

## (2) 三朝附近の花崗岩の放射能的特徴と 三朝温泉沈澱物の放射能

京都大学理学部地質学鉱物学教室

早 瀬 一 一

### 緒 言

放射能泉のある地方の地質は多くは花崗岩或いは酸性岩である。例えば増富，池田，有馬の諸鉱泉はすべてこれであり，三朝温泉，関金温泉もこの例である。苗木地方の花崗岩地域中の鉱泉，湧水が多かれ少なかれラドンを含有することも同様のものであろう。従来（大体今次大戦前）の岩石放射能，特に花崗岩放射能に対する諸研究に於ては花崗岩は完晶質であるが故にその中の放射性物質はほとんどすべて微粒副成分鉱物（例えば褐簾石，ジルコン，モナズ石，クサビ石，ゼノタイム等）に集中して他の部分或いは他の形で含有せられるものは少いと考えられて来た。この考えから花崗岩は出来るだけ緻密で新鮮なものが研究試料となった。（この傾向は花崗岩岩石学に於ても同様であり，多量に又屢々存在するが岩石薄片のつくり難い様な試料は研究の対象にならなかった）従て花崗岩中の放射性物質は常に放射平衡にあると看做されて来た。然し近年（大戦後）この方面の研究が進み花崗岩中の放射性物質の分布が明らかになり，花崗岩中の放射性物質は必ずしも完全な放射平衡にないらしいということ，更に花崗岩中には副成分鉱物に含まれる放射性物質(A)以外の形の放射性物質(B)が含まれ両者の割合はまちまちであるが後者の(B)がかなり多量に存在することもわかって来た。筆者はこの種の放射性物質(B)——硬くて風化に耐えう

る微粒副成分鉱物以外の放射性物質——に興味をもち花崗岩の固結終末期以後の放射性物質の挙動について研究を進めて来た。たまたま岡山大学温泉研究所長坪井誠太郎博士の御指導により三朝の強放射能泉とこの附近の花崗岩の相互関係について研究をする機会をあたえられた。こゝに坪井所長はじめ梅本教授，森永教授，相馬氏，田中氏，平井氏その他，研究所の方々に深甚の謝意を表す。又ラヂウム測定の労をとられた京都工織大，浅山博士に深謝する。本研究は未完であるが現在までの結果をまとめ今後の研究の方向を考察してみた。

### 三朝附近の花崗岩の放射能的特徴

既に緒言に於て述べた如く(B)の種類放射性物質こそ花崗岩の岩石学，放射能，地球化学を研究する上に重要な役割をなすものである。勿論(A)の副成分鉱物も各地の花崗岩塊によって差のあることが認められるが二つの花崗岩で放射性微粒鉱物の組合せが同一であるからといって必ずしも一連の，又同一時代の花崗岩であるということは出来ない。例えば花崗岩中に屢々見られる褐簾石についていえば，京都府に於ては北白川花崗岩には全体に多く見られ特に岩塊の周辺部のゼノリス状部分に著しい。田ノ上山花崗岩にてはゼノリス状部分に限りわずかに見られる。領家式花崗岩中には一般に多い。これに反し行者山花崗岩では全く見られない。（早瀬，堤 1956）。

三朝附近の花崗岩にも広く褐簾石が見られる。この点は丹後の花崗岩と同様である。本地域の花崗岩中の微粒放射性鉍物は局部的に強放射性鉍物（モナズ石よりウラノトーライト程度の放射能）が集中する場合がある。本地域の花崗岩と他の花崗岩——例えば田ノ上山、苗木、北白川、行者山、比良その他各地の領家花崗岩——との異っている点は次の如くである。(1) 褐簾石程度の放射能で二次的に変化した鉍物が多い。(2) 赤色——赤褐色——黄褐色の鉄質沈澱物が黒雲母を交代し又は岩石中の細いわれ目に充填しており、これが弱い放射能をもっている。量は相当多い場合がある。(放射能の程度は褐簾石の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 程度)(3) 黒雲母自身が放射能をもっている。特に赤褐色化しているときはこの傾向がつよい。(4) 微粒放射性鉍物（多くはジルコン及びモナズ石等）はほとんど磁鉄鉍粒に伴い又この中に包有物として存在する、この点は三朝附近に限らず山陰—北陸の水鉛鉍床を伴う花崗岩に共通した点で領家及び苗木—田ノ上の花崗岩には全く見られない。その結果、微粒放射性鉍物が黒雲母中に入っている場合が少いから多色性ハロが少い。又この種の花崗岩起源の磁鉄鉍を砂鉄原料として用いたカラミ中には放射性微粒鉍物が多い。(5) 斜長石の塩基性中心部が変化して絹雲母化している場合とか、加里長石がカオリン化している部分には弱い放射能が見られる。

