

岐阜県恵比寿鉱山母岩および鉱脈中の微粒放射性鉱物

早 瀬 一 一*

Minute Radioactive Minerals in the Quartz Vein and Wall Rocks of Ebisu Mine, Gifu Prefecture

By

Ichikazu Hayase

Abstract

The radioactivity distribution in rocks from the Ebisu tungsten mine was measured by means of autoradiographic method. Greisen was impregnated with radioactive elements, caused by such as biotite or ferruginous and manganous deposit with feeble radioactivity. One minute uraninite-like mineral was found in greisen.

要 旨

岐阜県恵比寿鉱山は苗木花崗岩の北西隅に位し、鉄マンガン重石・黄玉・錫石を産するグライゼン化作用を伴う重石・石英脈鉱床からなり、これに伴なつて放射性鉱物の産出する可能性が強い。それで、ここでは放射性物質に富む花崗岩と重石・石英脈の鉱化作用の間の放射性物質の挙動を、オートラジオグラフにより明らかにしようとした。

本鉱床は花崗岩・石英斑岩・花崗斑岩を母岩とし、鉱脈附近ではそのおのおのがグライゼン化を受けているが、各岩石の薄片を用い、オートラジオグラフ用コンタクト型乾板による4週間の密着露出の後、検鏡の結果次の事実を得た。

1. 岩石中放射性物質は石英脈中から母岩のグライゼン化を受けた部分に多く、特に脈に接した部分に多く、脈を離れると急に少なくなる。
2. グライゼン化を受けた花崗岩・石英斑岩中の放射性元素の分布にそれぞれ特徴があり、グライゼン化を受けた後でも源岩がわかることがある。
3. 雲母類相互間の放射性物質の挙動が明らかになった。

1. 緒 言

苗木地方は苗木石・恵那石・モナズ石等の放射性鉱物を砂鉱として産する。恵比寿鉱山はこの苗木型花崗岩の周辺部にあたる北西隅に位し、鉄マンガン重石・黄玉・

錫石等を産するが、これらに伴なつて放射性鉱物を産する可能性が多い。重石の選鉱過程における廃石および精鉱中に相当量の放射能を認めるのもこのためである。ここでは放射性物質に富む花崗岩と重石石英脈の鉱化作用の間の放射性物質の挙動を明らかにした。研究した方法は岩石薄片のオートラジオグラフによる放射能検出であり、限られた標本および顕微鏡下の限られた視野の範囲内では、見落された点も少なくないであろうが、その大要を述べよう。

なお、現地において種々御教示にあずかつた東京大学片山信夫教授、元所員三堀照夫氏ならびに恵比寿鉱業所長山田宗璋氏に深謝の意を表する。

2. 方 法

カバーガラスをかけない岩石薄片を用い、オートラジオグラフ用コンタクト型乾板を使用して密着露出した。露出時間はすべて4週間行い、概査検鏡の結果さらに露出を加減することにより、鏡下でαトラックを数えるに適当な乾板を得た。岩石薄片中でみられるような1mm以下の微粒放射性鉱物では、ジルコンで2週間から4週間、モナズ石で1週間、エナ石で1日間の露出が適当である。岩石薄片の表面は平らに研磨されたものをさらによく水洗することが必要である。これはエナ石のような軟らかで強放射性の鉱物があるとき、研磨作業の途中で黒雲母の間等に挟まれるおそれがあり、この結果機械的な放射能汚染をもたらすからである。乾板の現像処理はその目的によつて早目に切り上げたり押ししたりする。高倍率でαトラックを数える場合には、現像時間を

