

## 福島県高ノ倉鉱山放射能予察調査報告

高 島 彰\* 菊 池 徹\*

Preliminary Reconnaissance for Radioactivity at the  
Takanokura Mine, Fukushima Prefecture

By

Akira Takabatake &amp; Tohru Kikuchi

## Abstract

This area constitutes of Paleozoic sediments intruded by granodiorite, and some pyro-metamorphic deposits occur along the contact zone. They are irregular or lenticular in shape, and of small dimension. The ore is composed of magnetite, a little chalcopyrite and pyrrhotite. Calcite, quartz and lime-silicate minerals such as garnet, epidote, actinolite and clinopyroxene are to be seen as the gangue minerals.

Measurements of radioactivity of rocks and ores were carried out by means of the "Pocket Battery Monitor" (a survey meter made by Phillips Company, Holland) in all accessible tunnels and on some outcrops. Underground counter readings were made at a series of survey points spaced 10 m apart along the tunnel.

As the results, it has been proved that the counts measured by the survey meter are in fairly good harmony with the kind of rocks. Moreover, the differences in radioactivity shown by the different rocks are exaggerated in the underground measurements, whereas it is not so distinct in the case of the surface measurements. The results of underground measurements are summarized as follows :

Common counts of slate, limestone and ore range from 10 to 30 c/min, that of skarn from 11 to 40 c/min, and that of granodiorite from 26 to 65 c/min. As shown by the preceding values, granodiorite has larger radioactivity than the others, and it attains up to 123 c/min. Next to the granodiorite is skarn, and the remainder three have nearly same values, but there seem to be an indistinct tendency that the radioactivity increases in order of slate→limestone→ore.

Chemical analyses of some granodiorites show that most of them contain 0.001 to 0.002%  $U_3O_8$ , regardless to the intensity of radioactivity, and only one underground sample (123 c/min) contains 0.019%  $U_3O_8$ , but another sample obtained at the surface (56 c/min) contains as much as 0.048%  $U_3O_8$ .

From these facts, it is inferred that granodiorite may owe its radioactivity mainly to the thorium content. Under the microscope, small amounts of titanite, apatite, ilmenite, and allanite are to be recognized in the granodiorite, and these accessory minerals may contain some thorium, but it is not yet certain now. No uranium mineral can be detected except in the thin section of the granodiorite having the maximum uranium content (0.048%  $U_3O_8$ ). In this exceptional case, the microscope reveals the existence of small grains of fergusonite.

Generally speaking, granodiorite in this area is too poor in uranium to be worked, and of no economic importance. As to the ore, it has such a low radioactivity that the existence of any radioactive minerals could not be expected.

## 要 旨

高ノ倉鉱山は、古生層と花崗閃緑岩との接触部に胚胎する高熱交代型磁鉄鉱・磁硫鉄鉱・黄銅鉄床である。

\* 鉄床部

放射能強度を主として坑内において測定したところでは、明らかに岩石種による差異を示し、花崗閃緑岩・スカルン・磁石・石灰岩・粘板岩の順に小さくなる。

花崗閃緑岩中のウラン含有量は、およそね 0.001~0.002%で、岩体中の放射能の差異は、主としてトリウ

ムに起因するらしい。花崗閃緑岩中で最大の放射能強度を示す部分は0.048%のウランを含み、鏡下にフェルグソン石らしい鉱物が認められる。このような異常に高い放射能をもつ部分は、きわめて局所的な現出にすぎず、花崗閃緑岩も、スカルン・鉱石もウラン資源としての価値はない。

### 1. 緒言

日本の金属鉱床中に放射性鉱物を含むものがあるか否かについては、従来まったく調査されたことがない。したがって昭和29年度ウラン鉱床調査計画の一部として、金属鉱床中の放射能についての予察調査がとりあげられ、筆者ら兩名は金井光明などの物理探査班と協同で、高ノ倉鉱山を概査することになった。よつて兩名は物理探査班に先行して9月28日から10月3日に至る6日間、同鉱山の岩石および鉱石の放射能についての予察調査を行った。調査日数が少ないので、地表調査は鉱床露頭附近に限り、坑内調査を主とすることとし、入坑可能なすべての坑道について、地質調査と同時に放射能測定を行い、地質と放射能との関係を追究した。

