

## (2) 自然放射能による裂か地下水の探査に関する研究

落合敏郎・木村重彦・朝倉金作・川崎宏直

農林省農業土木試験場

Study on Detection Method of Fissure Groundwater by Use of Natural Radioactivity.

By

T. Ochiai, S. Kimura, K. Asakura and H. Kawasaki.

*Agricultural Engineering Research Station, Hiratsuka.*

### Summary

It is necessary to detect the groundwater existing in the rock fissure for the development of irrigation water resources on sloping land.

The study of groundwater existing in the rock fissure has been carried out since 1954 by the use of natural radioactivity. It was clarified that much fissure groundwater exists in the fault fractured zone. It was also clarified that the natural radioisotopes were concentrated more on the fractured zone in the upper part of fault and that the intensity of the natural radioactivity increased up to 1.3 to 2.0 times in the upper section than on the non-fractured zone. Accordingly, the groundwater veins can be surveyed by measuring the natural radioactivity in rock faults.

For the detection of groundwater, a running car with a recorder was used. The total value of the scintillation counter showed the existence of groundwater in the area. Mountain foot of Fuji-Hakone and Ashitaka, Yabuki Plateau, Hatano Basin, etc. were surveyed by using this method. Deep wells dug in strongly radioactive areas yielded more pumped water than in areas with less radioactivity. There is an exponentially increasing relationship between the permeability coefficient and the intensity of the natural radioactivity, so that it became possible to assume the permeability in the deep layer of the ground by using the intensity of natural radioactivity.

The authors then tentatively made on apparatus for measuring the  $\gamma$ -rays in energy rising from the ground surface with the automatic removal of the cosmic rays. The upper part of the detector used for the measurement on the ground surface is covered, for the purpose of preventing it from the influence of radioisotopes from the ground surface.

The output of  $\gamma$ -rays in the given energy range is self-recorded by automatically subtracting the counter measurement of cosmic rays with the some energy. Measured energy of  $\gamma$ -rays on the ground surface is divided into 5 channels and the output of the 5 channels can be recorded continuously. The

block diagram of the measurement system is shown in Fig. 1. This new apparatus and the 3-probe measuring apparatus which had been developed some time before were used simultaneously, and then the comparison and investigation of the two apparatuses were carried out. Investigation of the detection method of the new apparatus was also carried out. The experimental sites were Taradake, Kazusa and Minami Arima in Nagasaki Pref.

Being located in sloping land at the foot of volcanoes, those areas suffer from water deficit very much. Considerable damage to orange is also caused by severe drought. From the experiment, it was clarified that there was a close relationship between pumped water of 22 wells dug at the time of drought and the natural radioactivity. The well in the area with an increased natural radioactivity showed the maximum value in the pumped water and got about 5 times as compared with the well where the natural radioactivity did not increase.

Through the comparison of the new and the old apparatuses, it was clarified that the new one is easier to handle and more correct to judge the location of groundwater veins by inspecting the curves of radioactivity.

Accordingly, the authors confirm that the fissure water of rocky area would be exactly surveyed and then the utilization of groundwater would be developed by using such a new detection method.

## 目

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1. ま え が き .....             | 84 |
| 2. 自然放射能による地下水探査法の研究経過 ..... | 84 |
| 3. 自然放射能による新地下水探査装置の開発 ..... | 85 |
| 3.1 いままでの探査装置 .....          | 85 |

### 1. ま え が き

西日本の果樹園地帯は、地形上、水量の豊富な河川が少なく、また河川があったとしても果樹園の慣行水利権がないため、畑かん用水としての地表水の利用は困難となっている。したがって、新規の水源としては、水利権の制約のない地下水利用に頼らざるを得ない。

今後、干害対策の一つとして、傾斜地における新しい地下水源の開発利用が望まれ、それによって水利改善を行なう必要がある。しかし、このような傾斜地における地下水の賦存形態は裂き水であるものが大部分であり、従来、その探査法はあ

## 次

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 3.2 新しい探査装置 .....         | 86 |
| 4. 現地適用試験 .....           | 89 |
| 4.1 多良岳南西斜面(長崎県大村市) ..... | 89 |
| 4.2 加津佐・南有馬地区 .....       | 94 |
| 5. む す び .....            | 97 |

まり研究されていない。

そこで、これまでの自然放射能測定による断層地下水の探査法の研究を基にして、新しい地下水探査装置を試作し、これを用いて干ばつ被害の大きかった長崎県下において、現地適用試験を行ない、探査法の検討を行なった。

### 2. 自然放射能による地下水探査法の研究経過

これまでの研究によって明らかとなった自然放射能による地下水探査法の概要を述べる。地殻を構成している基盤や山地の内部のキ裂、間ゲキに富む部分は地下水脈を伴う第一の要因となる。岩のキ裂は主に断層破砕帯のような地質的变化にも

とづいてできたものであり、一たん間ゲキができれば地下水が浸入し、浸食・分解作用によって新たに地下水脈をつくり、浸食の循環によって地下水脈は増大する。したがって、第三紀層、中生層、古生層、火山地帯などの基盤地帯においては、断層破砕帯に伴う地下水脈が唯一の地下水源となっている。

また、断層によって生成された不透水性基盤の谷部に、透水性の地層が2次的に堆積した場合でも断層破砕帯の位置が有力な地下水脈を示している。

これらの断層による1次、または2次的の透水性の大きい地下水脈は、そうでないところと比較して自然放射能強度が1.3～2.0倍強く検出されている。

断層付近で放射能が増加する理由としては、ウランウム塩、あるいはラジウム塩が断層破砕帯を上昇して地上付近の土壤中に沈澱することと、ラドンが割れ目を上昇してきて、表土層中に壊変を伴いつつ拡散し、一種の平衡状態を保っていると考えられる。

これらの放射性物質の上昇および沈積の多寡は地質構造によって左右される。すなわち、大きな地殻変動があれば、地下深所の岩石圏の放射性物質は地表に出やすくなる。このガンマ線エネルギーを波高分析器で測定してみると、主に $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{220}\text{Rn}$ 、 $^{40}\text{K}$ などの諸元素が検出されている。

また、熱海市における測定では粘土によって閉鎖されている断層上では、自然放射能強度の増大はみられなかった。このような条件では地下水を期待することができない。これは自然放射能探査の理論と一致するものである。

したがって、自然の放射性元素が容易に上昇できるような Permeability に富んだ破砕帯でないと、自然放射能は検出されないし、地下水の流動もみられないことになる。したがって、裂カ地下水として、開発の対象となるものは、開放性の自然放射能強度の強い断層破砕帯に限られる。