* 地質調査所調査員、京都大学助教授

短かくした方がバックグラウンドの銀粒子が少ないため都合がよい。概査の目的で放射性鉱物による active center をさがすには、薄片と乾板を露出時と同じ位置に重ね合せて、鏡下で 60~100 倍で走査するが、この場合には乾板はできるだけ現象を押してはつきりした α トラックを得ることが望ましい。みつかった active center には乾板の裏にスタンプ式のマルキェルアパラートその他で印をつけるか、顕微鏡のメカニカルステージの目盛によつてその位置を確かめておく。くわしく検鏡するには乾板のみにて約 1,000 倍で浸液系の対物レンズを用いるのがよい。この場合にはまず低倍率で位置を確かめる必要上、対物レンズがレボルバー式のものが便利である。鏡下で薄片中の active center をさがすときはジルコンやモナズ石のような高屈折率の微粒副成分鉱物や多色性ハロが手がかりになるが黒色不透明鉱物の場合は見落すおそれが多い。特にこの点は coating method や stripping method によるオートラジオグラフの場合には不都合である。薄片と乾板を重ね合わせるのに、鏡下において多少ずらせて検鏡することにより、この目的を達することができる。鉱物中における微細な放射能分布を精密に知るには、接眼鏡中に適當の大きさの正方形のスリットを設け、メカニカルステージの移動によりこの視野を前後左右にいくつも繰返すことにより測定を達する。後に述べる黒雲母等の放射能分布は、約 1,200 倍で視野 55 μ 正方のものを繰返し移動して測定した。鉱物中の放射性物質が Th であるか U であるかを定性的に判別する方法は次の通りである。

(1) 45 μ 以上の α トラック (RaC' より長いもの) がある場合は Th が相当多いと考えられる。この場合総 α トラック数は数百本である必要があり、長いトラックは数本にすぎない。全部の α トラックを 1 本づゝ長さをはかり、その割合を出せば Th と U の含有量の比が定量できるが、著しく手数のかゝることである。

(2) 50 μ 以上の膜の厚さをもつ乾板を使用した場合には、垂直に長い (定着処理の結果、臭化銀を溶かし出すので処理後は膜の厚さは薄くなる) 20 μ 以上の α トラックが多い場合も Th の割合が多い証拠である。

(3) 雲母に多色性ハロがみられる場合は、その大きさにより (半径またはハロの幅) Th 鉱物であれば 41 μ の ThC' ハロを、U 鉱物であれば 32 μ の RaC' ハロをもつ。