結果を報告するにあたり、現地調査に種々協力を戴いた元同鉱山技師谷弘之氏に厚く御礼申上げる。

### 2. 鉱山概要

本鉱山は鉄鉱および銅鉱を対象として古くから採掘され、戦後も東邦電化株式会社が経営していたが、昭和28年5月から同社との探鉱契約のもとに、日鉄鉱業株式会社が操業し、月産700~800t (Fe 35~36%, Cu 0.4%)を算した。その後既知鉱床の大部を採掘し終わつたので休山することになり、調査当時は諸施設を撤去中であつた。

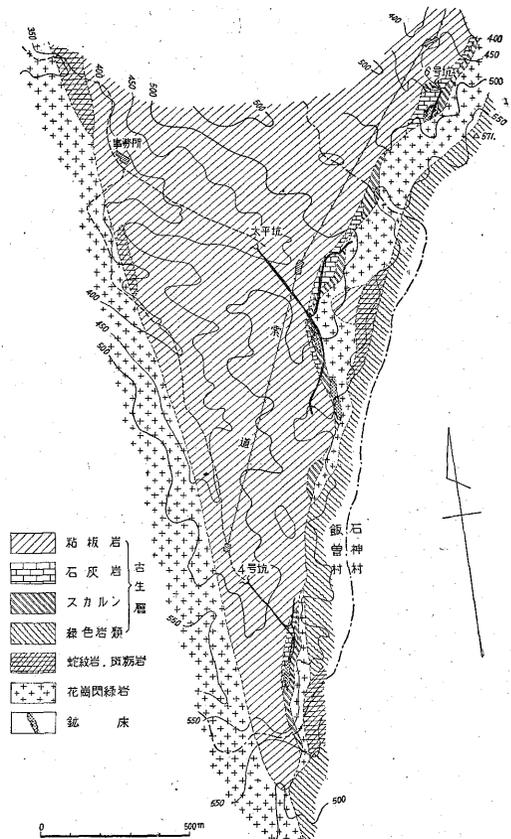
### 3. 位置および交通・運搬

本鉱山は福島県相馬郡飯曾村にあつて、石神村との村界附近に位する。常磐線原町駅の西微南直距離13kmにあたり、同駅から取木まで(道路に沿い19.5km)は鉱石運搬用軌道があり、そこから各坑口へは徒歩によるほかないが、その間3kmを超えない。なお坑口から取木に至る間には鉱石運搬用索道がある。

### 4. 地質および鉱床

#### 4.1 地質

附近の山地は古生層と、そのなかに侵入する花崗閃緑岩などから構成される。古生層は粘板岩・緑色岩からなり、粘板岩中には石灰岩の薄層を挟み、接触変成作用によつてスカルンを形成し、そのなかに鉱床を胚胎する。なお日鉄鉱業谷弘之の調査結果(第1図)によれば、蛇紋



第1図 高ノ倉鉱山地質図

岩・斑岩などの塩基性岩類の存在が知られているが、その侵入時期は明らかではない。

#### 古生層

走向NSないしN30°Eで傾斜は80°Wないし直立である。鉱区内の古生層は粘板岩を主とし、石灰岩の薄層を挟有する。鉱区外東方の古生層は、主として緑色岩からなるが、本調査区域内には緑色岩類は少なく、坑内ではみられない。粘板岩は暗灰色ないし黒色を呈し、緻密堅硬で塊状のものと、剝理性に富み千枚岩質なものがある。所によつては灰白色の珪質粘板岩がみられる。石灰岩は厚さ30m内外で、スカルン帯を含めても厚さ100mを超えない。すべて糖晶質で縞して雪白色を呈し、ときに暗灰色のものがある。所によつては赤色粘土が石灰岩を被覆し、あるいはそのなかの割れ目を埋め、4号坑内の一部では赤色粘土中に石灰岩が大小の岩塊となつて混在している。

