、すなわち高縄半島の大部分は花崗岩質岩が露出している。また南斜面には花崗岩質岩に接して傾家変成岩類が帯状に露出し、さらにその南には和泉砂岩層が続いている。花崗岩質岩は、北東部は黒雲母花崗岩で、閃雲花崗岩に漸移し、西岸では閃雲花崗岩は斑状を呈している。半島全体にわたり、とくに西部においてペグマタイト、アプライトなどの岩脈が発達している。また、一部には閃緑玢岩が露出し、南西部には輝石安山岩が噴出している。

調査地域の地質図を第 14 図に示す。この地質図は $1/200,000$ 松山図幅¹⁾を主とし、 $1/75,000$ 新居浜図幅²⁾などを参照してまとめた。

この半島には、従来金属鉱脈で稼行されたものはなかつたようである。ペグマタイト中の長珪石は窯業原料として各所で小規模に採掘され、放射性鉱物の産地として古くから有名な波方村波方鉱山および北条町立岩鉱山が従来から知られている。このほか、玉川村御厩付近のペグマタイト中に、それより後記のものと思われるウランの鉱染が認められている。

4.2 調査方法

調査地域は、 $1/50,000$ 地形図で今治東部・今治西部・西

条・松山北部・三津浜・松山南部・郡中の 7 葉にわたり面積約 740 km² である。平坦地では幹線道路の他は測定を省略し、山岳地帯の道路についてできる限り測定するように努めたが、期間の都合で約 20 % は調査できなかったと思われる。測線延長 388 km で、第 14 図に示すように測線番号を付した。測線番号は実際の測定順序とは無関係に、 γ 線強度縦断面図が見易いように、調査後編集したものである。

測定中の自動車の速度は、20 km/h とした。距離計による 200 m ごとのマークから実測した速度の頻度分布を第 15 図に示す。露出がない場所では最高の頻度を示す速度が 20 km/h よりやや大きくなっている。

今回の調査では γ 線強度の増加は、ほとんどペグマタイト・アプライトなどの岩脈の存在や、広い新鮮な露出面によると考えられたので、強度増加地点付近の細かい測定は実施しなかつた。しかし、 γ 線強度の大小に無関係にかなり多くの岩石試料を採取した。

測定結果は測線別に $1/10,000$ γ 線強度縦断面図として整理し、それに基づいて $1/50,000$ 強度分布図を作製した。ただし、隧道や道路の両側に存在する露出による γ 線強度の増加は省略した。この分布図は第 16 図として添付されている。

4.3 測線ごとの測定結果

ここで、各測線について露出の状況と測定結果を簡単に記述する。第 3 表の A 型あるいは B 型のような広い露出面が続いている場合に露出が良好であるとする。また計数値は露出が連続的に存在する地域の値だけを記す。 γ 線強度の増加として注目する限界は、全地域の計数値から、13,000 cpm 以上と決めた。

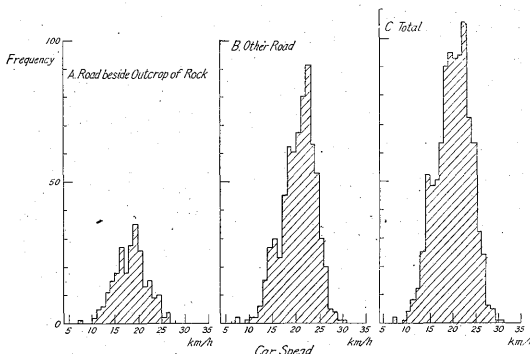
A: 松山市南吉田一三津浜(三津浜・中野) 14.58 km 海岸の平坦地で、主として器械および自動車の調整・試験のため走行した。

B グループの測線は松山市北西部の閃雲花崗岩の地域の測定を目的とした。

B₁: 松山市国鉄松山駅前一新苜屋(松山南部・三津浜) 14.58 km 一般に平坦地であるが、まれに風化した大きな切取面があり、このような露出のある所では γ 線強度が 10,000 cpm を超すこともある。

B₂: 松山市梅津寺一和気(三津浜) 6.04 km 石風呂から太山寺へ越える時には両側に露出があり、見掛け上の γ 線強度のピークを示している。梅津寺の小学校付近の γ 線強度のピークも同様な見掛け上のものである。そのほか露出はほとんど見られないが、露出のある所での γ 線強度は 10,000 cpm に近い値を示す。

