

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～

熊本県立菊池高校 弘 悠花・竹森 博崇 熊本県立八代高校・中学校 山内 悠輔 ほか 4 名

1. 動機

平成 23 年に発生した東北地方太平洋沖地震と津波によって、東京電力福島第一原子力発電所で事故が起こり、放射性物質が放出された。放射性物質が多量に降った地域では、放射線の影響を減らすための「除染」作業が進められている。

放射線に関するニュースをよく聞くようになったが、放射線に関して分からないことだらけであった。そのため、放射線について研究することにした。

《福島第一原子力発電所 4 号機》



2. 研究の目的

① 岩石の自然放射線量を測定し、原因となる鉱物や化学組成を明らかにする。

② 放射線に対する理解を深める。

3. はじめに（放射線に関する基本的事項）

今回は、 γ 線の測定を行った。

4. 方法

① 放射線の基本的な研究方法について知るため、熊本学園大学の新村太郎先生にご協力頂き、阿蘇地域に分布する火山岩類の放射線量を測定した。

② ①の調査を行うことで生じた疑問点を解決するために、室内実験や野外調査を行い、自然放射線量や放射線の性質、線源となる元素などを明らかにした。

5. 阿蘇地域での調査

（1）調査地点



（2）測定方法

- 岩盤に放射線測定器を密着させた状態で2分間放置し、 γ 線量を測定した。
- 測定は3回ずつ行い、平均値を算出した。今回の測定では、株式会社堀場製作所製の「境放射線モニタ Radi PA-1000」を使用した。

（3）結果（背景放射量を含む。）

場所	らくだ岩脈付近	らくだ岩脈岩盤	らくだ山付近工事箇所	らくだ山岩脈側面	長尾野
岩石名	背景	安山岩	安山岩	安山岩	安山岩
放射線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.027	0.028	0.028	0.030	0.031
場所	アスベクタ南部①	アスベクタ南部②	坂梨流紋岩少し上	坂梨流紋岩	栃の木
岩石名	安山岩	安山岩	流紋岩	流紋岩	流紋岩
放射線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.033	0.036	0.099	0.105	0.156

坂梨と栃ノ木での放射線量は高く、それらの岩石はどちらも流紋岩であった。

（4）考察

- 流紋岩は、放射線量が高い。
- 安山岩に放射線量は認められない。

（5）疑問点

- 正確な測定に必要な時間
- 背景放射量とその変化の振れ幅
- 距離と放射線量との関係
- 玄武岩や深成岩など他の岩石の放射線量
- 遮蔽効果のあるもの

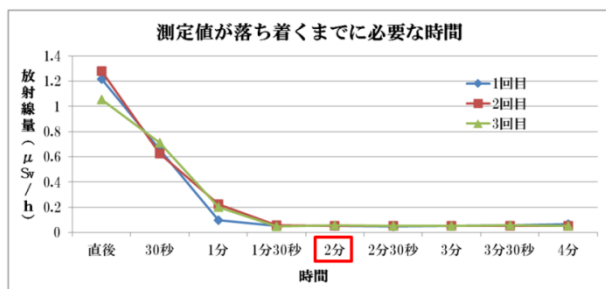
6. 測定方法と自然放射線の性質

(1) 実験1：正確な測定に必要な時間

<方法>

- 放射線測定器をラジウムセラミックボール (100 g) に接触させ、高い線量にする。
- ラジウムセラミックボールを遠ざけて、線量が下がり落ち着くまで 30 秒ごとに測定を 3 回行う。

<結果> (放射線量は背景放射量を含む。)

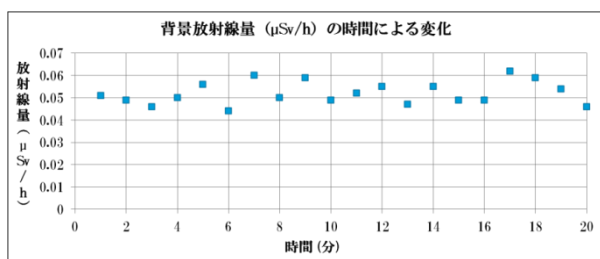


<考察> 正確な測定に必要な時間：2分

(2) 実験2：背景放射線量と振幅

<方法> 測定器を机上に置き、1分毎に背景放射線量を計測する。

<結果>



平均値	最大値	最小値	差
0.052	0.062	0.044	0.018

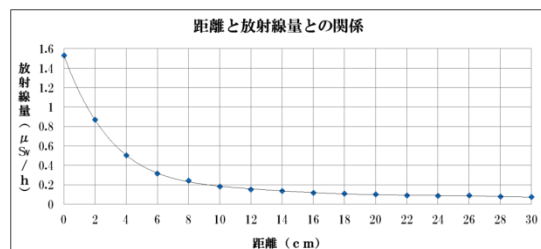
<考察> 背景放射量は、一定ではなく、±約 0.01 μSv/h ほど変化する。

(3) 実験3：距離と放射線量との関係

<方法> ラジウムセラミックボール (100g) から 2 cm ずつ遠ざけながら放射線量を測定する。

<予想> 距離が離れるほど、放射線量は減る。

<結果> (放射線量は背景放射量を含む。)



<考察> 距離が離れるほど、線量は大きく減る。 (ほぼ距離の2乗に反比例?)