また、地下水の流動によって地下からくる放射性物質の上昇が乱れるという考え方も浮び上がるが、これまでの研究によれば、検出された強放射能地帯の地下水には、ウラン系列の崩壊生成物であるラドンが破砕帯に沿って検出されているので、放射性物質の上昇を根本的に変えるものではないと

判断される。

以上の研究から、自然放射能の測定によって裂カ水である断層地下水脈の検出が可能であることが明らかとなった。したがって、自然の地表放射能強度をいかに正確に、かつ能率的に測定するかが今後の研究課題となる。

### 3. 自然放射能による新地下水探査装置の開発

探査精度を向上させるため、新地下水探査装置を試作した。なお、いままでの探査法とを比較するために、古い装置についても、次に若干の説明を加える。

#### 3・1 いままでの探査装置

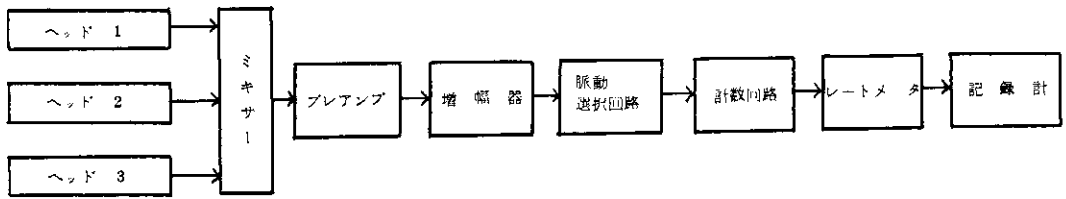
これまでの研究結果によって、試作した自然放射能地下探査装置の内容は次の通りである。研究当初においては、測点を固定し、地表面土において一定時間計測する方法をとっていたが、この方式は、測点を多くとらないと自然放射能強度分布の変化が求めにくく、断層破砕帯を見逃がすことになる。1測線に最少10分を必要とするので、作業能率が極めて悪い欠点があった。したがって、次の段階として、自動車による連続測定方式を考え、第1図のようにシンチレーション・デテクタ3個を自動車の前部および後部に取り付け、地表の放射線の計測範囲を拡大させ、かつ計数の統計的変動を少なくする方法を考案した。

この測定法を現地測定に適用し、1時間10Kmの自動車速度で走りながら自然放射能強度を記録した。開放性の断層上にくると、自記記録の曲線の上にピークが現われ、これのピークの対応性から、断層破砕帯の方向、幅などが決定できることを明らかにした。(1～3)

しかし、この方式であると、地表の自然放射能の計数値と、宇宙線の計数値との総計値が記録されることになり、宇宙線の時間・空間的変動によって、ピークが必ずしも地表の自然放射能の増大部を示すとは限らないことが明らかとなった。

たとえば、たまたま時間的に宇宙線強度が大きくなった場合には、その影響によって総計数値が増大し、あたかも断層破砕帯上のピークのようなカーブとなる。

また、道路周辺の石ベイ、コンクリート構造物も自然計数を擾乱させる一つの原因であることが明らかとなった。これらには、微弱であるが自然放射性元素が含まれており、ことに花崗岩を用いた土台石、石ベイなどの周辺部では計数が増大す



第1図 3プローブシンチレーション・カウンタの構成図

る傾向がみられた。また、同様にコンクリート中の骨材によっては多少の自然放射性元素が含まれていることがあり、コンクリート構造物（たとえば橋脚、擁壁など）の近くで計数が増大した。

したがって、これらの構造物関係の自然放射能の影響も宇宙線と同時に除去しなければ、解析上あやまりをおかすことになる。したがって、宇宙線および構造物の放射能の影響が除去できれば、自然放射能探査の精度を一段とあげることができる。

先に落合は、これらの影響を自動的に除去し、かつ地表のガンマ線をエネルギー別に測定して、解析を容易ならしめる探査方法を考察したので、次に述べる新探査装置の試作に応用した。

### 3.2 新しい探査装置

すでに述べたように、在来型は宇宙線、および構造物による自然計数の変動が入って、検出曲線を判定する上で誤差の原因となっていたので、この影響を取り除くための新しい探査装置のプロッ

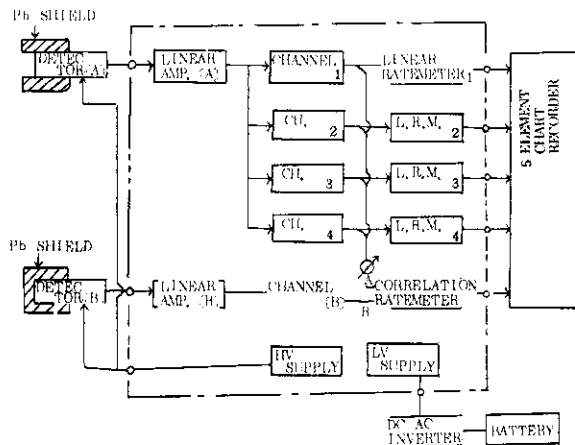
クダイアグラムを第2図に示す。

また、装置の外観を写真-1、宇宙線用検出器を写真-2に示した。

検出器として直径1¼インチのNaIクリスタルの耐水性シンチレーション・カウンタを2本もち、1本を地表測定用とし、他を宇宙線専用とする。宇宙線用の検出器には厚さ25mmの鉛で検出部をシールドし、自動車の一部に固定する。地表測定用の検出器は半円弧状の鉛シールドで囲い、宇宙線用検出器と同じく自動車の一部に固定する。この検出器の信号は比例増幅器を経て、3~5チャンネルにエネルギーを分割して、それぞれのトートメータを経て5点記録計に記録する。

断層破砕帯から地表に出ている自然放射性元素のうち、強いガンマ線を放射する核種は、主に低いエネルギーの核種で多く占められており、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{214}\text{Bi}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{208}\text{Th}$ 、 $^{234}\text{Th}$ 、 $^{238}\text{U}$ などの260KeV以下のものが主となっている。

したがって、これらの核種を破砕帯検出の重要



第2図 宇宙線除去用ガンマ線スペクトロ地下水探査装置

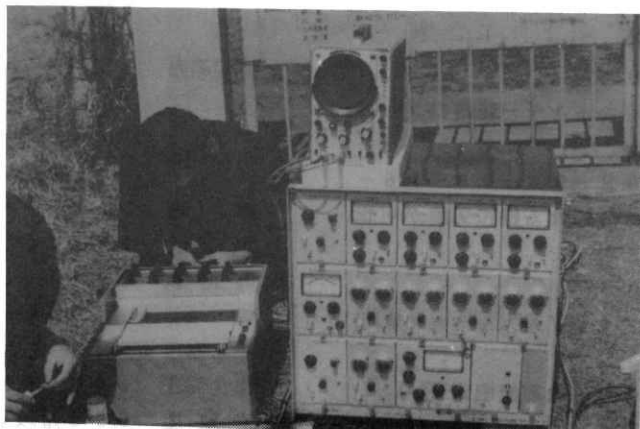


写真-1 新地下水探査装置（宇宙線除去用ガンマ線スペクトロ探査装置）  
左側が記録計，右側が測定器本体



写真-2 宇宙線用シンチレーション検出器右側が鉛シールド

なキメ手とし、ガンマ線のエネルギーのチャンネルを3つに分け、24～266，266～532，532～800 KeV とし、これをそれぞれ自記し、しかも24～266 KeV の低いエネルギーのチャンネル計数Aと、このエネルギー幅における宇宙線の計数Bとを計数回路のなかで自動的に差し引き、A-Bも記録計に同時に記録させるようにした。