C グループの測線は松山市東部の石手川流域およびその周辺の閃雲花崗岩の地域の測定を目的とした。



第 15 図 自動車の速度の頻度分布
Frequency distribution of car speed

C₁: 松山市道後一祝谷(松山北部) 11.30 km 露出は所々に見られるが良好なものは少なく、 γ 線強度は10,000 cpm に近い。

C₂: 松山市山ノ下一米野々(松山北部) 24.27 km 新田付近まで C₁ 測線とはほぼ同じ状況であるが、石手川の流域では広い切取面が見られる。露出地域の γ 線強度は10,000 cpm を超す場合もあり、藤野々一河中間では15,000 cpm に達する。東川部付近は領家変成岩類であるが、 γ 線強度の変化は見られない。

C₃: 松山市新田一市之井手(松山北部) 6.69 km 新田から下菅谷付近まで露出良好で、 γ 線強度が10,000 cpm を超す場所も多く、宿野々付近に13,000 cpm を超える γ 線強度が2カ所で認められた。

C₄: 松山市藤野々一青波(松山北部) 2.37 km この測線では露出はよくない。藤野々付近の露出のない場所では15,000 cpm に近い γ 線強度の増加が認められたのは、道路付近に放置されたペグマタイトの礫によると思われる。

C₅: 松山市河中一福見川(松山北部) 3.21 km 露出はよくない。露出のある場所では γ 線強度が10,000 cpm を超す部分もある。

Dグループの測線は和泉砂岩層の測定を目的とした。

D₁: 松山市二番丁一小野村小野峠(松山北部・松山南部) 15.99 km 小野峠に至る林道を入つたが、露出は見られなかつた。

D₂: 小野村北梅本一北吉井村木地(松山北部・松山南部) 18.54 km 重信川を約12 km 遡つたが、道路工事中でほとんど河原のなかを走行したため近接した露出がなかつた。木地部落を過ぎた所で、広い露出があり、 γ 線強度は7,000 cpm 程度であつた。

E: 松山市山越一大西村脇裾(松山北部・三津浜・今治西部) 42.54 km 高縄半島西岸を通り松山市と今治市とを連絡する主要道路であるが、閃雲花崗岩の広い切取面が一部で見られる。これらの露出面でも γ 線強度は7,000 cpm 程度であつて、数カ所に両側に露出のある場所があり、見掛け上の γ 線強度のピークを示す。

F: 北条町一日高村高橋(今治西部・松山北部) 27.98 km 山間部を通つて松山市と今治市とを連絡する主要道路で、僅かに北条町山神から玉川村原田・小川へ至る地域に風化したやゝ大きな閃雲花崗岩の露出が散在する。この地域で γ 線強度は7,000 cpm 程度である。

Gグループの測線は松山市から北条町に至る間の支線で、閃雲花崗岩の測定を目的としている。

G₁: 松山市山越一大栗(松山北部・三津浜) 5.18 km 露出は良好でないが、 γ 線強度は10,000 cpm に近い。

G₂: 北条町久保一長井方(松山北部) 4.02 km 露出は良好でないが、 γ 線強度は10,000 cpm に近い。

G₃: 北条町柳谷一國谷(松山北部) 9.27 km 横谷より奥は露出はかなり良いが、新鮮な岩石はあまり見られない。 γ 線強度は10,000 cpm を超す部分もある。