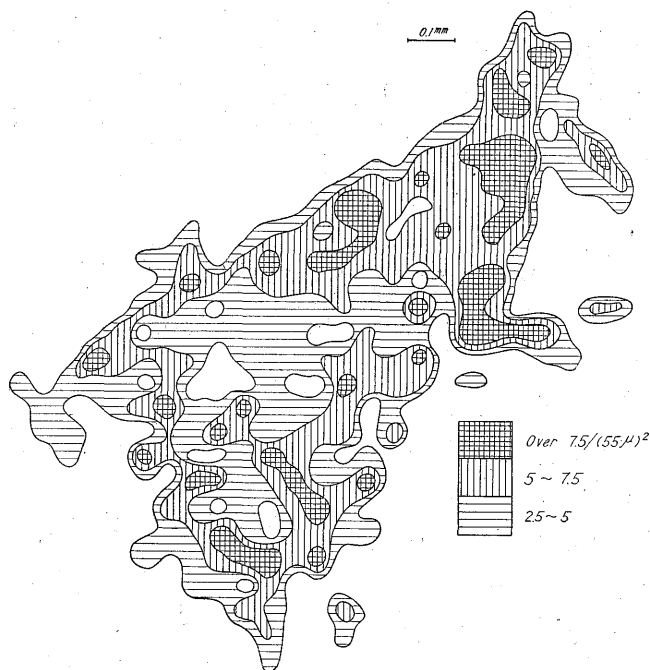
3. 花崗岩中の微粒放射性鉱物

恵比寿鉱山ではまったく新鮮で変化を受けていない花崗岩はみられないが、湊山坑 C2, C5 等^{註1)}は比較的グライ

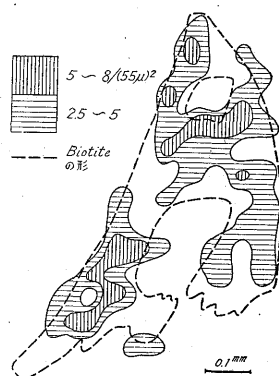
ゼン化の少ないものであろう。これらの花崗岩は苗木地方に広くみられるものと同じく、しばしば uranothorite 程度の強放射性微粒鉱物を含み、またジルコン・モナズ石程度の放射能のものも多数含有する。C2 においては黒雲母中に多色性ハロをつくるもの、長石・石英の間にあるものなど種々あり、ジルコン・モナズ石程度の放射能のものでは、 $T\alpha=0.53, 0.91, 1.02, 1.17, 1.26, 1.77, 1.80, 1.82, 2.75, 3.08, 5.44$ 等あり、最後の最も強放射性の鉱物が石英中にある以外はすべて黒雲母、または白雲母中にある (こゝに $T\alpha$ の値と U, Th の含有量の関係は鉱物中に U 1% に対して、 $T\alpha=1.3$, Th 1% に対して $T\alpha=0.4$ の放射能に相当する²⁾)。はつきりした結晶形からジルコンとかモナズ石と判明するものもあるが、わからない場合も多い。以上のような放射能的傾向は、C5 にもみられ、特に黒雲母より白雲母の多い部分に微粒放射性鉱物が多い傾向がある。 $T\alpha=0.59, 1.00, 1.37, 2.96, 3.20$ 等種々の程度の放射能を示す。この花崗岩の黒雲母はかなり強い放射能を示す。第1図はこのうちの一片の黒雲母の放射能分布図 (露出 28 日、総トラック数 1,342 本) で放射能は不均一であるが、平均して $T\alpha=0.077$ である。こゝにみられるものには黒雲母中に特に著しい active center がないこと、放射性物質の不均一性が著しいこと、特にまわりに接する主成分鉱物が石英か正長石かにより放射能の差がみられ、石英側に少なく正長石側に多い傾向にある。また黒雲母の周辺部に多く中心部に少ない点から、放射性物質が二次的に沈殿した可能性が強い。第2図は同様の黒雲母で総トラック数 250 本で $T\alpha=0.050$ であり、黒雲母中に褐色のしみのある部分に放射能が強く、中心部に含まれる石英白雲母の部分にまつたくない。この例でも不均一であり、また外部から二次的に放射性物質が沈殿したものとみられる。第3図も総トラック数 231 本で $T\alpha=0.038$ を示す。放射性物質の沈殿は黒雲母の片理の方向に関係があるらしい。以上3つの黒雲母は同一薄片中のもので放射能がそれぞれ異なつた値を示す。また図の通り各個体中でもきわめて不均質である。これと同様のことは田ノ上山花崗岩の接触部に近い部分に局部的に発達している³⁾。

C1 (湊山坑) 花崗岩では第4図のような放射能分布を示す黒雲母がみられる。中心部は褐色で放射能を示さず、周辺部の緑色部にのみこれがみられる。図は黒雲母の概形とその放射能によつてできた α トラックの分布を

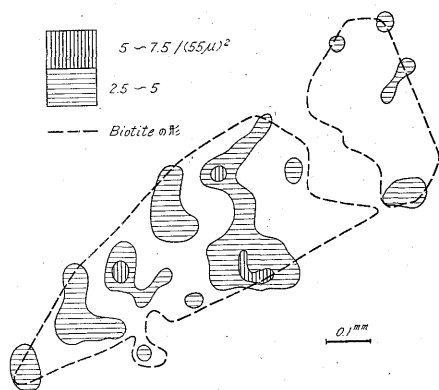
註1) C2, C5 などの標本番号は片山信夫による調査のそれと同一である。



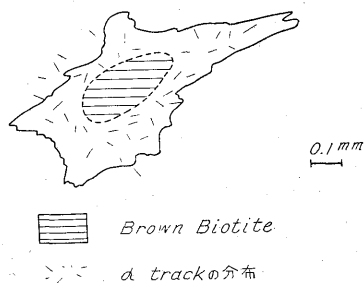
第 1 図 C5 花崗岩中の黒雲母の放射能分布図 (28 日露出)



第 2 図 C5 花崗岩中の黒雲母の放射能分布図 (28 日露出)



第 3 図 C5 花崗岩中の黒雲母の放射能分布図 (28 日露出)