上記の如き花崗岩中の放射性物質は局部的にはいづれの花崗岩にも見られるものであるが本地域の花崗岩には特に多い。苗木、田ノ上山の花崗岩では黒雲母の放射能をもつ場合は接触部に近い部分に限られ、赤褐色の鉄質放射性細脈沈澱物は鉍床その他熱変質を受け

たと考えられる部分にのみ認められる。本地域の花崗岩の著しい放射能的特徴は(B)の放射性物質に富むこと及び(B)に移動し易い形の(A) 鉍物が多い点である。この点は本地域に強放射能温泉が存在すること、又最近発見されたU鉍床に密接な関連があると思われる。

(標本 285) 赤色黒雲母の放射能  $T\alpha$  0.003  
0.005 0.006 0.013 0.031 0.038 0.051  
0.095

(標本 270) 赤色黒雲母の放射能 0.011  
0.023 0.036 0.051

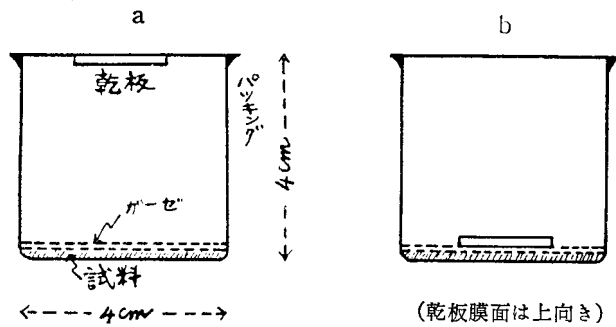
同一黒雲母でも石英に接した部分では放射能が弱く加里長石に接した部分に強い。

### 三朝温泉郡是神泉寮鷺の湯 の温泉沈澱物の放射能

三朝温泉のうちで花崗岩の割目から直接温泉の湧出するのが見られるのは大橋旅館及び神泉寮鷺ノ湯である。両者とも浴槽花崗岩に鉄マンガン質の黒色強放射能沈澱物が附着している。このものは東京大学化学教室 斉藤信房博士その他既に研究発表されたものである。鷺ノ湯の試料について岩石薄片オートラジオグラフにより $\alpha$ 放射能を測定した結果次の値を得た。

$T\alpha=0.612, 0.961, 1.24, 1.75, 1.77,$   
見かけ上の大きさからの $\alpha$ 放射能では褐簾石程度である。然し著しく多孔質であり同一重量のユークセン石粉末の約4倍の容積をもつため重量から考えると褐簾石の数倍の放射能であろう。同じもの、赤褐色の部分ではやゝ放射能が弱く石灰質沈澱物と交った部分の一例では  $T\alpha=0.58$  を示す。浅山博士のRa測定によると鷺の湯のものは  $3.75 \times 10^{-8}$  Ra/g であり、大橋旅館のものは  $5.74 \times 10^{-8}$  Ra/g である。鷺ノ湯の鉄マンガン質沈澱物0.3076

