

黒雲母花崗岩の成分による放射線量の違い

The Difference of Biotite Granite Amount of Radiation Between the ingredients

萩原あかり^{1, 2}Akari HAGIWARA^{1, 2}東北大学 探求型「科学者の卵養成講座」¹, 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校高等学校²EGGS, Tohoku University¹, Yokohama Science Frontier High School²

Corresponding Author's e-mail: y11274165@edu.city.yokohama.jp

(Received: 24 July 2022; Accepted: 22 November 2022; Released: 10 March 2023)

[要約]

花崗岩は γ 線を放出することで知られている。花崗岩の産地によって γ 線量に差があるか。そして、その γ 線量の違いの原因を岩石組成、放射性物質の量を測定することで考察する。岩石組成は薄片を用いて調べ、放射性物質の量はゲルマニウム検出器を用いて測定した。実験の結果、黒雲母花崗岩の線量の差は岩石生成時の放射性物質の取り込み具合によるものと分かった。

具体的には、花崗岩のトリウム系の物質とカリウム系の物質の量と、花崗岩の γ 線放出量の間に関係が見られた。トリウム系の物質とウラン系の物質は液相に集まる性質があるため、これらの物質の量は、花崗岩のこれらの物質の量の差は、岩石生成時のマグマに起因していると考えられた。

今後は、マグマの性質とトリウム系の物質とウラン系の物質の量の関係性を見ていきたいと思う。

[キーワード] γ 線, 花崗岩, 科学者の卵

Gamma rays, Biotite granite, Science EGGs

1. はじめに

花崗岩は γ 線を放出する岩石として知られている。本研究では、花崗岩の γ 線放出量の差の原因を考察した。まず、今回測定した放射線の、 γ 線について説明する。 γ 線とは、放射線の一つでとても高いエネルギーを持つ。自然界でも放射線は降り注いでいて、 ~ 2 mSvの放射線量は一般的に自然界に降り注いでいる量である。花崗岩の中にある40Kやトリウム、ウランが γ 線を放出すると考えられる。 γ 線を含む放射線が放出されるのは確率的である。そのため、測定される値には揺らぎというものが見られる。揺らぎはデータが上下することである。揺らぎにより、放射線の線量測定の際は、平均値や標準偏差を見、データを比べることが必要になる。つぎに今回使用したゲルマニウム検出器について説明する。ゲルマニウム検出器内で、試料のエネルギーを分解し、ピークを出すことにより、どのような元素のエネルギーが多いのかを探ることができる。このゲルマニウム検出器では、試料で調べたい元素について見本の試料を作成し、見本の試料でもエネルギーを検出することが必要である。ゲルマニウム検出器では、遮蔽が不完全なため、測定環境によってデータが異なっていく。そのため、試料と見本の試料のエネルギーを比較することが必要である。

最後に、X線電子分光器について説明する。これは、X線を照射することにより、組成分析を行う方法である。この検出法では、X線を照射することにより、任意の組成が光を蛍光する性質を利用している。そのため、蛍光という性質がないと測定できない。今回の研究で測定したい、放射性物質はこ

のX線分光法では測定できない。

まず、この研究は東北大学の探求型科学者の卵養成講座内の発展研究コースでの研究の発展として行った。発展コース内では、放射性物質の距離による放射線量の違いを測定した。この研究で身近な放射性物質を調べていた時に、花崗岩に興味を持ったため、この研究でも花崗岩を用いた。

花崗岩は、ホテルや劇場、道路などに使用されている。身近な放射線物質には、花崗岩以外にも肥料に使われるやさしおや、燃料に使われるマントルなどがあげられるが、花崗岩は一番生活に溶け込んでいる放射性物質と考えたため、花崗岩を用いた。

花崗岩は、ウラン、トリウム、カリウムの3つの成分が主に原因となって、 γ 線を放出している。この3つの成分量を測ること以外に、 γ 線放出量の違いを調べる方法はないか探る目的でこの研究を行った。

2. 実験方法

1) 実験1 産地による γ 線量の差を調べる

放射線量測定器 (IWATSU 放射線量モニター) の直上に試料を乗せ、20回1データとして12データ分測定を行った。(図1) スマートフォンで測定の様子を動画に収めることで、データの測定を行った。この時、データに誤差が出ることを防ぐために同じ場所で測定を行った。試料にはアメリカ産の黒雲母花崗岩 (6番) と兵庫県神戸市東灘区住吉町産の黒雲母花崗岩 (7番) を用いた。