第 4 図 周辺部が緑色の黒雲母中の放射能分布

示すものである。

4. グライゼン

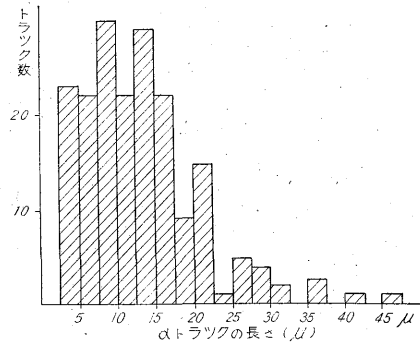
図示したものである。この花崗岩では黒雲母中に Th ハロをもつ黄褐色の鉱物があり $T\alpha=5.97, 7.23, 8.50, 9.21$ である。 α トラックの分布より、これらの鉱物はまわりの造岩鉱物より軟かく凹んでいることがわかる。また石英中に完全なメタミクトの鉱物で $T\alpha=18.8$ のものや、ジルコン・モナズ石程度の放射能 ($T\alpha=0.87, 4.34$) の鉱物粒がある。C22 (湊山坑三番坑三号鍾) 花崗岩中の黒雲母の一部が褐色化して放射能があり、C11 (湊山坑口から 102 m 軟花崗岩) も他の花崗岩と同じく石英・長石・雲母いずれの造岩鉱物中にも放射性微粒鉱物を含む。C28 (湊山坑三番坑三号鍾東引立) は多少斑状を示す以外は他の花崗岩と同じであり、花崗岩の周辺相を

花崗岩のグライゼン化を受けたものは、黒雲母自身のなかに始めから残っている微粒放射性鉱物の存在や、花崗岩質構造の残っていることから、石英斑岩のそれと区別できる。黒雲母中に微粒放射性鉱物が多数あることや、黒雲母自身の一部が褐色ないし黒色に変化して放射能をもっていることは、前項の花崗岩のところで述べた通りである。この種の岩石もグライゼン化作用を強く受けたとはいえ、受けない花崗岩と同じく石英や曹長石質斜長石のなかに強放射能の微粒鉱物をしばしば含む。C4 (湊山坑口近く) はグライゼン化した花崗岩で、見掛け上赤褐色をしたものである。

この岩石で特に注目すべきことは、岩石の割れ目にそ

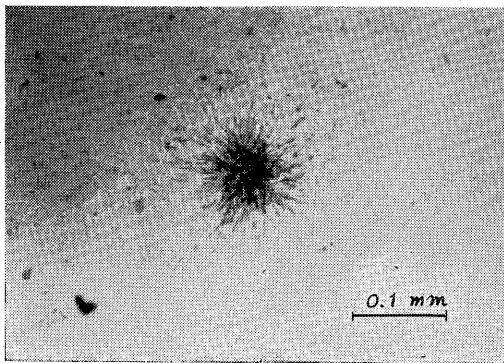
つた鉄マンガン質の沈殿物に放射能のあることである。この沈殿物がよく集中しているところでは $T\alpha=0.24$ に及ぶ。黒雲母も部分的には褐色化し、さらに黒化している場合が多く、細脈状の沈殿物であるか、黒雲母の変化物であるか、鏡下では形態のうえ以外では区別しにくい。この岩石中の黒雲母の放射能は、 $T\alpha=0.019, 0.023, 0.029, 0.039$ の値を示し、赤褐色の銹色が著しくなるにつれて、放射性物質の沈殿も進んでいる。石英にかこまれた雲母質物質の塊で、鉄マンガン質沈殿物の充填されているものでは $T\alpha=0.058$ を示す。微粒鉱物では花崗岩と同じく石英中に $T\alpha=20.2$ の強放射性鉱物があり黒化している。黒雲母中には $T\alpha=1.46, 3.35$ 等ジルコン・モナズ石に相当する放射能の鉱物が多くみられる。

C6(湊山坑口から 75 m)は硬い青色の岩石で花崗岩のグライゼン化を受けた新鮮な岩石である。微粒放射性鉱物がきわめて多く、白雲母に伴なうものが多い。 $T\alpha=5.14, 6.70, 11.1, 11.6, 18.0, 20.8$ 等でモナズ石からエナ石程度の放射能の鉱物が多い。これらの鉱物は強放射能のものではメタミクト状の光学性を示すか黄褐色のシミまたは雲母物質からなるハロをもっている。C7(湊山二号坑右へ 10 m 南側)も C6 と同じような岩石であり、黒雲母・白雲母中に微粒放射性鉱物を多く含む。いずれも Th ハロをもつ $T\alpha=16.3, 33.8, 35.6$ の放