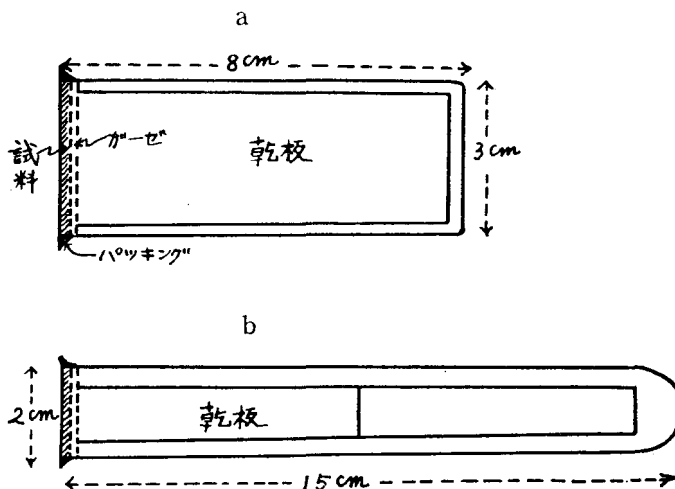
第 1 図



g (A試料) をとり第1図aの如き直径約4cmのガラス容器に入れその上をガーゼ4枚で被ひガラス蓋の内面に写真乾板を固着して2日間露出した。その結果乾板上には  $T\alpha = 0.920 \pm 0.063$  の  $\alpha$ トラックが得られた。比較のために U 10.80% Th 0.56% の南満州産のユークセン石粉末 0.3450 g (B試料) をとり同様の容器にて2日間露出した結果  $T\alpha = 0.207 \pm 0.014$  を得た。(両者とも露出時は約  $21^\circ\text{C}$ ) 即ちA試料はB試料に比し約4.5倍の **emanating power** を有する。但しこの方法ではガーゼ4枚のすき間から沈澱物及び放射能鉱物より直接の  $\alpha$ 粒子がもれて乾板上に達する恐れがあるため第1図bの如くして再び

試みた。(露出 0.75日 温度約  $21^\circ\text{C}$ ) この結果A試料に対しては  $T\alpha = 0.676 \pm 0.016$  B試料には  $T\alpha = 0.180 \pm 0.005$  の放射能を示し4.8倍の **emanating power** である。これは少なくとも沈澱物の方がユークセン石より Rn Tn 等が逃げ出し易い状態にあることが予想される。又この両試料を **water bath** 上で1.5時間加熱した後に同様の実験を繰返した。その結果A試料は  $T\alpha = 0.186 \pm 0.005$  B試料は  $T\alpha = 0.146 \pm 0.005$  両者の比は 1.27 に減じた。これにより約  $100^\circ\text{C}$  に於て温泉沈澱物の **emanating power** は室温 ( $21^\circ\text{C}$ ) より大きくなり、その結果熱処理後には  $0.186 / 0.676 = 0.275$  倍に減ずる。一方B試料では

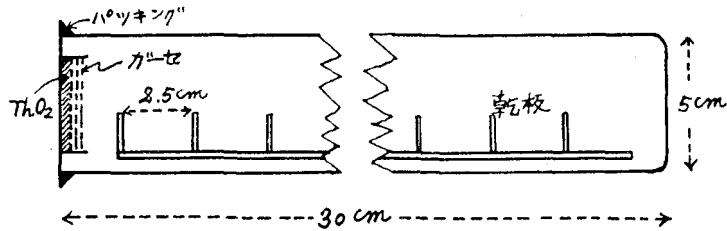
第 2 図



0.146/0.180=0.81 に減ずるに過ぎない。即ちA試料の方がB試料よりも加熱によるえいきょうが大きく約3倍の減少を見る。いづれにしてもこの温泉沈澱物は極めて emanating power の大きいものである。

ガラス板上にのせこの上をガーゼ8枚で被い、上記のガラス容器で密閉して放置した。少くとも6時間以上の露出によりαトラック数と時間が比例することをたしかめた後、約5日間露出後の乾板上のαトラックの分布をしら