#### 花崗閃緑岩

鉱区の西側に広区域を占めるものと、粘板岩層の東側に幅100~200mの岩脈状をなすものがあり、同様の岩質を示し、鉱床附近でみられるものは後者に属する。

粗粒で肉眼的には花崗岩構造を呈するが、鏡下では著しい破碎構造を示し、石英・斜長石・普通角閃石が porphyroclast (碎残擬斑晶) をなし、その間を細粒のカリ長石・石英・斜長石・角閃石・緑簾石(ときに黒雲母)が填めている。porphyroclast をなす石英は、常に破碎の跡を残し、波動消光が普通である。斜長石には外縁部を曹長石分に富む新鮮な斜長石により取囲まれているものがある。普通角閃石は一般に緑泥石に変わっている。副成分鉱物としては、チタナイトが普遍的でやゝ多く、次いでチタン鉄鉱が多い。チタン鉄鉱は通常リウコクシンに変わり、リウコクシン中にチタン鉄鉱が中心核をなして残っていることが多い。そのほかに少量の燐灰石と褐簾石が副成分鉱物としてみられる。スカルンに接する部分では、花崗閃緑岩中に緑簾石・ゾイサイト・緑閃石・チタナイト・方解石などが脈状に貫ぬき、さらに交代し (endomorphism) スカルンと漸移する。

### スカルン

幅 10~50 m の帯状をなし、石灰岩とは比較的明瞭な境を示すが、花崗閃緑岩とは上記のように漸移することが多い。柘榴石・灰鉄輝石(一部は透輝石質)・緑閃石(一部は透角閃石質)・緑簾石(ゾイサイトを含む)・燐灰石・方解石などからなり、そのうち柘榴石が最も多く、累帯構造を示し、光学異常が顕著である。

## 4.2 鉾床

### 鉾床の分布

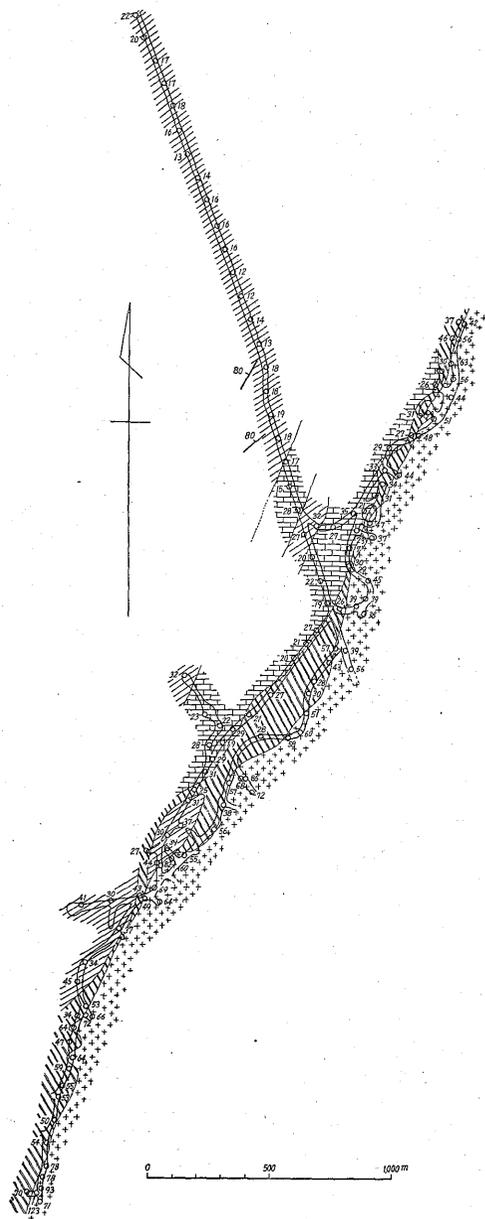
鉾床は鉾区の東に岩脈状をなす花崗閃緑岩と古生層との接触部に沿い、NNE-SSW に延びるスカルン帯中に発達し、南から4号坑鉾床・太平洋坑鉾床・6号坑鉾床に分けられる。太平洋坑鉾床の露頭は、1号・2号・3号の3鉾体からなっている。