この測定方式によって、宇宙線の時間・空間的变化は完全に除去され、さらに、検出器の鉛遮蔽によって、道路周辺の構造物による微弱な自然放射能の影響も除去することが可能となった。

つきに測定器の性能の諸元を示す。

①シンチレーション検出器（防水形）

シンチレータ NaI ( Tl )  $1\frac{3}{4}''\phi\times 1\frac{3}{4}''$  l

光電子増倍管 7696  
 プリアンプ 利得約0.9  
 出力信号 負パルス ( 50mV / 100KeV  
 at 900V )  
 外形寸法 75φ×300 l ( mm )  
 ケーブル長：約3 m

②検出器遮蔽器

②-1. 自然放射線検出用

地表からの自然放射能のみを検出し、上および側方向からのバックグランド成分は遮蔽される。  
 鉛厚み25 mm

②-2. バックグランド検出器用

地表からの自然放射能および側方のバックグランドとの双方が遮蔽される。  
 鉛厚み25 mm

③波高分析器

③-1.直線増巾部

増巾度 約400倍  
但し測定エネルギー範囲のフルスケールが  
0.1-0.2-0.4-0.8-1.6-3.2 MeV になる様に切換が可能である。

直線性 ±2%以下

出力信号 負パルス10V最大(モニタ兼用)

系統数 2系統

すなわち自然放射能測定用(A)

バックグラウンド測定用 (B)

③-2.波高分析部

系統数 2系統

すなわち自然放射能エネルギー分析用(A)

バックグラウンドエネルギー分析用(B)

チャンネル数

(A側) 4チャンネル

但しエネルギーレベルは10回転ヘリポット(ベースライン, ウィンドウ巾)によって任意に設定可能

(B側) 1チャンネル

但しA側の計数差をとろうとするチャンネルとエネルギーレベルを合せられる様に1.0回転ヘリポット(ベースライン, ウィンドウ巾)が設けられてある。

③-3.計数率計部

系統数 4系統

測定範囲  $10^2-3 \times 10^2-10^3-3 \times 10^3-10^4-3 \times 10^4-10^5-3 \times 10^5$ cpm

8段切換

精度 フルスケールの±2%以下

出力 10mV(記録計駆動用)

時定数 0.3-1-3-10-30秒

5段切換

③-4.差動計数率計部

入力系統 A側 1-2-3-4チャンネル  
切換可能

B側 1チャンネル

演算モード Aのみ-Bのみ-(A-B) -

(B-A)

4段切換

測定範囲 A側, B側同時切換

$10^2-3 \times 10^2-10^3-3 \times 10^3-$

$10^4-3 \times 10^4-10^5-3 \times 10^5$ cpm

8段切換

精度 フルスケールの±2%以下

出力 10mV(記録計駆動用)

時定数 0.3-1-3-10-30秒

5段切換

③-5.高圧電源部

出力電圧 600V~1500V連続可変

安定度 0.05%以下

出力電流 500μA max

③-6.低圧電源部

全回路に必要な電源を供給する。

③-7.

使用温度範囲 -5℃~+45℃

全所要電力 AC100V, 約80VA

外形寸法 693(巾)×650(高)

×485(奥)mm

④.5素子記録計

記録内容 検出した自然放射能をエネルギー分析した各チャンネルの値, 4系統およびこの任意のチャンネルとバックグラウンドチャンネルとの差動計数率の計5種を同時に記録する。

チャート巾 250mm

記録速度 1200, 600, 300mm/min

およびmm/hr, 6段切換

所要電源 AC100V, 50~60サイクル, 60VA

外形寸法 413(巾)×250(高)×516(奥)mm

⑤.モニタースコープ

有効観測管面 40×50mm

感度 10mV~50V/div. 11段切換  
(エネルギーレベルで校正)

周波数帯域 DC-10M c/s, -3db.

入力インピーダンス 1MΩ

掃引時間 0.1μsec~1.5sec, 19段切換

所要電源 AC100V, 又はDC12V, 30VA

⑥.DC-A Cインバータ

波高分析器および記録計のAC電源を供給する

ものである。

出力容量 AC100V, 50V, 200VA  
入力電源 DC12V, 約22A

#### ⑦検出器保持具

シンチレーション検出を収容し、自動車へ固定する器具。

#### ⑧バッテリー

電 圧 12V  
容 量 200AH  
連続可能時間 約9時間  
外形寸法 528(長)×280(巾)×223(高)mm

### 4. 現地適用試験

#### 4・1 多良岳南西斜面(長崎県大村市)

##### 4・1・1 干ばつ被害状況

昭和42年干ばつ時における本地区の被害状況は、とくにみかんの被害が大きかった。果樹園は多良岳の南西斜面と日岳玄武岩台地にあり、河川水が少ないため、その利用は充分でなく、第3図の地下水利用図に示したように、浅・深井戸の水源に頼っているが、まだその賦存形態が明らかにされていない。現在根拠なしに作井をしている状態である。

##### 4・1・2 地質概況

本地区は地質的には2つに大別される。すなわち、第4図に示すように i) 多良岳の南西火山山ろく と ii) 鈴田川の沖積層をへだてた第三紀層を基盤とした玄武岩台地とである。

##### 1) 多良岳南西火山山ろく

多良岳の基盤は古第三系に属するが、その分布が散在的であり、あまり明らかにされていない。この基盤の上を覆って分布している玄武岩類はアルカリ岩質岩であって、多良岳火山の基底岩を形成している。

この玄武岩類を新しい多良岳火山の噴出物が広く覆っている。本砕屑物は主として数cmから20cm程度の円レキ、または垂角レキ状の安山岩とその同質の凝灰物質で膠結されている。その代表的る頭は大村市街南方の海岸および国道でみられる。

これらの地層を水文地質的に観察すると、表面の凝灰角レキ岩は概して不透水層を示しており、地下水はその下部の安山岩のなかの断層破碎帯のキ裂に存在するものと思われる。ボーリングの地質柱状図から、この安山岩の厚さは場所によって異なるが150~160mとなっており、この周