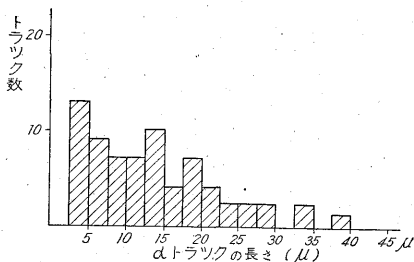


第6図 C7中のエナ石によるαトラツクの長さの割合

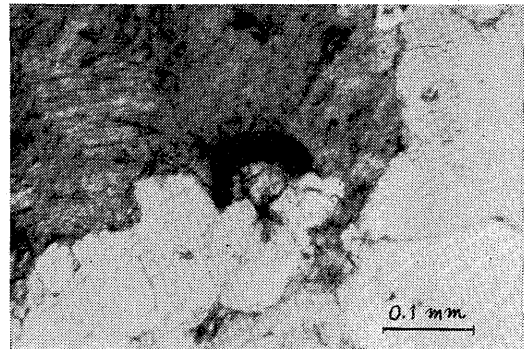
射能をもつ。図版1はエナ石の28日露出によるオートラジオグラフである。この種の強放射性鉱物二粒についてαトラツク数とそれぞれの長さの分布を測定したところ第5.6図を得た(5日露出, 第5図は70本, 第6図は190本のαトラツク)。いずれも長いαトラツクの数が比較的多く, Th の含有量が比較的多いことを示している。このことは図版2のように Th ハロをもっている点からも当然のことである。最も放射能の顕著なものは C6 の石英中に含まれる 正方形に近い 微粒の黒色鉱物で



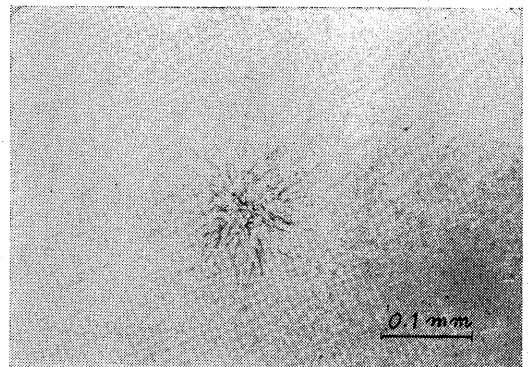
図版1 エナ石の28日露出 (C7)



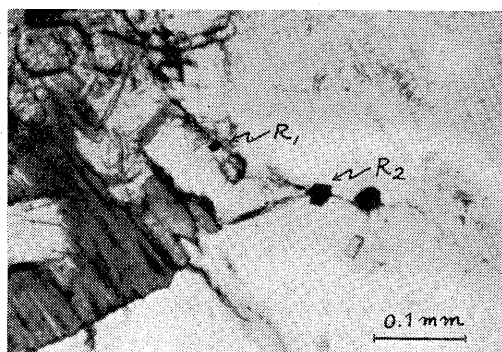
第5図 C7中のエナ石によるαトラツクの長さの割合



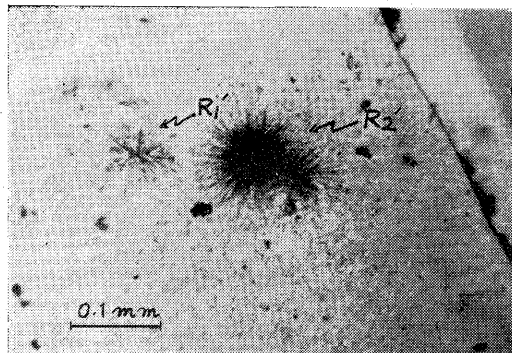
図版2a エナ石とトリウムハロ (C7)
鉱物のまわりに黄色ハロがありさらに Th ハロがかこむ



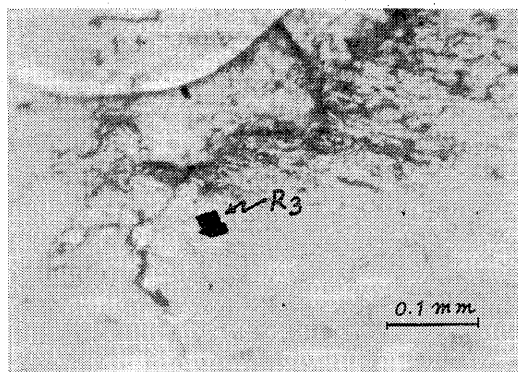
図版2b aの鉱物の4日21時間露出



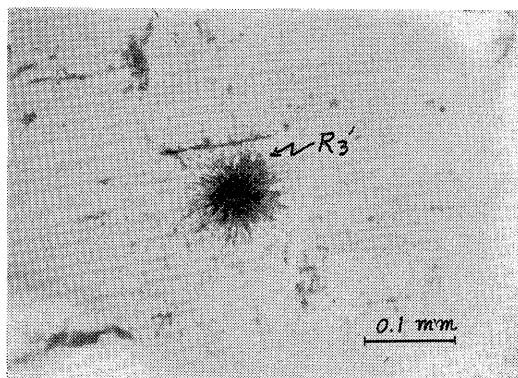
a



a'



b



b'