### 鉾床の形および大きさ

鉾床は一般に不規則塊状またはレンズ状の小鉾体の連鎖からなり(第2~8図)、各鉾体は幅1~4mで、走向および傾斜方向へ5~10m連続し、ときには太平洋切上り中段にみられるように(第6図)、走向延長20mに達することがある。これらの鉾体は周辺部で貧鉾化してスカルンに漸移し、それからふたたび貧鉾帯を経て次の鉾体が現われるというような連鎖状態を常に示すとは限らず、往々1つの鉾体中に貧鉾部が不規則に混在して、個々の鉾体に明瞭に区別しえない場合がある。

### 鉾石

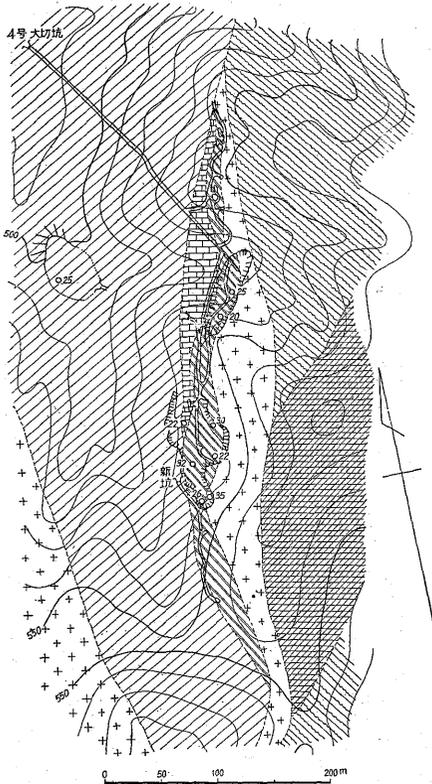
鉾石は磁鉄鉱を主とするものと磁硫鉄鉱・黄銅鉱などの硫化鉾物を主とするものに分けられる。概して硫化鉾物は鉾体周縁の貧鉾部に多いが、鉾体中央部でも磁鉄鉱中に脈状をなし、あるいはポケット状に集合することがあり、磁鉄鉱と硫化鉾物とがまったく混在していること



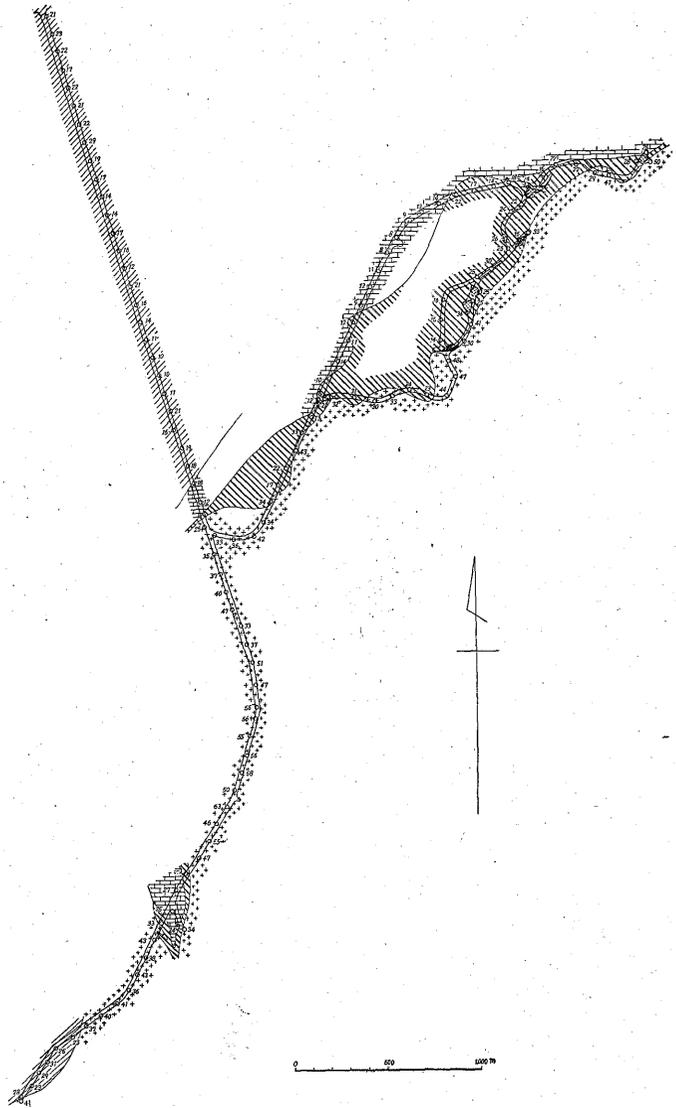
第2図 4号坑内地質図および放射能測定結果  
凡例は第1図凡例による。数字は c/min。