Hグループの測線はF測線の支線で、閃雲花崗岩の測定を目的としている。

H₁: 北条町寺本一院内(松山北部) 2.83 km 露出は良好でなく、 γ 線強度は8,000 cpm 程度である。

H₂: 北条町才之原一猪本(松山北部) 2.83 km 露出は良好でなく、 γ 線強度は8,000 cpm 程度である。

H₃: 北条町猿川一本村(松山北部) 0.75 km 露出はほとんどない。

H₄: 北条町米野々一原(松山北部) 1.94 km 露出はほとんどない。

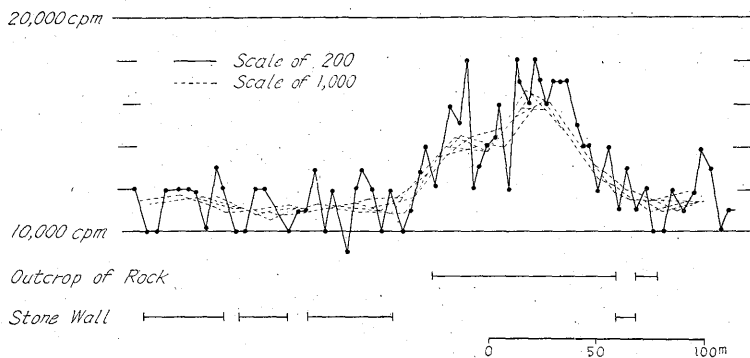
H₅: 北条町庄府一立岩鉾山下(松山北部) 1.49 km 露出は良好でなく、 γ 線強度7,000 cpm 程度である。立岩鉾山は道路より約10 m 高い場所にあつて、自動車探査による異常は認められない。長珪石を稼行したさいの礫の一部を、 γ 線の波高分析によつて分析した結果では、U、Thとも0.05%を含有していた。調査当時、四国ウラン K.K. が補助金による探鉱鉾道を掘進中であつたが、鉾体には達していなかつた。

H₆: 玉川村小川一原田(松山北部・今治西部) 4.53 km 葛谷から原田に至る間は新しく作られた道路で、かなり広い露出があるが、新鮮な岩石は見られない。 γ 線強度は8,000 cpm 程度である。

H₇: 玉川村影野一木地(松山北部) 8.26 km 蒼社川に沿つた林道で、木地より奥は露出良好であり、新鮮な岩石も見られる。力石付近は閃緑瑤岩で、それと閃雲花崗岩との接触部付近は γ 線強度がやゝ増加する。閃雲花崗岩の地域の γ 線強度は高く、10,000 cpm を超える部分もかなりある。13,000 cpm 以上に達する γ 線強度の増加も、隧道による見掛け上のピーク以外に、 γ 線強度で見られる。露出がなく石垣がある部分でも、13,000 cpm 近くに達する所がある。たゞこの γ 線強度のピークは石垣自身によるか、道路の敷石あるいはその他の原因によるものかは、確かめなかつた。

H₈: 玉川村桂一御厩(今治西部) 4.22 km 露出は良好でないが、玉川鉾山の付近まで自動車を入れたところ、10,000 cpm を超す γ 線強度が観測された。この付近も露出は良好でなく、かつ風化している。この付近の岩石はペグマタイト質である。

玉川鉾山は脈幅最大20 m 程度のペグマタイトからなり、往時長珪石を稼行したことがある。石英脈中の細隙を充填して赤褐色の放射性的部分が存在し、ペグマタイト



第 17 図 玉川村竹が成付近の γ 線強度分布
Distribution of gamma ray intensity at Takeganari, Tamagawa village

トより後期のウランの鉱染ではないかと思われる註4)。

H₉: 玉川村榎木一鍋地(今治西部) 3.04 km 露出はほとんどない。

I: 玉川村長谷一桜井町姫池(松山北部・西条・今治東部) 26.32 km 今治市と半島山間部とを連絡する主要道路の1つで、玉川村から朝倉村へ越えるサヤノ峠付近以外に露出はほとんどなく、峠付近でも新鮮な岩石は見られないが、 γ 線強度は 10,000 cpm を超す部分もかなりある。

JグループはI測線の支線で閃雲花崗岩の測定を目的としている。

J₁: 玉川村大下一上木地(松山北部) 11.31 km 玉川に沿う林道であつて、露出は良好で、新鮮な岩石も見られる。 γ 線強度は一般に高く、13,000 cpm を超える部分が約4カ所ある。そのうち 18,000 cpm に達する著しい強度の増加を示す場所が2つあり、測線の終点付近の強度増加はアプライト岩脈に対応し、竹が成付近の強度増加は閃長岩岩脈によるものではないかと思われる。竹が成付近の異常を scale of 100 で測定し、200 counts ごとに計数率を求めて scale of 1,000 の場合と比較した結果を第17図に示す。このように応答速度を速くして測定しても、とくに γ 線強度の高い部分は認められなかつた。

J₂: 玉川村日之浦一奈良木(松山北部) 1.39 km 露出はなかつた。

J₃: 朝倉村浅地一三芳町黒谷(西条) 4.21 km 露出はどちらかといえば良好な方で、露出のある地帯の γ 線強度はほとんど 10,000 cpm を超えている。16,000 cpm に達する γ 線強度の増加も1カ所で認められる。

Kグループの測線は半島東部の平坦地を走行する測線およびこの地域とI測線とを連絡する測線で、閃雲花崗

岩および黒雲母花崗岩の測定を目的としている。ただし黒雲母花崗岩の地域には良好な露出がない。

K₁: 桜井町郷桜井一朝倉村朝倉南(今治東部・西条) 4.56 km 桜井町および朝倉村付近にやや風化した露出があり、 γ 線強度は 10,000 cpm を超した。