図版 3 岩石中の Uraninite

a 瀬戸雲興寺石切場花崗岩中

b エビス鉱山濃山坑 C6 グライゼン中

R1..... $T\alpha=147$

R2..... $T\alpha=179$

a' a の 28 日露出オートラジオグラフ

b' b の 28 日露出オートラジオグラフ

R3..... $T\alpha=145$

ある。 $T\alpha=145$ で図版3に示す通り28日露出で著しいハリネズミ状の α トラックが得られる。このようなものは花崗岩中にもまれにはみられるもので田ノ上山花崗岩、瀬戸花崗岩で各一例を得た。ただしこの放射能の値 $T\alpha=145$ は $23.5 \times 27 \mu$ のような微粒のものの薄片中におけるものであるから、 α 線の透過飛程を考慮に入れ

ると、実際にはもつと大きい値の可能性が多い。第1表はこれらの鉱物の放射能を Yagoda²⁾の値と比較したものである。C24, C23 (濃山坑三番坑三号鍾)はエナ石程度の強放射能の鉱物があり、C5と同じく緑色の黒雲母にやゝ放射能が認められる。

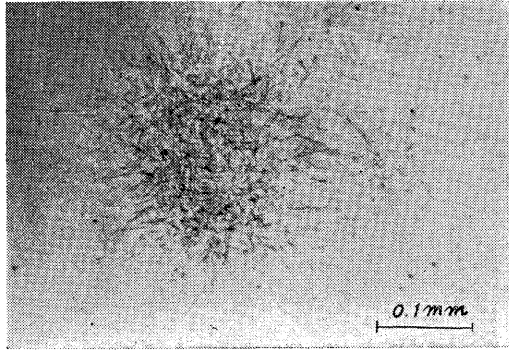
5. 石英脈

C30(本山坑)は比較的強い放射能をもつた微粒鉱物が少数みられる。 α トラックの分布は石英質の部分に少なく、雲母質の部分に多い。特に雲母が緑色ないし暗色である場合に放射性を帯びる。緑色雲母に伴なわれる微粒鉱物で $T\alpha=1.17$ のものがあ、磁鉄鉱粒に伴なうエナ石程度の強放射能鉱物もみられる。

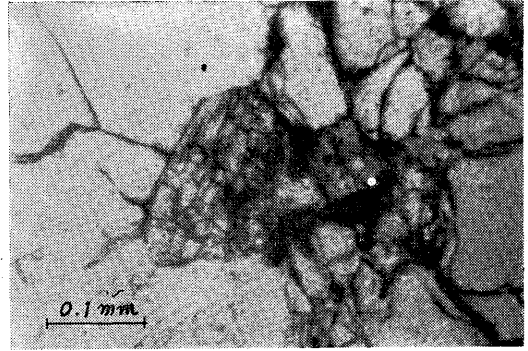
石英脈と石英斑岩のグライゼン化した部分との間の放射能分布の明瞭にみられるのはC17(本山坑13m坑二号鍾)である。石英脈の石英部分には微粒の弱放射性鉱物が、僅かに認められるのみで岩石全体の放射能はきわめて低い。一方界を接するグライゼンの部分には、やゝ

第1表 黒色不透明鉱物の強放射能

鉱物名	放射能 $T\alpha$ (研磨面 1cm^2 当り 毎秒の α 粒子の射される数)
Uraninite	215—160
Bröggerite	170—160
Cleveite	176
Pitchblende	186—140
Thorianite	111—76
瀬戸雲興寺花崗岩中	
A	179
B	147
恵比寿, グライゼン C6中	145



a



b

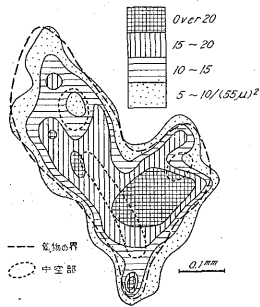
図版 4 C40 中のモナズ石とそのオートラジオグラフの28日間露出

放射能の強いモナズ石程度の $T\alpha=2.0, 2.06, 2.68$ の鉱物がある。グライゼン中で石英脈に近い部分に、このような鉱物が特に集中している。これは石英脈の貫入によつて母岩の放射性物質を増すことを示すものである。