辺の深井戸はいずれも安山岩中の地下水を採水している。また、この下部には、古第三系の地層でみられる変成岩類があり、地下水の存在はあまり考えられない。

##### ii 玄武岩台地

日岳を中心として、玄武岩台地を形成し、第三紀層および角閃石黒母石英安山岩などを被覆している。

本岩は日岳付近を中心とした小規模の活動であって、多良岳火山の活動後に噴出したものと考えられている。本岩の下には第三紀層が存在し、その上部には頁岩、および粗悪な灰層を挟む砂岩泥岩の互層があり、下部には砂岩が存在する。

この台地の数10mの深さの深井戸では、いずれも砂岩中の地下水を採水している。

##### 4・1・3 地下水の探査方法

これまでに開発した3プローブシンチレーションによる自記記録装置と、今度改良試作した宇宙線除去用ガンマ線スペクトロ探査装置とを用いて、同時に併行して測定を行ない、両者の方法について比較検討した。

従来の探査装置で計測したガンマ線のエネルギー幅は、30KeVから無限大であり、新装置では、探査装置の項で説明したように地表用検出器の1チャンネル(A)と宇宙線用(B)とは24~266KeV、地表用2チャンネル266~532KeV、3チャンネル532~800KeVとし、5チャンネルをA-Bとした。

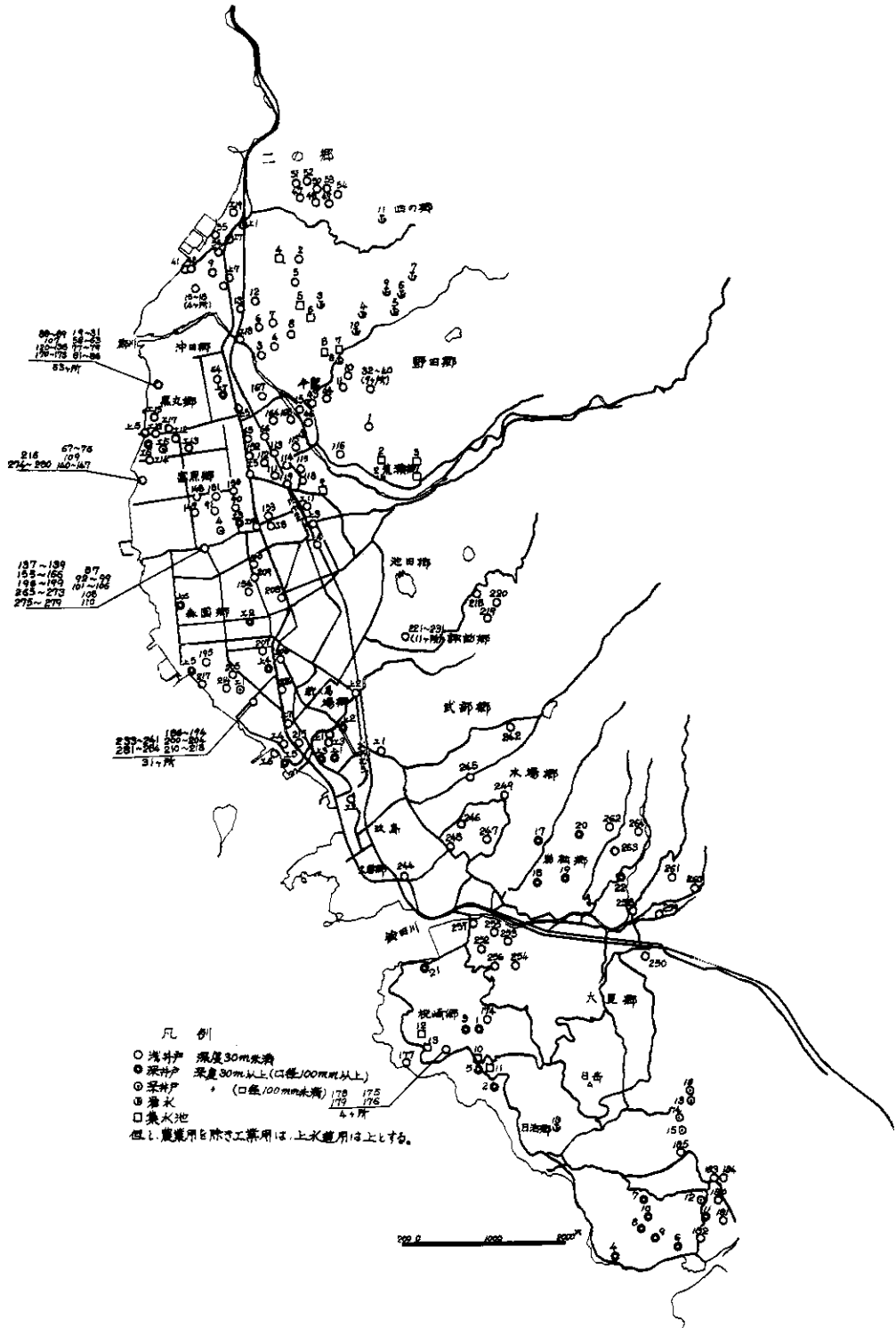
##### 4・1・4 探査結果

探査測線図を第5図に示した。

まず、本地区において地質的に確認されている断層破碎帯と、そこで検出された自然放射能強度とを比較し、これから断層破碎帯を推定した。

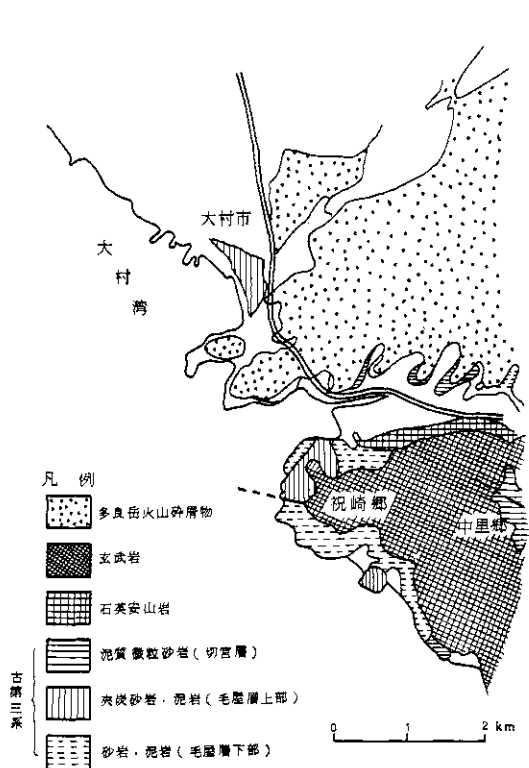
断層破碎帯を確認されている場所は、第4図の地質図に示した祝崎郷地先と中里郷地区の2箇所である。<sup>4)</sup>