K₂: 朝倉村太之原一丹原町(西条) 27.52 km 山越から水谷に至る間は露出良好で、とくに椎ノ木越以南には広い露出が連続している。この地域の γ 線強度は 13,000 cpm 近くに達し、13,000 cpm を超える部分も約4カ所ある。このうち1カ所は 18,000 cpm を超す2つのピークが接している。この γ 線強度の著しい増加に対応するような岩脈、あるいはその他の露出面における特徴は認められなかつた。

また丹原町西ノ口付近に和泉砂岩層の露出があり、7,000 cpm 程度の γ 線強度を示している。

K₃: 三芳町石延一桜井町郷桜井(西条・今治東部) 11.77 km 桜井町孫兵衛作付近に露出があり、 γ 線強度は 10,000 cpm に近い。

K₄: 三芳町古田一興隆寺林道 林道で露出が続いているが、あまり良好でない。10,000 cpm 前後の γ 線強度を示している。13,000 cpm 以上の γ 線強度を示す部分はアプライト状岩脈に対応するものと思われる。

Lグループの測線は北条町東部のE測線の支線で、閃雲花崗岩の測定を目的としている。

L₁: 北条町浅海原一石風呂(今治西部・松山北部) 4.35 km 鴻坂峠より石風呂へ下る部分はかなり露出がよいが、旧道のため風化が進行している。 γ 線強度はかなり高く 10,000 cpm を超える。

L₂: 北条町尾儀原一菊間町菊間(松山北部・今治西部) 10.66 km 北条町から菊間町へ越す峠付近も露出はあまり良好でなく、 γ 線強度は 7,000 cpm 程度である。

L₃: 菊間町菊間一河之内(今治西部) 9.00 km 松尾より奥は多少良好な露出があるが、 γ 線強度は 7,000

註4) 愛媛大学宮久三千年(本所調査員)によつて調査が行なわれている。

cpm 程度で、一部に 10,000 cpm に近い強度を示す部分もある。

L₄: 菊間町種一東山(今治西部) 2.52 km 露出はほとんどない。

L₅: 玉川村大西一大西村脇裾(今治西部) 6.88 km 玉川村から大西村へ越える峠付近に露出があるが、良好でなく、 γ 線強度は 7,000 cpm 程度である。峠では露出が両側にあるため見掛け上の γ 線強度のピークを示している。

L₆: 大西村間所一衣笠(今治西部) 1.15 km 良好な露出はないが、露出のある部分の γ 線強度は 7,000cpm 程度である。

Mグループの測線は半島北端部の南岸を通る測線で、黒雲母花崗岩の測定を目的としている。

M₁: 今治市大新田一波止浜(今治西部) 5.00 km 露出はほとんどない。

M₂: 今治市波止浜一大新田(大浜経由)(今治西部) 4.06 km 大浜付近の海岸には露出の良好な部分があるが、 γ 線強度は 7,000 cpm 程度である。

M₃: 今治市日吉一宅間(今治西部) 7.26 km 露出はない。

Nグループの測線は半島北端部およびその西部を通る測線である。

N₁: 大西村宮脇一波方村谷(今治西部) 6.44 km 露出はほとんどない。

N₂: 波方村杣田(今治西部) 2.33 km 道路欠損のため折り返した地点付近から南方では露出があるが、あまり良好でなく、かつ風化している。 γ 線強度は露出のある部分でも 7,000 cpm 程度である。

N₃: 波方村荒屋敷一馬丁瀧(今治西部) 2.75 km 露出はほとんどない。馬丁瀧にはペグマタイト中の放射性鉍物の産地として知られている波方鉍山があるが、自動車は入らない。

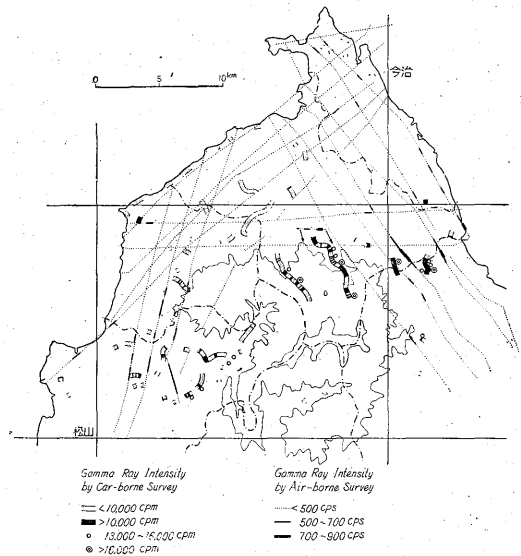
波方鉍山は往時長珪石を採掘し、四国ウラン K.K. が補助金によつて探鉱坑道を掘きくしたこともあるが、海面下のため水没している。同様なペグマタイトは馬丁瀧の沿岸の各所に見られる。