第 3 図

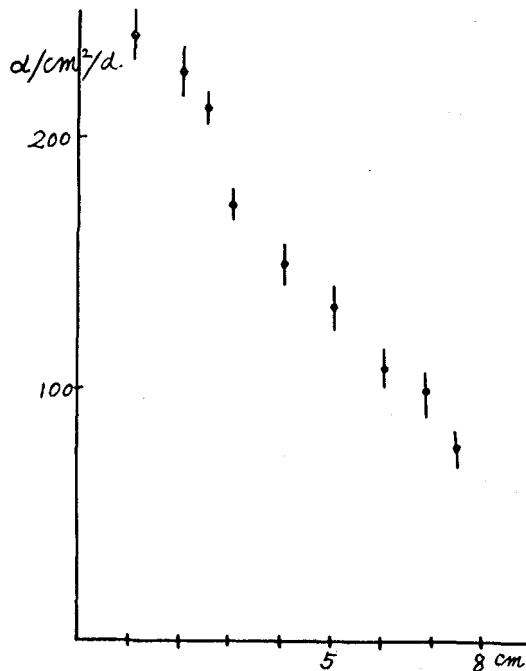


#### 放射性ガスの空気中への拡散状態

沈澱物より出る放射性ガスの空気中への拡散状態をしらべるため第2図aの如き四角のガラス容器を用いこの両壁に写真乾板を一枚づつはりつけた。約0.3gの沈澱物試料をガ

べた。第4図は試料よりの距離とαトラック数の減少の関係を示す。(特に写真乾板の周縁部ではαトラック数は容器の形に支配されることに注意する必要がある)約7cm離れたところでは1cmのところにくらべ約 $\frac{1}{3}$ に減ず

第 4 図



第4. 5. 6. 7 図の横軸は放射性試料よりの距離

る。この関係は容器の中心部でも周辺部でも同じであり、従って放射性ガスは大体容器中に一様に分布し、濃度は放射源物質よりの距離に比例して薄くなる。容器を横位置に置いて、その他どのような位置に置いても同様な結果が得られることは放射性ガスは比重が大であるにもかかわらず下方にのみ留まることはないことを示す。但し顕微鏡下の微細な視野の中では $\alpha$ トラックは比較的不均一な分布を示し、やゝ密集するところがあり放射性ガスが極めて稀薄に空气中に存在する状況を暗示する。

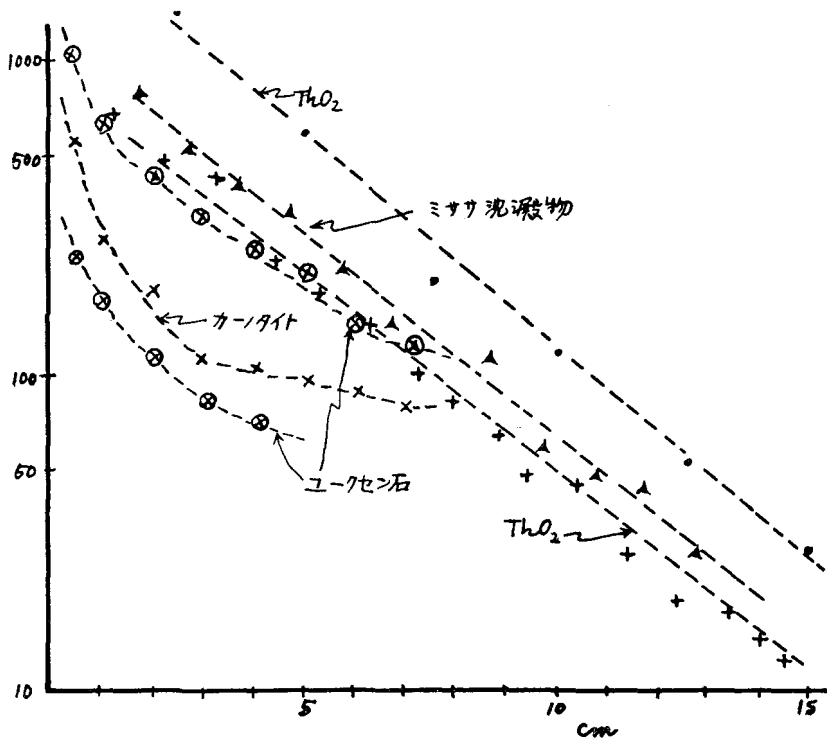
更に15cmの試験管(第2図b)を用いて放射性ガスの拡散をしらべた結果第5図の如くなった。比較のために純 $\text{ThO}_2$ より発生するTnによる結果を示す。但し沈澱物は5日2時

間50分の露出であり $\text{ThO}_2$ は2時間露出である。この両者の傾向が非常に似ている結果、放射性ガス中にはTnが多量に含まれていることが想像された。 $\text{ThO}_2$ による約30cm(第3図)のTnの拡散は第6図の如くである。