祝崎郷は断層を境にして、その南側は古第三系の毛屋層下部の砂岩、泥岩層で走向は南西30°に傾斜している。断層の北側は古第三系の毛屋層上部の夾炭砂岩、泥岩層で、東南方向に傾斜している。ここにおける自然放射能強度の増大位置は6-91.4(第5図-O)の地点で、従来の3プローブ式探査装置では、第6図に示したように30cps(抗 $\mu$ 13)を示している。普通の地層のところのバックグラウンド(N)は12cpsであるか

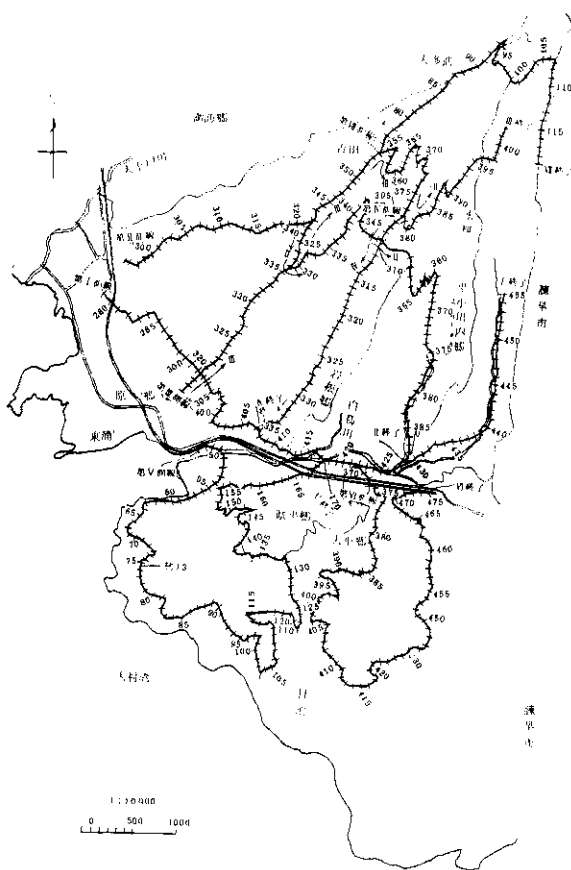


第3図 大村市地下水利用図





第4図 多良岳南西ろく地質概略図



第5図-a 自然放射能探査測線図(3プロ  
ープ方式, 大村市)

ら, 断層の計数は2.3Nとなる。

また, 新探査装置では第7図に示したように, 24~266 KeVでは7500 cpm, 266~532 KeVで1200 cpm, 532~800 KeVで310 cpmで, 普通のところのバックグラウンド(6-4135, 第5図-O参照のこと。)の24~266 KeVで3000 cpm, 266~532 KeVで570 cpm, 532~800 KeVで195 cpmに比較して, それぞれのエネルギーに対して2.5N, 2.1N, 1.6Nとなった。

したがって, 24~266 KeVの低いガンマ線エネルギー範囲において, 断層破碎帯が顕著に検出することができることを示している。また, 古い探査装置の計数に対して, このエネルギー範囲の断層破碎帯のN値を比較すると, 新しい探査装置は2.5Nで, 古い装置が2.3Nであるから, 新しい探査装置の方がよい検出能を示している。

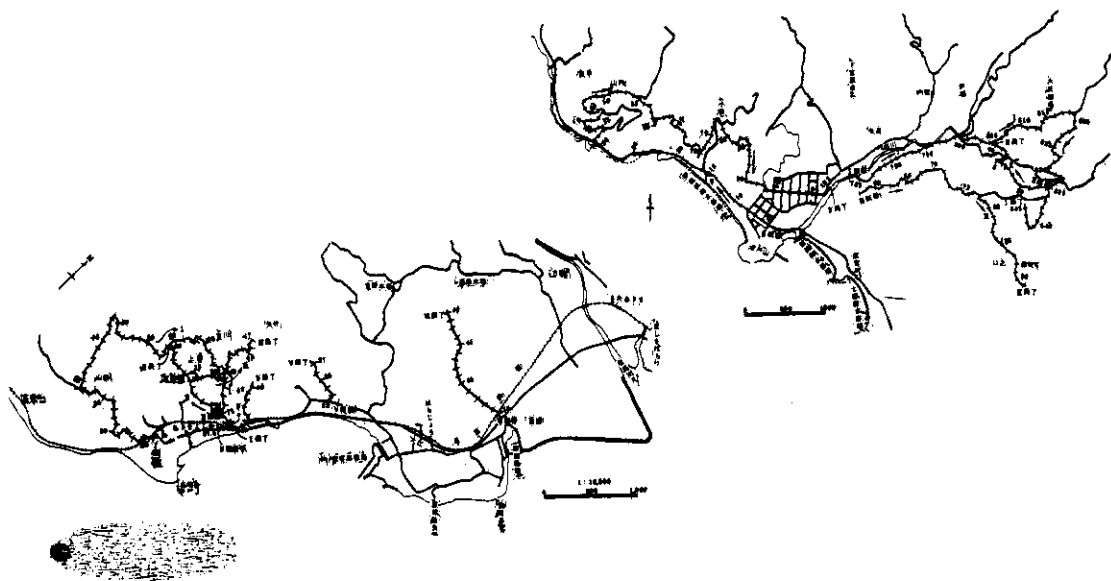
また, 新探査装置の検出カーブから, 第8図を得ることができるが, 断層における同時測定の日

宇宙線強度は, 1600 cpmであり, 地下からのみの放射線は24~266 KeVの範囲で, A-B=5900 cpmを示しており, 宇宙線に対するN値は $5900 / 1600 = 3.7N$ となり, A-B曲線が断層上で著しく増大したことを示している。

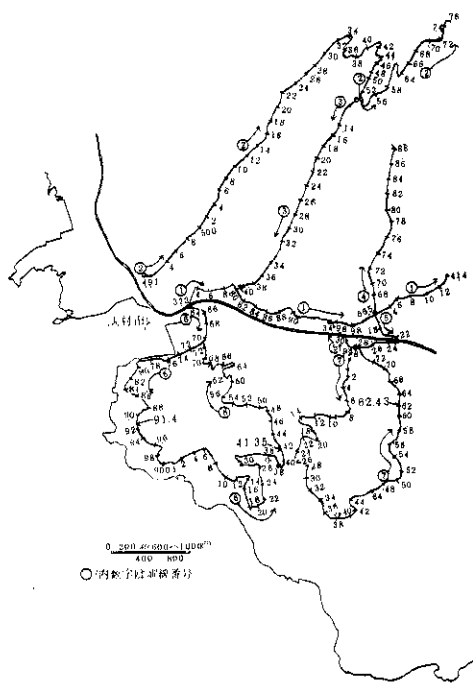
したがって, この新しい方式によれば断層の判定が容易となることが立証できた。

また, 中里郷地先では第4図に示したように切宮層に属する古第三系の泥質微粒砂岩および中粒細粒砂岩を切る断層が確認されている。(第5図-Oの7-62.43の位置である)