N₄: 今治市高部一波方村森上(今治西部) 8.90 km 一部に γ 線強度が良好な露出があるが、風化が進行している。 γ 線強度は 8,000 cpm 程度である。

N₅: 波方村波方一今治市波止浜(今治西部) 2.14 km 露出は良好でなく、露出のある部分でも γ 線強度は 7,000 cpm 程度である。

4.4 自動車探査による放射能強度分布

測定結果を概観するために、露出がある程度連続している部分を選び、それらの部分の γ 線強度を第18図



第18図 自動車探査による岩石露出地域の γ 線強度分布と空中探査による γ 線強度分布
Distribution of gamma ray intensity along road cutting by car-borne and air-borne surveys

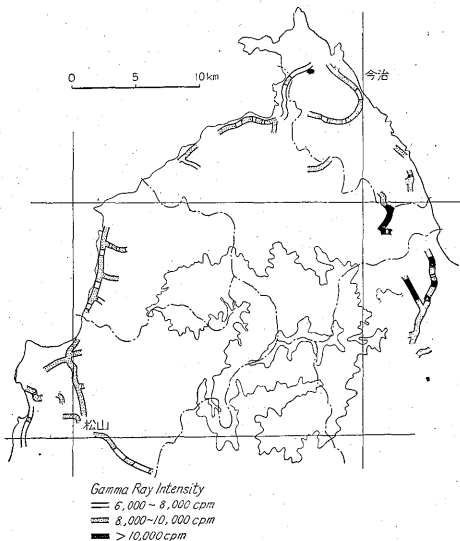
に示した。簡単のために、 γ 線強度を 10,000 cpm 以下および以上に分類し、13,000 cpm 以上の γ 線強度を示す区間の距離は短いので、記号で位置を示した。

第18図によれば、半島東部および南部に γ 線強度の高い場所が多い。これらの地域の測線では、一般に露出が良好であるが、 γ 線強度の変化を調べると必ずしも露出状況に対応しているとは限らないので、半島東部および南部では花崗岩質岩の放射能強度が強いと考えられる。すなわち、H₁, J₁, J₂ および K₁ などの測線を含む地域が放射能強度がとくに強い。半島西岸部の、E測線の北部、F測線の西部、Gグループの測線の北部、Jグループの測線の西部、およびLグループの測線などを含む地域では、露出のよい場所もあるが一般に γ 線強度が低く、この地域の花崗岩質岩は放射能強度が弱いと考えられる。Cグループの測線およびGグループの測線の南部などを含む地域の花崗岩質岩は、同様な考察から、放射能強度が強いと考えられる。半島東岸の K₂ 測線や M₁ および Nグループの測線では露出が悪いので、この地域の花崗岩質岩は放射能強度が強い可能性が多い。

自動車探査と同時期に実施された空中放射能探査の結果¹⁰⁾によると、第18図に併記されているように K₂ 測線やMグループの測線の付近でも γ 線強度が高く、この地域の花崗岩質岩は放射能強度が強いが、露出が悪いために自動車探査による γ 線強度が低いのであると思われる。その他の地域では、自動車探査による γ 線強度の分布と空中探査による γ 線強度の分布とは大体一致してい

る。

したがって、高縄半島の花崗岩質岩では、黒雲母花崗岩と閃雲花崗岩のうち黒雲母花崗岩および領家変成岩に近い部分の放射能強度が高いといえる。半島南部の中央部の急峻な山岳地帯については、自動車探査によっても空中探査によっても測定されていない。



第19図 平坦地上の γ 線強度分布
Distribution of gamma ray intensity on flat plane

逆に、平坦地の沖積層上の γ 線強度だけを、第19図に示した。この γ 線強度分布は、岩石の露出が連続している地域の γ 線強度分布ならびにそれから得られた結論を反映していると考えられる。ここで、 γ 線強度の高いKグループの測線のうちで10,000 cpm以上を示すとくに高い部分が、部落のある位置に対応することが注目される。平坦地上の γ 線強度を2.1に示した換算率で照射線量率に直してみると、最低60 mr/yr、最高100 mr/yrとなる。この換算は厳密なものではないが、放射能強度の強い花崗岩質岩の分布する地帯では、天然の γ 線による放射線量はその世界的平均といわれている70 mr/yrより高い場合がかなりあると思われる。