C3 (湊山坑) 石英脈は、石英中にはまったく放射能がなく、白雲母の集合しているところにはやゝ放射能がある。多分次の C52 の例にみられるような、白雲母の集

合に伴う鉄マンガン質物質の微細なものが散点するためであろう。

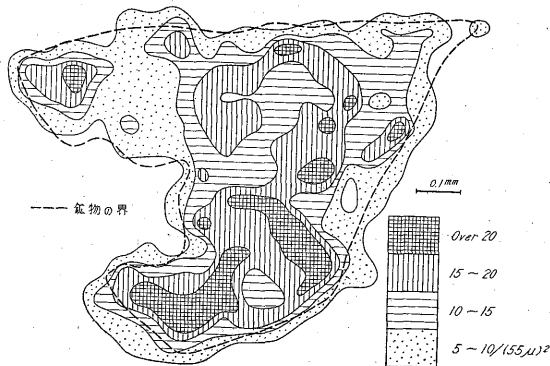
C52 (湊山坑三号鍾, 0 m) は絹雲母化石英脈で、脈石英間の絹雲母に随伴して黒色不透明 (一部分は赤褐色透明) の鉄マンガン質沈殿物があり、 $T\alpha=0.32$ (第7図総トラック数 686 本)、 $T\alpha=0.23$ (第8図総トラック数 2211 本) がみられる。さらに細かいものでは $T\alpha=0.41, 0.34, 1.03$ 等があり、放射能は一定していない。最後の $T\alpha=1.03$ のものは既存の放射性鉱物の黒化によるものうたがある。いずれの場合でも図にみられる通り、きわめて不均質な放射能分布を示す。このほか石英中にエナ石程度の強放射能の微粒鉱物が存在するが、二次的に黒化している。



第7図 絹雲母中の鉄マンガン質沈殿物の放射能分布 (C52)

6. 花崗斑岩

本来石英斑岩と同類の岩石であるが、本山坑においては結晶が進んでいるために湊山坑の石英斑岩と区別する。C42 (本山坑地並) の花崗斑岩中の黒雲母塊のなかに、



第8図 絹雲母中の鉄マンガン質沈殿物の放射能分布 (C52)

や、粒の大きい(顕微鏡的にいつて大きいので $40\sim 50\mu$ 程度のもの) モナズ石程度の放射能の鉱物が数個ある。C40(本山坑地並)も同じでモナズ石の結晶がみられる(図版4)。C32(本山坑)も同じである。C33(本山坑地並)はモナズ石級の放射能をもつ微粒鉱物のほかに、赤橙色の強放射能をもつ微粒鉱物を含む。C39(本山坑地並)は黒雲母の塊そのものが放射能をもち、 $T\alpha=0.5$ 程度である。この黒雲母の塊のなかに、ジルコン・モナズ石がみられるのは C38, C37 も同様である。全般的にみて、湊山坑の石英斑岩よりも本山坑の花崗斑岩の方が微粒副成分鉱物の粒が大きく、また数も多い傾向にある。特に鉱脈の影響を著しく受けたと思われる例 C41 では、黒雲母の結晶も大きく、数も多い。C34 も同様のものであるが、石基中に長方形の不透明な黒色物質があり、 $T\alpha=0.96$ を示す。 α トラックのうちに ThC' に相当するものが認められる結果、放射能は大部分 Th 系のものと考えられる。

C20(本山坑 13m 坑二号鍾)の細粒花崗斑岩では、放射性微粒鉱物がやゝ多くみられ、 $T\alpha=0.79, 1.40, 2.30, 3.74$ 等でジルコンやモナズ石に相当する。