この位置における古い探査装置で検出した放射能強度は26 cpsを示し, バックグラウンドの12 cpsに対して2.1Nとなる。これに対し, 新探査装置では第8図のように24~266 KeVで



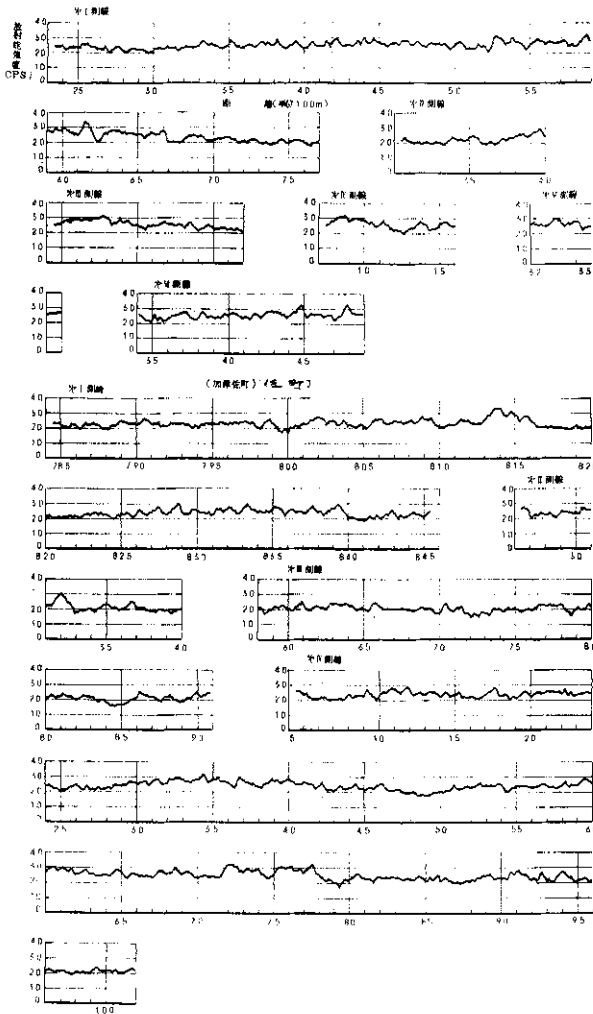
第5図-b 自然放射能探査測線図(3プローブ方式, 南有馬町, 加津佐町)



第5図-c 自然放射能探査測線図(新型装置による)



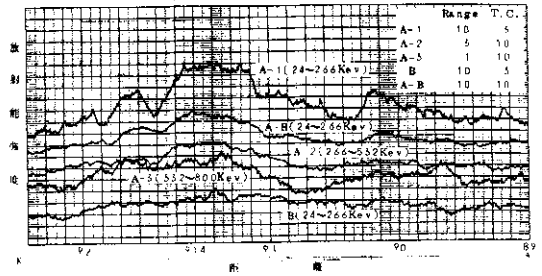
第6図-a 3プローブ探査方式による自然放射能の検出曲線(大村市)



第6-b 3プローブ探査方式による自然放射能の検出曲線(南有馬町, 加津佐町)

5100 cpm, 266~532 KeVで750 cpm, 532~800 KeVで230 cpm, 宇宙線(24~266 KeV)1100 cpmを示した. 断層上の24~266 KeVの低エネルギーのガンマ線は, 宇宙線の計数Nに対して4.6Nとなり, 新探査装置で判定した方が, 前記の断層の場合と同様に正確であることがわかる.

以上の断層破碎帯における測定結果から, 従来の3プローブシンチレーション探査装置では, 断



第7図-a 宇宙線除去用ガンマ線スペクトロ探査装置による自然放射能の検出曲線の一例 (祝崎断層破碎帯上, 6-90の位置測定スピード10 Km/hr, 数字の単位は100 m)

層上において自然放射能の増大が認められたが, 新しく開発した探査装置を用いれば, 検出能は一段と増し, 断層破碎帯の検出が正確となることが明らかとなった.

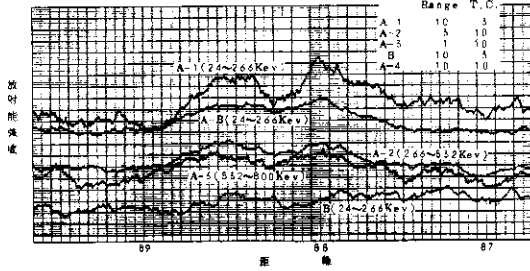
したがって, この探査法によって本地区一帯にわたり, 自然放射能の測定を行ない, 従来不明であった断層破碎帯を自然放射能強度から推定した. その結果を第9図に示した.

これによればNW-SE方向と, これとはほぼ直角なNE-SWの2つの破碎帯群がみられ, モザイク状を呈している. 既知断層は上記の2カ所であるが, これに対応する断層群は, 非常に多く存在していることがわかる. しかし, 多良岳山ろくでは, 表層が厚い火山噴出物で覆われているために, 地質的に発見できず, ほとんどその存在が不明となっていた.

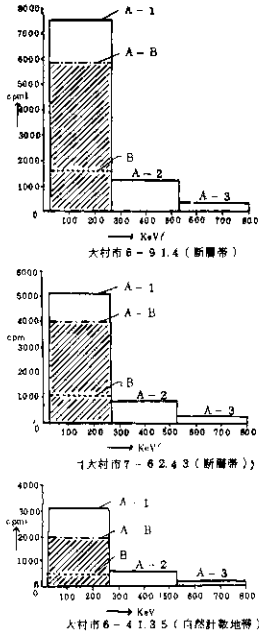
これらの強放射能地帯は, 地層の大きな permeability の地帯であると推定され, 裂カ地下水脈の存在が考えられる. つぎにこの推定を明らかにするために, 自然放射能強度と既存の井戸との関係について検討を行なう.