今回の調査で、狭い範囲の γ 線強度の増加が相当多くの場所で認められたけれども、いずれもペグマタイト・アブライトあるいは閃長岩などの岩脈の存在や露出状況の変化に対応する強度の変化と考えられ、ウラン鉱床と直接対応するような γ 線強度の増加は発見されなかった。

他の地域において行われた自動車放射能探査の結果と対照して、それらの地域に分布する花崗岩質岩の放射能強度と比較することは、これまで述べてきたことから理解されるように、かなり困難を伴う。しかし、 $1/50,000$

強度分布図や報告書によつて比較すると、高縄半島の花崗岩質岩は岡山県南部地域⁹⁾の花崗岩質岩とはほぼ同程度の放射能強度を示し、島根県東部地域⁹⁾の花崗岩質岩よりは低い放射能強度を示し、中国・四国地方全体として放射能強度の低い方に属すると思われる。

5. 結 語

高縄半島に分布する花崗岩質岩の放射能強度分布を調査するため、自動車放射能探査を行なった。自動車探査による γ 線強度を解釈するうえに、岩石の露出状況が重要であると考えられるので、探査実施中に露出として記録される場合を具体的に定め、岩石の風化の影響や露出面の幾何学的効果について検討した。自動車の走行中に風化の程度や露出面の広さなどを記録することは困難であるから、個々の γ 線強度の変化を補正することはほとんど不可能である。

自動車探査によつて、高縄半島の花崗岩質岩では、黒雲母花崗岩および閃雲花崗岩のうち、黒雲母花崗岩および領家変成岩に近い部分の放射能強度が高いことが認められた。ウラン鉱床と直接対応するような γ 線強度の増加は発見されなかった。

(昭和32年11~12月調査)

文 献

- 1) 地質調査所：20万分の1松山図幅、地質部編図課編纂、1957
- 2) 地質調査所：7万5千分の1新居浜図幅および説明書、佐藤戈止調査、1938
- 3) 堀川義夫：島根県東部地域および西部地域自動車放射能探査報告、地質調査所月報、Vol. 10, No. 1, 1959
- 4) 岩崎章二・佐野浚一・小尾中丸・氏家明：自動車放射能探査について、地質調査所月報 Vol. 8, No. 12, 1957
- 5) 岩崎章二・金井光明：福島県石川町周辺地区放射能探査報告、地質調査所月報、Vol. 8 No. 5, 1957
- 6) 金子徹一・氏家明・堀川義夫・中井順二：自動車放射能探査、物理探鉱、Vol. 10, No. 3, 1957
- 7) 金子徹一・氏家明・堀川義夫・安齊俊男：岡山県北部地域自動車放射能探査報告、地質調査所月報、Vol. 9, No. 1, 1958
- 8) 松原秀樹：福島県石川町附近のペグマタイト調査報告、地質調査所月報、Vol. 7, No. 8, 1956
- 9) 中井順二・村岡誠・小林創：岡山県南部地域自動車放射能探査報告、地質調査所月報、Vol. 9, No. 1, 1958
- 10) 佐野浚一：探査用シンチレーション・カウンターについて、物理探鉱、Vol. 9, No. 1,

- 1956
- 11) 佐野浚一：野外用放射線測定器，物理探鉱，Vol. 10, No. 3, 1957
- 12) 佐野浚一：栃木県足尾鉾山放射能探査報告，地質調査所月報，Vol. 8, No. 7, 1957
- 13) 佐野浚一・畑瀬安彦：岐阜県苗木地区放射能探査報告，地質調査所月報，Vol. 7, No. 1, 1956
- 14) 佐野浚一：野外における自然ガンマ線強度分布の解析について，第3回原子力シンポジウム報文集，1959
- 15) 佐藤光之助・岩崎章二・佐野浚一：岡山県南部地域および鳥取県中部地域空中放射能探査報告，地質調査所月報，Vol. 7, No. 10, 1956
- 16) 杉山友紀・駒井二郎：広島県南部および愛媛県高縄半島空中放射能探査報告，地質調査所月報，Vol. 10, No. 1, 1959