図1 実験の様子

2) 実験2 岩石の組成によるγ線量の差を調べる

岩石カッターにて、6番7番の岩石を少量切り出し、研磨機にて薄く削ることで岩石の薄片を作成した。作成した薄片を偏光顕微鏡で観察した。観察は8×10倍で4回行い、スケッチをしたのち、岩石組成を同定し、種類ごとに岩石組成の割合を求めた。この実験も6番7番岩石を用いた。

3) 実験3 岩石の成分によるγ線量の差を調べる

6番7番岩石を30.3g切り出し、軽く砕く。岩石を容器に入れゲルマニウム検出器でγ線のエネルギーを検出する。(東北大学大学院理学研究科に委託)

岩石のエネルギーと測定したい、40Kを多く含んだやさしお、トリウム、ウラニウムを多く含んだ60Co、137Cs、133Baのエネルギー、試料なしの場合のエネルギーを比較することで、岩石が持つカリウム、トリウム、ウラニウムの量を考察した。(東北大学大学院理学研究科に委託)

3. 結果と考察

1) 実験1

6花崗岩、7花崗岩両方でγ線放出量を測定した。1セットの20データには、はじめにも書いた通り、揺らぎが存在する。そのため、グラフでは、平均値をプロットし標準偏差を上下に棒で表した。揺らぎを考慮するために、標準偏差の範囲内で放射線の分布を考えなければならない。

このことを考えたうえで図. 2.を見てみると、6花崗岩の方が7花崗岩よりも線量が高い傾向があることが分かる。

各花崗岩のデータ数が20×12データあることから考えると、この0.020μSv/h程度の線量の差は誤差とは考えにくい。

ここから花崗岩の産地によるγ線放出量の差があるということが考えられる。ただ、産地の差を考えるためには生成時の環境の差や岩石組成の差、岩石成分の差など他の要因も考えられる。そのため、どの要因が原因でγ線放出量の差が生まれているのかを調べる追実験を行った。

実験1からは産地により、同じ種類の花崗岩でもγ線放出量が異なることが分かった。つまり、花崗岩のγ線放出量は種類に起因するものではないことが分かった。

ただ、この実験からはγ線放出量の差の原因が産地によるものなのか、岩石組成によるものなのか、成分によるものな

のかかわからない。そのため、もう少し要素を絞って実験を行う必要がある。

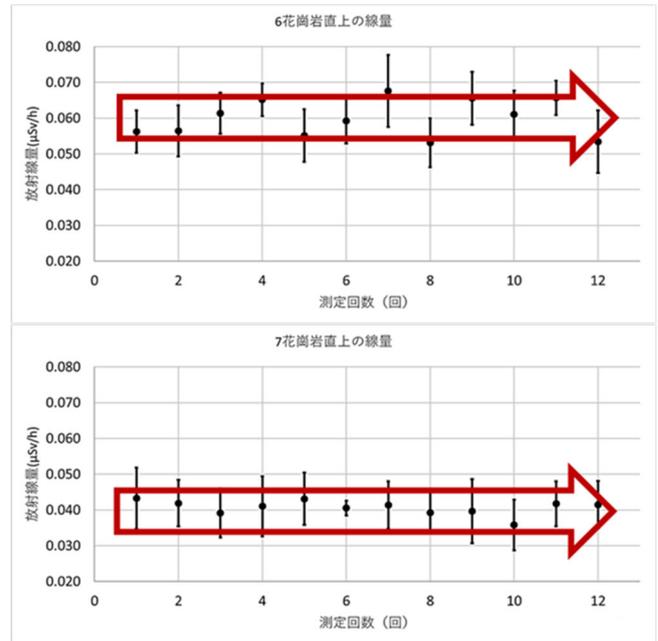


図2 線量の比較

2) 実験2

実験1で考えられた産地の差以外の要因を考えるために追実験として、6、7花崗岩の岩石組成を薄片の観察により調べた。岩石の組成の同定には「二改訂版スクエア最新図説地学(西村祐二郎・杉山直 監修)」を用いた。