4・1・5 既設深井戸の揚水量と自然放射能強度との関係

すでに掘削されているかんがい用深井戸と, 今



第7図-b 新たに発見した断層破砕帯(6-88の地点)の一例

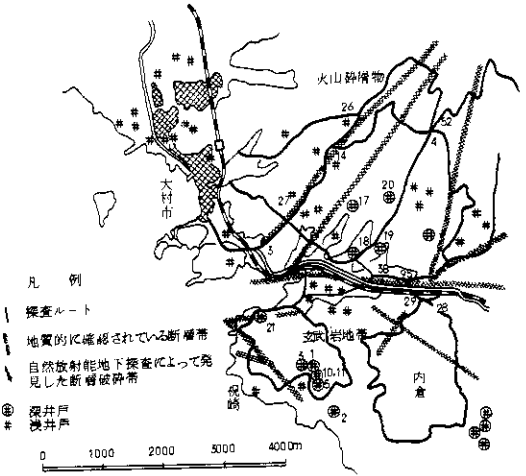


第8図 断層および自然放射能地帯におけるガンマ線エネルギー分布

回の調査による自然放射能強度分布とを比較すると、第1表に示したようになる。すなわち、破砕帯の強放射能地帯に位置する深井戸は1本のみであったが、他の深井戸と規模がほぼ等しく、海岸線にあるにもかかわらず、 $620 \text{ m}^3/\text{day}$ で本地区の最大揚水量を示した。また、透水係数は  $7.92 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$  で最大値を示した。これ以外の深井戸は、いずれも放射能強度が増大しない地帯に属し、揚水量が小さく、いずれも  $50\sim 100 \text{ m}^3/\text{day}$  となっている。透水係数は、いずれも  $4 \times 10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ m/sec}$  で、小さい値を示している。

これらの結果から、地表の自然放射能の増大部は permeability が大きく、地下に有力な地下水脈を有しているということが立証された。

今後、これらの発見した強放射能地帯に深井戸



第9図 多良岳西南ろくにおける強自然放射能地帯(断層破砕帯)

を削井すれば、揚水量が他のところと比較して増大するであろう。

#### 4・2 加津佐・南有馬地区

本地区は島原半島の南端に位置し、昭和42年の西日本の干害で相当の被害を受けた地帯である。その被害状況を第2表に示した。干害対策としての地下水利用は最近急速に進んでいる。

##### 4・2・1 地質概況

島原半島南部には雲仙火山の基盤をなすロノ津層群が広く分布している。ロノ津層群は古第三系を傾斜不整合におおい、その下部より基底礫岩層、砂レキ層がタイ積し上部は砂層、シルト層の不透水性地層に移行している。この上部には段丘レキ層が存在している。加津佐町では標高10~35mに分布し、その上部には赤色土がおおっている。この付近の地質図を第10図に示した。大部分の地帯が加津佐層群となっている。<sup>5)</sup>

##### 4・2・2 放射能探査

自然放射能による地下水探査の方法は、前述した大村の場合と同様であるので、ここでは省略する。測線図を第5図-b、検出曲線を第6図-bに示した。

##### 4・2・3 探査結果

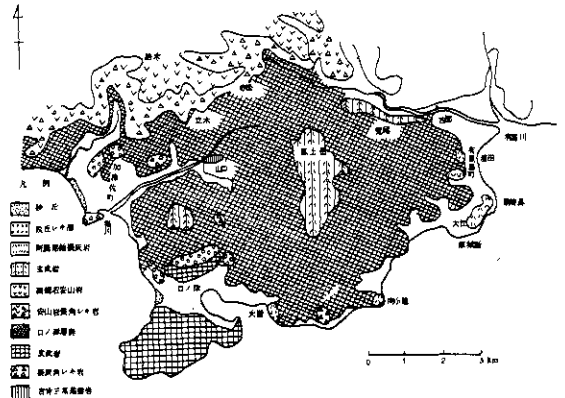
第11図に地表の自然放射能強度が増大し、明

第1表 深井戸の透水係数と自然放射能強度

| 番号 | 深度 (m) | 揚水量<br>自噴量<br>m <sup>3</sup> /day | 井戸半径<br>(m) | ストレーナ<br>の位置<br>合計 | 自然水位<br>(m) | 揚水水位<br>(m) | 透水係数<br>m/sec         | 用途  |              | 揚水<br>日数 | 竣工<br>年月日 | 自然放射能<br>強度 |
|----|--------|-----------------------------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|-----------------------|-----|--------------|----------|-----------|-------------|
|    |        |                                   |             |                    |             |             |                       | 対象  | 面積<br>ha     |          |           |             |
| 1  | 58     | 90                                | 0.1         |                    | 30          | 37          |                       | 水田  | 1.00         | 120      | 42.6.8    | 弱           |
| 2  | 56     | 100                               | 0.1         |                    | 40          | 48          |                       | 畑   | 1.20<br>0.80 | 130      | "         | "           |
| 3  | 54     | 90                                | 0.1         |                    | 20          | 28          |                       | 水田  | 1.00         | 120      | "         | "           |
| 4  | 40     | 100                               | 0.08        |                    | 15          | 25          |                       | 樹園地 | 1.00         | 30       | 42.8.1    | "           |
| 5  | 60     | 60                                | 0.075       |                    | 10          |             |                       | "   | 1.00         | 30       | 41.9.8    | "           |
| 6  | 50     | 250                               | 0.05        | 30                 | 1.3         | 9.3         | $1.36 \times 10^{-5}$ | 水田  | 1.50         | 70       | 42.8.18   | "           |
| 7  | 56     | 100                               | 0.05        | 30                 | 3           | 12          | $4.81 \times 10^{-6}$ | 樹園地 | 0.30         | 70       | 42.9.24   | "           |
| 8  | 60     | 60                                | 0.05        | 30                 | 3           | 11          | $2.89 \times 10^{-6}$ | "   | 0.60         | 60       | 42.8.15   | "           |
| 9  | 45     | 300                               | 0.2         | 30                 | 15          |             |                       | "   | 1.00         | 30       | 9.10.21   | "           |
| 10 | 41     | 200                               | 0.08        | 30                 | 10          | 13          | $3.64 \times 10^{-5}$ | 水田  | 0.30<br>5.00 | 70       | 42.9.6    | "           |
| 11 | 60     | 280                               | 0.08        | 50                 | 0.4         | 9.9         | $9.6 \times 10^{-6}$  | 樹園地 | 5.00         | 80       | 42.8.28   | "           |
| 12 | 50     | 70                                | 0.025       | 50                 | 10          | 19          | $1.43 \times 10^{-5}$ | "   | 0.30         | 30       | 42.9.15   | "           |
| 13 | 48     | 230                               | 0.025       | 50                 | 10          |             |                       | "   | 0.30         | 60       | 42.7.10   | "           |
| 14 | 67     | 50                                | 0.025       | 50                 | 10          |             |                       | "   | 0.10         | 50       | 42.7.15   | "           |
| 15 | 45     | 150                               | 0.025       | 40                 | 1.5         | 6.5         | $1.39 \times 10^{-5}$ | "   | 1.50         | 60       | 42.8.26   | "           |
| 16 | 50     | 100                               | 0.04        |                    | 20          |             |                       | "   | 1.00         | 60       | 42.9.2    | "           |
| 17 | 70     | 90                                | 0.075       | 50                 | 10          | 11          | $2.96 \times 10^{-5}$ | "   | 2.00         | 100      | 42.1.2    | "           |
| 18 | 50     | 60                                | 0.075       | 46                 | 8           | 10          | $1.08 \times 10^{-5}$ | "   | 1.50         | 100      | 42.6.28   | "           |
| 19 | 50     | 80                                | 0.075       | 46                 | 10          | 11          | $2.87 \times 10^{-5}$ | "   | 2.00         | 110      | 42.7.7    | "           |
| 20 | 50     | 80                                | 0.075       | 46                 | 10          | 10.6        | $4.78 \times 10^{-5}$ | "   | 3.00         | 60       | 42.6.16   | "           |
| 21 | 58     | 620                               | 0.08        | 12                 | 1.8         | 12.5        | $7.92 \times 10^{-5}$ | 水田  | 1.50         | 92       | 42.7.15   | 強<br>(2.0N) |
| 22 | 30     | 100                               | 0.075       |                    | 10          | 20          |                       | 畑   | 1.00         | 3        | 42.8.19   | 弱           |