も珍しくない。

鉾石の組成鉱物は、多いものから順に挙げると磁鉄鉱・磁硫鉄鉱・黄銅鉱で、脈石としては柘榴石・緑簾石・緑閃石・灰鉄輝石・方解石・石英などが普通である。磁鉄鉱は柘榴石と密接に伴ない、その粒間を填め、あるいは等粒集合体をなし、硫化鉾物は磁鉄鉱・柘榴石を貫ぬく微脈をなし、あるいはそのなかに鉾染し、緑閃石と密接に伴なう傾向がある。



第3図 4号坑上露頭地質図および放射能測定結果  
凡例は第1図凡例による。数字は c/min。



第4図 太平坑地並地質図および放射能測定結果  
凡例は第1図凡例による。数字は c/min。

## 5. 放射能測定

### 5.1 調査方法および測定結果

本調査では坑内調査を主とし、坑道内に 10 m 間隔で測点を選定し、各地点において Phillips 製 Survey meter (Pocket monitor) を坑壁から約 5 cm 離して 3 分間 count を数え、その平均をとって、その地点の 1 分間の count とした。地表調査は露頭附近に限り、適当な間隔で測点を選び、坑内の場合とまったく同様な作業を行った。

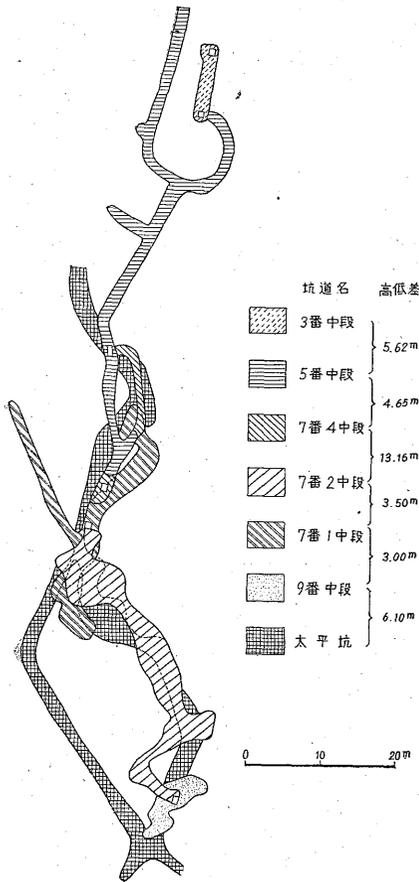
毎日作業開始時と終了時に、事務所(粘板岩上にある)において測った自然計数は 22~23 c/min で、坑内およ