同定の結果は図3のようになった。

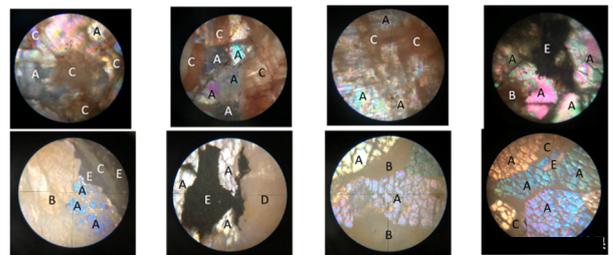


図3 薄片観察結果

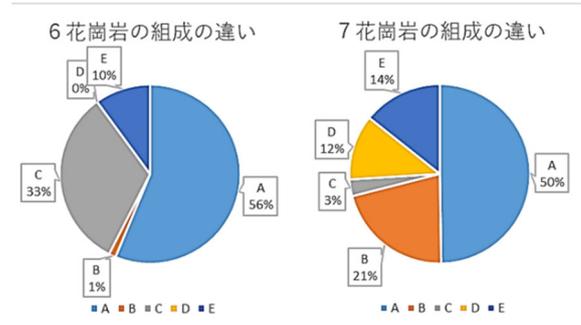


図4 薄片観察結果 グラフ

図3では、A黒雲母Bカリ長石C石英D斜長石E接着剤・特定不可というように分類分けしてある。この写真から各花崗岩の岩石組成の割合を求めると、図4のようになる。

図4でも図3のようにA黒雲母Bカリ長石C石英D斜長石E接着剤・特定不可というように種類分けしている。

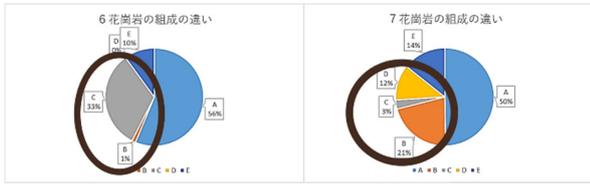


図5 岩石組成の違い

グラフからA黒雲母の割合は6.7花崗岩どちらも割合に大きな差は見られない。大きく差がみられるのは、Bカリ長石C石英D斜長石の割合である。6号花崗岩ではC石英の割合が大きくなっているのに対し、7号花崗岩では6号花崗岩とは対照的にBカリ長石D石英の割合がとても高くなっている。

6.7号花崗岩のγ線量の差はここにあると考えられる。

実験1の結果を受け、γ線放出量の差が岩石組成にある度ではないかと仮定し、実験2を行った。

鉱物名	石英 (大)	輝緑鉱	石英	方解石	斜長石	白い黒曜石
化学組成	SiO ₂	Ag ₂ S	SiO ₂	CaCO ₃	Na(AlSi ₃ O ₈)	SiO ₂
放射線量 (μSv/h)	0.000	0.001	0.002	0.003	0.006	0.008
鉱物名	黒曜石	白雲母	黒曜石	カリ長石	明礬石	燐灰ウラン石
化学組成	Al ₂ O ₃ ・4SiO ₂ ・H ₂ O	KAl ₂ (OH) ₂ AlSi ₄ O ₁₀	SiO ₂	K(AlSi ₃ O ₈)	K ₂ Al ₂ (SO ₄) ₂ ・6H ₂ O	Ca(UO ₂) ₂ (PO ₄) ₂
放射線量 (μSv/h)	0.008	0.009	0.010	0.015	0.017	0.025

図6 岩石組成と線量 (岩石および化学組成と自然放射線量との関係 ~阿蘇地域に分布する火山岩類を中心として~) より

先行研究(図6)から、実験2において6.7号花崗岩の岩石組成の差が大きくみられた、石英、カリ長石、斜長石のγ線放出量を見ると、石英はγ線をほとんど放出せず、カリ長石、斜長石は比較的γ線を多く放出することが分かる。ただ、実験1の結果と実験2の結果を合わせてみると、仮説が矛盾していることが分かる。

先述の通り、A黒雲母Bカリ長石C石英D斜長石E接着剤・特定不可で、丸が付いているところが6号花崗岩と7号花崗岩の差が大きく見える部分である。仮説が正しいとすると、先行研究より、γ線放出量が多い6号花崗岩の方が、B,Dの割合が多く、γ線放出量の割合が少ない7号花崗岩B,Dの割合が少なくなるはずだが、実験2の結果は仮説から考えられる結果と対照的に、6号花崗岩の方がB,Dの割合が少なく、7号花崗岩の方がB,Dの割合が多くなっている。ここから、岩石組成はγ線放出量に関係しているという仮説が間違いで、γ線放出量の差はほかの要因に起因すると考えられる。