第2表 昭和42年度干ばつにおける農作物被害

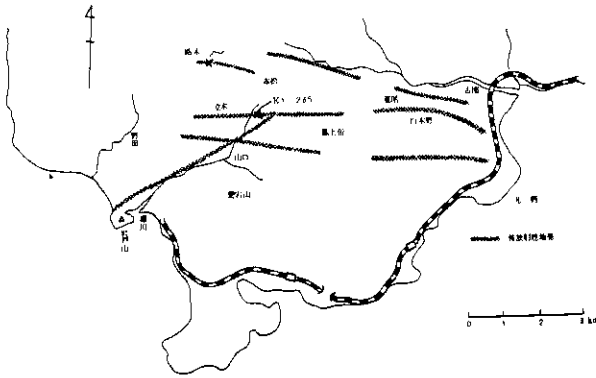
| 地名   | 農作物  | 面積    | 被害面積  | 被害率 |
|------|------|-------|-------|-----|
| 有馬町  | 水稲   | 433ha | 367ha | 82% |
|      | 甘藷   | 195   | 195   | 95  |
|      | 馬鈴しょ | 70    | 70    | 100 |
|      | そさい  | 10    | 10    | 100 |
|      | かんきつ | 296   | 296   | 85  |
|      | 飼料作物 | 16    | 16    | 100 |
| 加津佐町 | 水稲   | 358   | 303   | 85  |
|      | 畑    | 552   | 552   | 90  |
|      | かんきつ | 225   | 225   | 75  |
|      | 山林   | 488   | 256   | 50  |



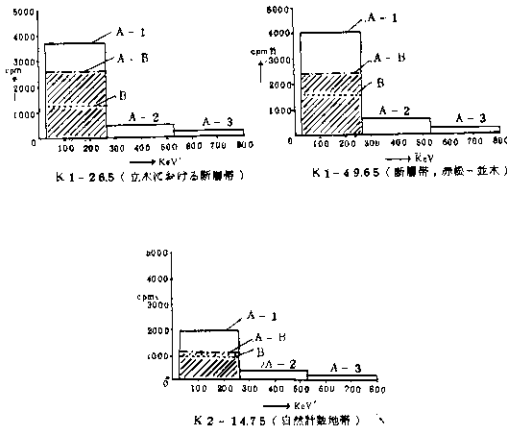
第10図 島原半島南部地質概略図

らかに異常放射能帯と推定された地帯を图示した。これらの地帯では24~266 KeVの低エネルギーのガンマ線強度は普通のバックグラウンド地帯の同じエネルギー範囲で1.5~2.3 Nに増大して

いる。その一例を示すと、普通の自然計数のスペクトロ分布を第12図に示したが、地質的に推定された立木における断層上では、K1-26.5に示し



第 1 1 図 強自然放射能分布図



第 1 2 図 断層および自然放射能地帯におけるガンマ線エネルギー分布

たように、24～266 KeV の低エネルギー範囲で、3700 cpm と増大している。(その位置は第 1 1 図に示す。)

また、あらたに発見された赤松-並木(K1-4.9.65)の強放射能地帯では、4000 cpmを示しているので、放射能強度はそれぞれ1.85N、2.0Nとなる。

これからみれば前者の強放射能地帯は明らかに断層破砕帯と推定される。

このような判定法で強放射能地帯を求めたものが第 1 1 図である。加津佐層群を切る断層破砕帯は、母岩が泥岩、砂岩、レキ岩などであっても、破碎によって岩石の permeability が増大しているものと推定される。

これでわかるように、E-W方向に卓越した断層群の発達が非常に特徴的である。この断層の中央部に鳳上岳があり、この斜面の降水がこれらの断層破砕帯を涵養して、地下水脈を形成しているものと推定される。

なお、これまでに掘さくされた農業用井戸の湧出量、透水係数と自然放射能強度との関係を求めると、強放射能地帯に属する井戸の透水係数はいずれも  $1.8 \sim 8 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$  のものが多く、一般のところの  $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ m/sec}$  に比較して大きくなっている。

また、揚水量も同様の傾向がみられ、口径65～100mm、深さ70～150mの深井戸の揚水量は、強放射能地帯で200～400m<sup>3</sup>/dのものが多い。一般の地層のところでは、50～180m<sup>3</sup>/dと小さい値を示している。

## 5. むすび

試作した宇宙線除去用ガンマ線スペクトロ地下水探査装置は、完全に宇宙線および周辺の自然放射能が除去でき、断層から上昇した放射能のみを測定することが可能となったので、従来の探査装置よりも測定精度が著しく向上した。

また、九州の干ばつ地帯における現地適用試験によって検出された強放射能地帯に地下水が存在することが立証された。

この探査装置による測定方式については、まだ改良すべき点もあるが、一応今後の傾斜地の水源開発に、この自然放射能による地下水探査法が有効と考えられる。

## 引用文献

- 1) 落合敏郎(1965):自然放射能式地下水探査法,昭晃堂
- 2) 同上(1964):自然放射能による地下水脈探査法,原子力工業,Vol10, 61, 73-74
- 3) 同上(1967):同上,一測定結果の解析法,海岸地下水への応用一,原子力工業,Vol 6, 63, 43-50.
- 4) 松井和典,水野篤行(1966):5万分の1地質図幅説明書 大村,地質調査所
- 5) 大塚裕之(1966):口津層群の層序および堆積物,地学雑誌,Vol 72, 68, 371-384