び地表におけるカウントは第2~8図中に記入した通りである。

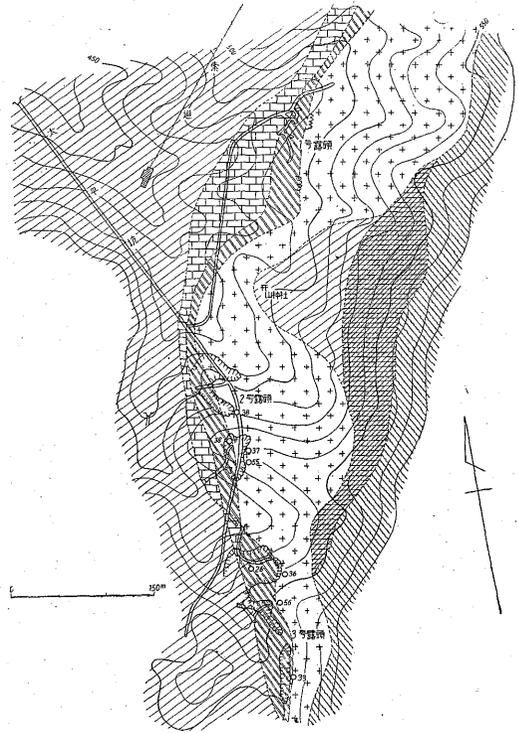
坑内測定結果から岩石別に count の頻度分布を求めると第9図のようになり、坑内測定値と同一箇所から採取した。拳大試料の測定値との比較は第10図に示す通りである。

以上の諸結果を総合要約すれば次の通りである。

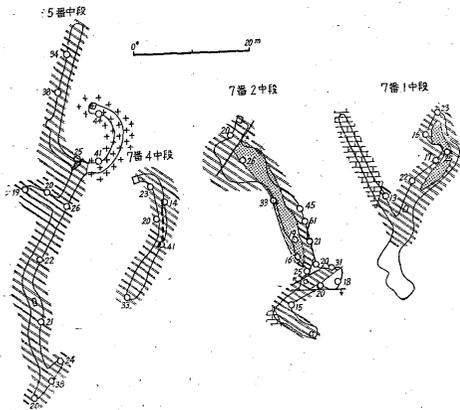
- 1) 岩石別の放射能は、粘板岩・石灰岩・鈹石・スカルン・花崗閃緑岩の順に多くなる。
- 2) 坑内測定値として最も普通な count は、粘板岩 10~30 c/min, 石灰岩 10~30 c/min, 鈹石 15~25c/min,



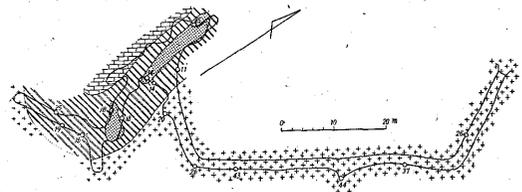
第5図 太平坑切上り中段坑道図



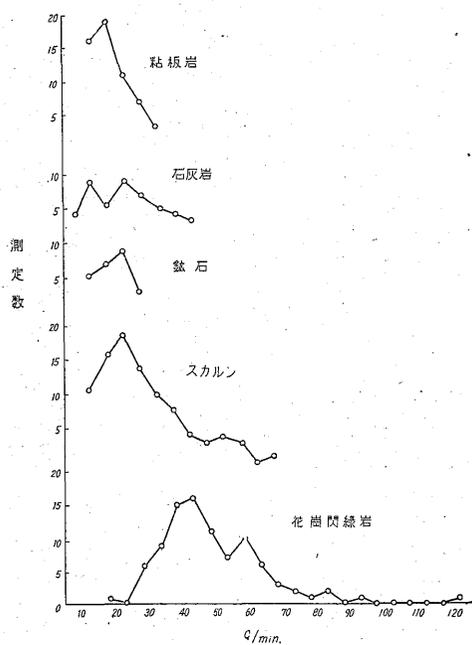
第7図 太平坑上露頭地質図および放射能測定結果  
凡例は第1図凡例による。数字は c/min。