7. 石英斑岩

石英斑岩または石英斑岩中のホルンフェルスでは、花崗岩の影響で淡緑色黒雲母集合があり、このものに限り放射性微粒鉱物を含む。およそジルコン・モナズ石程度の放射能で、特に強いものはみられない。C12, C13 がこの例である。こゝで面白いのは C12(湊山坑)は石英斑岩(C13 湊山坑)中のホルンフェルス捕獲岩に近い部分であり、石英斑岩のホルンフェルスに対する接触部に近く微粒鉱物が多い。C13は微粒放射性鉱物が少なく、特に褐色黒雲母の集合した部分があるものではこの傾向が強い。このような褐色黒雲母の集合の例は、C18(本山坑 13m 坑二号鍾)の斑晶の大きい石英斑岩にもみられ、やはり放射能も低く微粒放射性鉱物も少ない。この褐色黒雲母の集合が緑色になり、放射能をもつことは花崗岩の影響によるものである。

C51(湊山坑四号鍾西引立)は肉眼でも鏡下でも完全なホルンフェルスで放射能も弱く、微粒放射性鉱物も少ない。黒雲母は褐色であり花崗岩の影響が少ない。

C29(湊山三番坑三号鍾)は比較的新鮮な石英斑岩であるが、やはりグライゼン化を受け白雲母の多い部分に限り、微粒放射性鉱物が散点しており、塵状によれた部分は特に放射能が集中している。しかし岩石全体としては放射能が弱い。同様のことが C27(C29の近く)にもみられる。

石英斑岩で結晶が進み、花崗斑岩ともいべきもの

で種々あるが、グライゼン化の影響を受けない限り放射能は弱い。淡緑色の黒雲母集合のところに限り、放射能が集中している。なかには淡緑色の黒雲母集合に多色性ハロと同効果の暗黒色化により、全体が暗黒色の場合さえみられる。C16(本山 13m 坑二号鍾), C19(同じ), C36(本山坑地並)では皆同様の放射能的傾向を示し、結晶間隙の黒雲母の集合部に放射能が集まる。

C48(湊山坑四号坑西引立)ではホルンフェルスと石英斑岩の接触部(花崗岩貫入以前の石英斑岩の接触)がみられるが、両岩種の間に放射能の差は認められない。

8. 花崗岩と石英斑岩の接触部

C50(湊山坑四号坑西引立)は花崗岩と石英斑岩の接触部であり、放射性物質の分布が明瞭にみられる。両岩種の界に沿い、花崗岩中においては強放射性的の微粒鉱物(モナズ石・エナ石級のもの)が集中するが、必ず黒雲母に伴なわれるもので、微粒で $20\sim 30\mu$ 以下である。黒雲母も緑色一暗緑色のものが多く、これ自身も放射能をもつ。これに対して石英斑岩は花崗岩の影響を受けたためにできた黒雲母の集合物に放射能がある。この集合物中に微粒な放射能鉱物もみられるが、花崗岩中におけるほど著しくない。石英斑岩中の放射性物質集合は、接触部をはなれると急に少なくなる。やゝ離れた点では黒雲母集合は緑色より褐色の新鮮なものに変わる。

C48(接触部より約 1m)ではジルコンやモナズ石様微粒鉱物が石英斑岩としては多いが、黒雲母には伴なわないうで石英・長石の間に存在する。この種の放射性物質は黒雲母に伴なう接触部附近のものと異なり、さらに早期にできたものであろう。

9. 結 論

1. グライゼン化に伴ない放射性物質の沈殿が行われる。
2. 岩石中放射性物質は石英脈中より母岩のグライゼン化の部分に多く、特に脈に接した部分に多く、脈を離れると急に少なくなる。
3. グライゼン化を受けた花崗岩・石英斑岩のなかの放射性元素の分布に、それぞれ特徴があり、グライゼン化を受けた後でも源岩がわかることがある。
4. 褐色黒雲母一緑色黒雲母一淡緑色黒雲母一白雲母と変化するにしたがつて、雲母中の放射能が増加してまた減少する。褐色黒雲母や緑色黒雲母にはジルコン、その他の微粒鉱物が多いが、白雲母ではモナズ石に限られる。
5. 黒雲母がグライゼン化その他の鉱化作用により、緑色化、褐色化(褐鉄鉱質の沈殿による)が進むと放射能

は強くなるが、なかの放射性包有物は少なくなる傾向がある。

文 献

- 1) Hayase, I.: The Radioactivity of Rocks and Minerals Studied with Nuclear Emul-

sion, III, Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto, Ser. B, Vol. 22, 1955

- 2) Yagoda, H.: Radioactive Measurements with Nuclear Emulsions, New York, Willey, 1949