3)実験3

まず、この実験では東北大学大学院理学研究科の金田雅司先生に依頼をし、測定いただき、データ解析の助言もいただいた。そのため、実験3の結果および考察は金田先生のご助言に基づき作成している。

ゲルマニウム検出器でエネルギーを検出した。エネルギーは試料と任意の物質のどちらも測定したうえで比較する必要がある。今回はカリウム、ウランウム、トリウムを検出するために40K、60Co、137Cs、133Baと試料ありの時、試料なしの時の測定を行った。

結果は図7、8のようになっている。

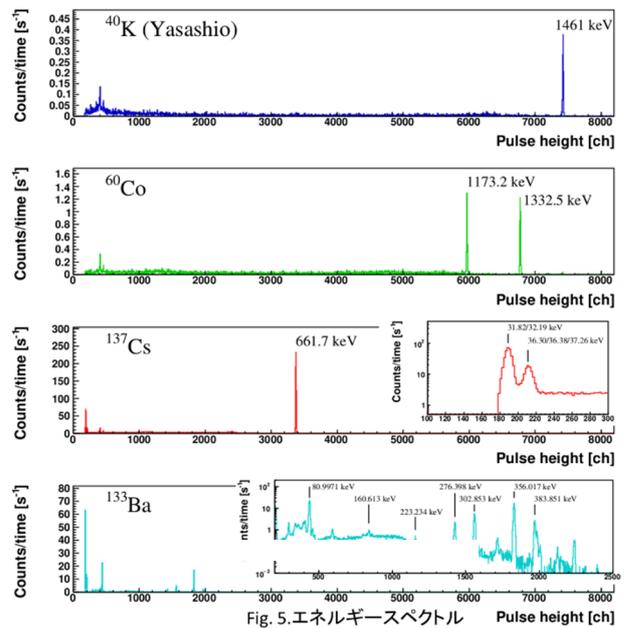


Fig. 5.エネルギースペクトル

図7 エネルギースペクトル 資料

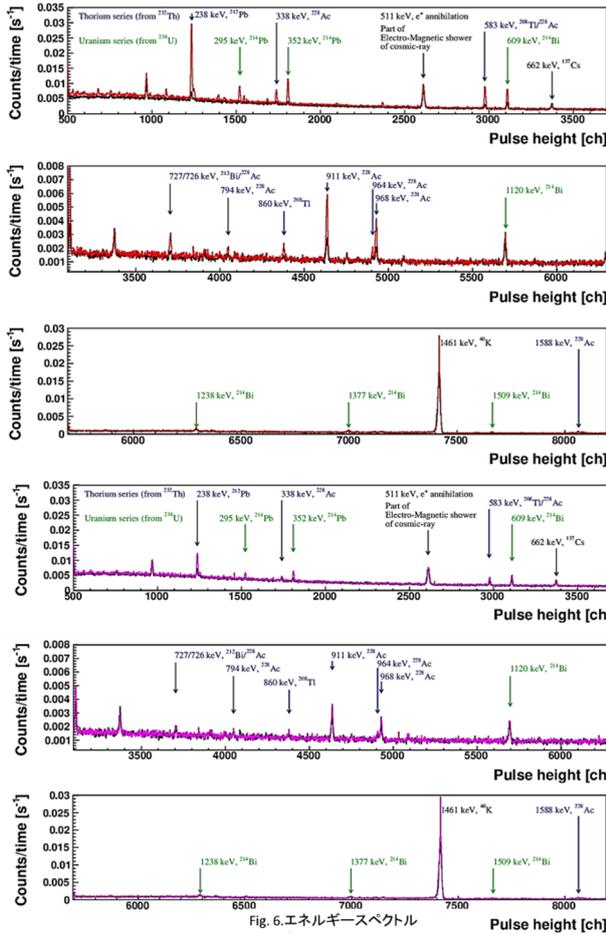


図8 エネルギースペクトル 結果

花崗岩のエネルギーでの紺の矢印がトリウム系の物質で緑の矢印がウラニウム系の物質になっている。この矢印は任意の物質でのエネルギーと花崗岩のエネルギー、試料なしの時のエネルギーを比較したうえで存在が確認できる物質を表している。グラフから6花崗岩の方がトリウム系の物質もウラニウム系の物質も多いことが確認できる。特に図9の212Pbでは顕著に差が出ている。