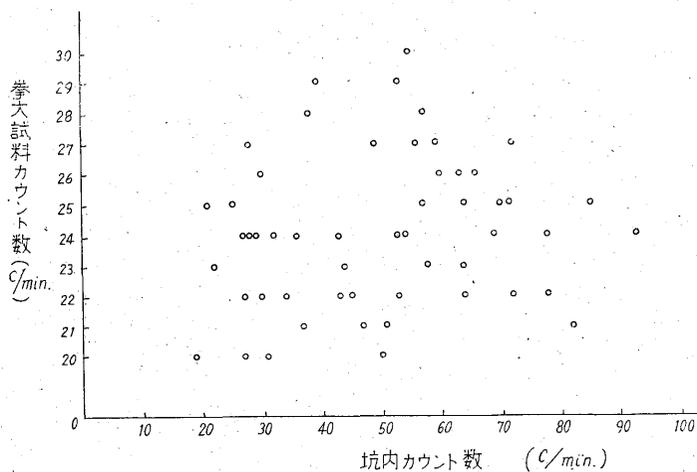
第6図 太平坑切上り中段坑内地質図および放射能測定結果  
凡例は第1図凡例による。数字は c/min。



第8図 6号坑内地質図および放射能測定結果  
凡例は第1図凡例による。数字は c/min。



第9図 岩石別 count 数濃度曲線 (坑内測定)



第10図 坑内測と拳大試料についての count 数の比較

スカルン 11~40 c/min, 花崗閃緑岩 26~65 c/min である。

3) 地表測定値は測定箇所が少ないので、精度は落ちるが、概略カウントとしては粘板岩・石灰岩・鉍石がいずれも 22~25 c/min, スカルン 22~35 c/min, 花崗閃緑岩 31~40 c/min である。

4) 花崗閃緑岩の count の最大値は、坑内で 123 c/min, 地表で 56 c/min である。これを分析した結果では前者が 0.019%, 後者が 0.048% の  $U_3O_8$  を含んでいる。

5) 坑内測定値と拳大試料測定値との間には、予期したような規則性はみられない。

6) 坑内測定最大値 (123 c/min) を与える花崗閃緑岩でも拳大試料にして測定すれば 29 c/min にすぎない。

### 5.2 岩石別の放射能の差異についての考察

前項に記したように、岩石の種類によつて放射能強度に明らかな差異がみられ、その原因を明らかにするためには、少なくともウラン・トリウムの定量分析が必要である。現在のところこれに必要な分析用機器の整備が遅れており、辛うじて少数試料についてのウランのみの定量分析を行いうるにすぎない。

したがって充分な結果の検討は、今後の研究にまつほかないが、特に放射能の高い花崗閃緑岩とスカルンについて以下に若干の考察を試みる。

まず坑内測定による count とウラン含有量との関係を見るため、代表的な試料について分析した結果は、第 1 表の通りで、No. 7 のように例外的に高い count を示

第 1 表 坑内測定 count とウラン含有量との比較

試料番号	count (c/min)	$U_3O_8$ (%)
1	38	0.002
2	48	0.001
3	60	0.001
4	71	0.002
5	82	0.001
6	93	0.002
7	123	0.019

すものほかは、いずれも  $U_3O_8$  0.001~0.002% で、count 数とウラン含有量との間に規則的な変化はみられない。もつとも化学分析を担当した関根節郎によれば、含有率の小数以下 3 桁目の数字は十分に信頼しうるものではないという。いずれにしてもウランの含有量に著しい差異がみられないので、放射能のおもな原因はトリウムによるものではないかと思われる。

本区域の花崗閃緑岩の副成分鉍物のなかで、トリウム

を含有しうるものとしては、チタナイト・燐灰石・チタン鉄鉍があり、褐釐石もしばしば少量ながら薄片中にみられる。ジルコンは薄片中には認められなかつたが、おそらく微量は存在するであろう。これらのうちチタナイトが最も特徴的で量も多いが、その量と count 数との間に明瞭な平行関係はみられない。以上の各鉍物は微粒をなして散点し、分離困難であり、しかもトリウムの分析ができない現在ではどの鉍物が放射能強度を支配しているかを決定することはできない。

スカルンは花崗閃緑岩に次ぎ高い放射能を示し、count 数において花崗閃緑岩との間に明瞭な境はない。これは接触部の花崗閃緑岩が endomorphism (内変作用) を受けてスカルンと漸移するため、スカルン中で放射能の高いものは、花崗閃緑岩の要素を多く含むことによるものと思われる。