#### 数種の鉱物よりの放射性ガスの拡散

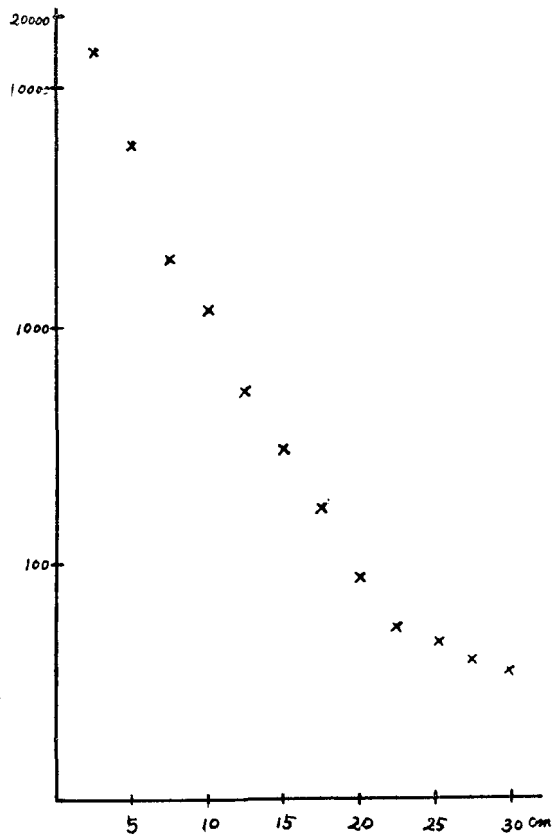
数種の鉱物、特にU多くThが全くないかあっても僅かな鉱物のカーノタイト、ピッチブレンド及びTh鉱物としてモナズ石について第3図と同様の実験をした。この結果第7図の如き関係が得られた。Uを含む鉱物では意外にはっきりAnのえいきょうを示している。源物質より1~3cmに強放射能を示し急に減少するのは明らかにU鉱物の特色でTh鉱物ではかゝる傾向は見られない。これは明らかにU鉱物よりのAnのためであろう。

第 5 図



第5. 6. 7図の横軸は乾板上単位面積上の $\alpha$ トラックの数  
第4. 5. 6. 7図の横軸は放射性試料よりの距離

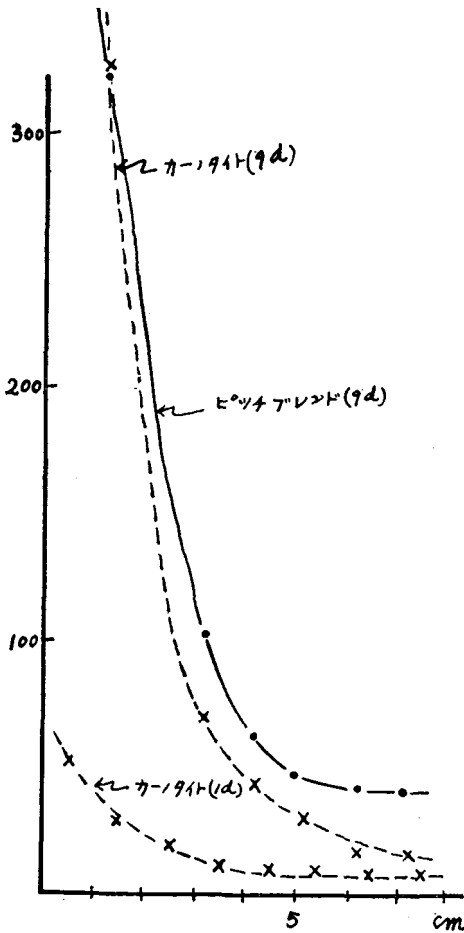
第 6 図



第 1 表

元素名	分岐比	αトラックの長さ $\mu$	半減期
Rn		25.8	3.825d
RaA		29.7	3.05m
RaC	0.0004	25.5	19.7m
RaC'	0.9996	44.0	$1.64 \times 10^{-4} S$
(RaF)		24.4	138d
An		36.1	3.92S
AcA		41.1	$1.83 \times 10^{-3} S$
AcC	0.9964	34.1	2.16m
AcC'	0.0032	41.5	0.005S
Tn		31.9	54.5S
ThA		36.0	0.158S
ThC	0.337	30.1	60.5m
ThC'	0.663	54.6	$3 \times 10^{-7} S$