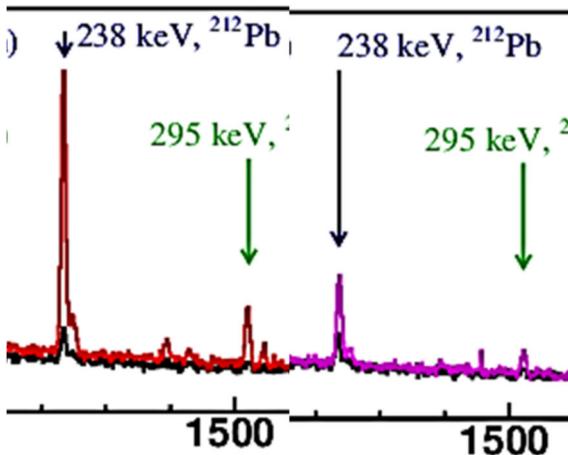


図9 ²¹²Pbのエネルギースペクトル

このトリウム系の物質とウラニウム系の物質は花崗岩のγ線放出の原因とされている。このことから6花崗岩の方がγ線放出は多いと考えられるが、実験1で6花崗岩の方が7花崗岩よりもγ線放出量が多いことが分かっている。つまり、γ線放出量の差はこの放射性物質量の差に起因すると考えられる。

また、今回の測定では40Kの存在は確認できなかった。図10では左が6花崗岩の40Kのエネルギーのみを切りとったもので中央が7花崗岩の40K部分を切り取ったものである。また、右が40Kの測定のために今回使用したやさしおのエネルギーである。この3つのデータからは一見6花崗岩も7花崗岩も40Kが多く含まれているように感じる。ただ、左2つのグラフの黒い線があらわしている試料なしのときのエネルギーと比べると差がほとんどないことから6花崗岩、7花崗岩には40Kがないと考えられる。そのため、カリウムは今回の場合はγ線量の差の原因ではないと考えられる。

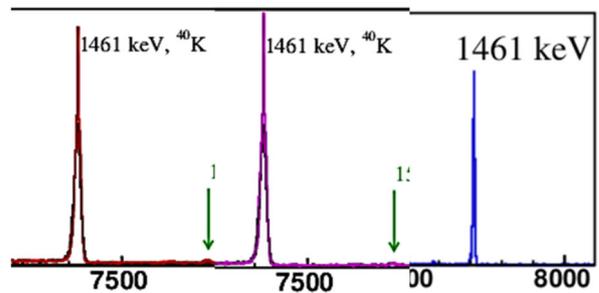


図10 カリウムのエネルギースペクトル

実験2からγ線放出量の差は岩石組成以外の要因によると考えられるため、岩石の放射性物質の量を測定した。

結果からトリウム系、ウラニウム系の物質は6花崗岩の方が多く含まれていることが分かった。40Kは含まれていないか、ごくわずかということが考えられた。トリウム、ウラニウムはγ線を放出することが分かっている。このことと実験1の結果である、6花崗岩の方がγ線放出量の多いことと矛盾しない。このことから、γ線放出量の差は、放射性物質の量によることが考えられる。

トリウム系の物質とウラニウム系物質の含有量は、岩石生成時に岩石のもとになるマグマにどれくらいウラニウム系物質、トリウム系物質が集まっているかによることが分かっている。ここから、花崗岩のγ線放出量の差は、岩石生成時にどれほどマグマに放射性物質が集まっているかによると考えられる。

4. 結論

実験1から産地による花崗岩のγ線放出量の差はあることが分かった。花崗岩のγ線量の差は岩石組成の差によるものではないかと仮説を立て実験2を行ったが、結果と岩石とγ線の関係を研究した先行研究の結果と矛盾が生じていた。ここから、花崗岩のγ線量の差は岩石組成によるものではない

いことが分かった。

そこで、 γ 線放出量の差は岩石の成分の違いによるものではないかと仮説をたてなおし、実験3を行った。結果として、花崗岩のトリウム系の物質とウラニウム系の物質の量と γ 線放出量は関係があると考えられた。

謝辞

本研究は東北大学 探求型「科学者の卵養成講座」(JST グローバルサイエンスキャンパス)の支援のもとで実施されました。

引用及び参考文献

弘 悠花、竹森 博崇、山内 悠輔 ほか 4 名(2015) 岩石および化学組成と自然放射線量との関係 ～阿蘇地域に分布する火山岩類を中心として～.熊本高等学校教育研究会地学部会,1-4, 不明