ここに注目を要するのは太平坑鉍床露頭の一部 (第 7 図) に特に放射能の高い花崗閃緑岩があつて、56 c/min の count 数を示し、 $U_3O_8$  0.048% 含んでいることである。このような放射性花崗閃緑岩はむしろ例外的で、資源としての重要性はないが、放射能の起源を究明するうえに興味があるので、以下に顕微鏡観察の結果を主として吟味する。この花崗閃緑岩は破碎構造が著しく、斜長石・カリ長石・石英・角閃石・緑釐石を主成分とし、副成分鉍物には多いものから順にチタナイト・褐釐石・燐灰石があり、いずれも細粒の石英・長石・緑釐石などを伴つて porphyroclast 間を填める。

以上のほかにこの岩石薄片に限つてみられるものとしてフェルグソン石らしい鉍物がある。径 0.05 mm の不規則な輪廓を示す小粒または、0.1 mm × 0.03 mm 程度の柱状結晶として細粒部に散点し、あるいはやゝ集合して脈状をなす。血赤色ないし橙黄色を呈し、ほとんど異方性を示さないが、柱状のものでは直消光を示すものがあり、光学性はフェルグソン石によく一致する。その含有量を鏡下でロシワル法により測定すると 1.7% でこの鉍物中に 3% の  $U_3O_8$  を含むとすれば (本邦鉍物図誌第 4 巻記載の分析例では飯坂産のもので 5.43%, 波方産のもので 3.18% の  $UO_2$  を含む)、岩石中の  $U_3O_8$  は 0.05% となり、分析結果とよく一致するので、本鉍物の存在がこの部分の岩石に異常な放射能強度を与えているものと思われる。

## 6. 結 論

入坑可能なすべての坑道と若干の露頭部について、Phillips 製 Survey meter により放射能を測定したところによれば、岩石の種類と count との間には明瞭な規則性があり、岩石ごとに特徴的な count の変化範囲が

認められる。したがって Survey meter を一般地質調査の補助手段として利用すれば、調査を能率的に行うことができよう。特に坑内では岩石別の count の差異が誇張して表われるので、坑道が矢木に包まれて岩石がみられないような場合でも、Survey meter の使用によって、ある程度岩石を推定することも可能である。この場合ラドン存在に注意する必要があることはいうまでもない。

本鉱山の放射能調査によつて、明らかになつたおもな事項は次の通りである。

- 1) 岩石の放射能は、粘板岩・石灰岩・鉍石・スカルン・花崗閃緑岩の順に高くなる。
- 2) count の地表測定値は、坑内測定値に比較して岩石別の差が小さい。
- 3) 花崗閃緑岩の最大 count は、坑内 123 c/min, 地表 56 c/min (自然計数 22~23 c/min) で、その  $U_3O_8$  含有量は前者が 0.019 %, 後者が 0.048 %である。
- 4) 以上の2つの例外的に高いものを除けば、花崗閃緑岩の坑内測定値は大略 26~65c/min である。その  $U_3O_8$

含有量は、いずれも 0.001~0.002 %で、count との間に規則性はみられない。

5) したがつて花崗閃緑岩の放射能強度は、主としてトリウムの含有量に支配されるものであろう。

6) 花崗閃緑岩の副成分鉍物のうち、トリウムを含むものとしては、チタナイト・燐灰石・褐簾石・チタン鉍鉱などがあるが、そのトリウム含有量はまったく不明である。

7) 最大のウラン含有量 ( $U_3O_8$  0.048 %) を示す花崗閃緑岩中には、フェルグソン石らしい鉍物の微晶が認められる。

8) その他の花崗閃緑岩は、一般にウラン含有量に乏しく、資源としての価値はない。

9) 鉍石中では放射能がスカルンよりもさらに低くなるので、放射性鉍物の存在は予期しえない。

(昭和 29 年 9 月~10 月調査)