第 7 図



Rn, Tn, Anのαトラックによる識別法

Rn, Tn, An 及びその放射性沈澱物のα放射能のα飛程及び半減期は表1に示す如くである。Rnの放射性沈澱物でRaDの如き長命のものがあるためRaFについてはこゝで考慮する必要がない。RaA—RaC', ThA—ThC' (或いはThA—ThC)の如きV字型のαトラックがそれぞれの固有のα飛程をもって見られる。V字型のαトラックでは空気中を全く通過しない全飛程があらわれる点が好都合である。αトラックの長さを測るには乾板現像後の収縮を考慮に入れて立体的に測定した。温泉沈澱物では53.7μ—35.8μ, 29.8μ

(ThC)—36.0μ, 51.4μ—36.7μ, 52.6μ—37.6μ, 53.7μ—29.4μ (Tn), 52.2μ—29.3μ (Tn?)の組合せよりThC'—ThAと考えられる。これらは明らかにTn由来のものである。又一方Rn由来のものも略同数V字型トラックとして見られた。次の組合せはRaC'—RaAでこれらは明らかにRn由来のものであり、温泉沈澱物中よりはRnとTnの両者が出ていることを示す。

43.7μ—28.2μ, 43.8μ—29.6μ, 42.9μ—28.2μ, 45.1μ—28.6μ, 41.5μ—28.0μ,

一方ユークセン石による結果ではRaC'—RaAのV字型トラックとして45.1μ—28.2μ, 43.8μ—28.2μ, 40.7μ—28.4μの如きものが見られTn由来と思われる組合せは全くない。

又カーノタイトではRaC'—RaCとして45.6μ—29.3μが認められる。

それでは前節にのべたU鉱物に於て源より1~3cmのところまで特に強いAnと考えられるαトラックについてはV字トラックは得られないだろうか。Anに於てはRn, Tnと事情が多少異り、AcAが $1.83 \times 10^{-3}$ 秒という極めて短い半減期のためTnの崩壊に続いて直ちにAcAが崩壊する。その結果AcAは放射性沈澱物として乾板上に附着する以前にAcBとなりあたかもAnの如きガスと同じく空気中に浮遊する。その結果、An系のものはすべて単一αトラックでV字型のαトラックは極めて偶然のものであろう。カーノタイトの結果で見ると放射源に極めて近いものでは単一αトラックはAn, AcA, AcCの飛程に相当するものが多い。

温泉沈澱物についてはAnのえいきょうが見られるかどうかは第4図をしらべて見る必要がある。これによるとAnはなくRnとTn

のみである。これは恐らく Rn が Ra 又は I。として存在し Th とともに Tn, Rn を放出するためであろう。

#### 花崗岩, 温泉沈澱物, 放射能泉の關係の考察

先に花崗岩の項で述べた如く三朝附近の花崗岩は二次的な風化した鉱物中に、又赤褐色、黒色の黒雲母風化物中に放射性物質を含有している。この様な花崗岩が存在する地域に温泉がある場合、花崗岩中より放射性物質又はそれらの放射性娘元素を溶出することは極めてありうることを考えられる。この様に温泉水中にとかし込まれた物質が花崗岩中の

節理や微細な割目中に温泉沈澱物として沈着した場合、温泉水中に多量の Rn, Tn が溶し込まれるであろう。同一温泉にても場所により Rn, Tn の差があるのはこれら沈澱物の存在する点から地表までの距離と温泉水の速度によるものであろう。三朝の鉄マンガン質温泉沈澱物は温泉水中の Rn Tn の源である。

(附 現在筆者は花崗岩中の節理、微細な割目等に屢々見られる鉄マンガン質物質の放射能を研究中であるが、これらのものは常に或る程度放射能をもっている。)

### 質 疑 応 答

- 齊 藤 (東 大) 大橋の沈澱物は最初調べたとき世界第2位の値であったが (1位はGastein), 今度のものはおそらく世界第1位であろう。  
Ac系のもの研究方法は面白い。
- 山 根 (島根大) 花崗岩の Sampling とそのむらはどの程度か。  
早 瀬 大体200~300mにつき一点をとった。むらは少しはあるが大きくない。  
放射性温泉のものは花崗岩で、Uの daughter element がとけ、それがはこばれて来ると考える。
- 杉 浦 (金沢大) 沈澱物の鉱物組成はどうか。  
早 瀬 鉄及マンガン質のものだが、まだはっきりわかって居ない。

(以 上)