(4) 実験4：遮蔽効果

A 水の遮蔽効果

<方法>

- 円筒形のガラス容器に水を入れ、その中にラジウムセラミックボール (100g) を沈める。
- 5 cm の距離で放射線量を 3 回ずつ計測し、平均値を用いた。

(ア) ラジウムのみ、(イ) ガラス、(ウ) 水 の 3 つの場合に分けて調べた。

- (ア) の数値分を引いて、遮蔽量を求めた。

<結果> (放射線量は背景放射量を含む。)

	(ア) Raのみ	(イ) ガラス	(ウ) 水
放射線量 (μSv/h)	0.540	0.530	0.509
遮蔽量 (μSv/h)		0.010	0.031

<考察> 水には、遮蔽効果がある。

B 水以外の物質の遮蔽効果

<方法> ラジウムセラミックボール (100 g) から 5 cm の距離で放射線量を測定する。間に遮蔽物を置き、遮蔽効果の有無を調べた。

<結果> (放射線量は背景放射量を含む。)

遮蔽物	なし	アクリル	ガラス	アルミニウム	厚紙	冊子 (3cm)	鉛	鉄	鉄 (厚さ4 cm)
放射線量 (μSv/h)	0.469	0.470	0.452	0.471	0.466	0.480	0.382	0.466	0.412
遮蔽量		0.000	0.017	-0.002	0.004	-0.011	0.088	0.003	0.058

<考察> 鉛や厚い鉄は、遮蔽効果がある。

7 岩石

(1) 観察1：玄武岩や深成岩などの他の岩石は?

<結果> 放射線量は 3 回の測定の平均値。

(背景放射量は除く。)

岩石名	火山岩					
	玄武岩		安山岩		流紋岩	
産地	西彼杵	京都府天田郡夜久野	熊本市西区鼓ヶ滝	香川県三富郡三野村	坂梨	長野県更埴
岩石の様子						
放射線量 (μSv/h)	0.003	0.005	0.008	0.014	0.010	0.010
岩石名	深成岩					
	斑れい岩		閃緑岩		花こう岩	
産地	不明	山口県阿武郡須佐町	不明	福井県大野市	鹿北町岳間溪谷	岡山市
岩石の様子						
放射線量 (μSv/h)	0.007	0.009	0.011	0.012	0.012	0.013

<考察> 標本では、放射線が認められない。 (阿蘇の坂梨流紋岩もなし!?)

(2) 体積と放射線量との関係

①実験5：体積と放射線量との関係

<仮説>

体積が多ければ、放射線量も多くなる。

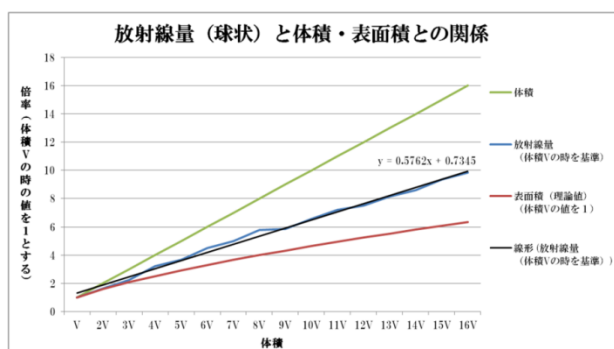
さらに、体積と比例関係があるのではないかな？

<方法>

ラジウムセラミックボールを球状にし、測定器までの距離を10cmにする。25gの体積を基準(V)として、400gまで体積を増やして測定した。

<結果>

放射線量は、表面積倍よりも大きく、体積倍より小さい値になった。



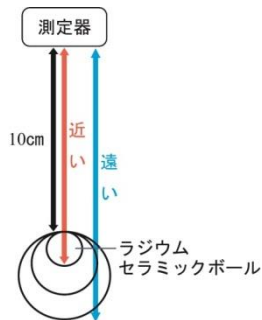
<考察>

体積と比例関係にあるのではないかな。観察1（岩石標本）の結果の原因は、標本の体積が小さかったためだと考えられる。

②実験5（体積と放射線量との関係）の結果の原因

放射線量は、体積倍と同じではなく、小さくなっている。
∴ 体積が多くなると、距離が遠いものが多くなり、放射線量が小さくなるから。

このように、実験5の結果の原因を、距離で説明できる。



(3) 観察2：花こう岩の放射線量

<仮説> 体積が大きい珪長質岩石は、高い放射線量が観測できる。

<方法> 花こう岩が分布する鹿北町の岳間溪谷で露頭表面の放射線を測定する

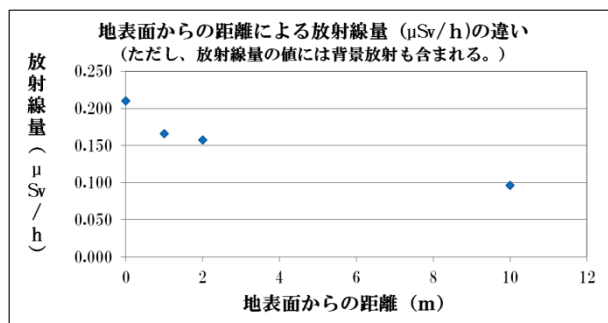
<結果> 花こう岩 0.203 μSv/h
(放射線量は背景放射量を含む。)

<考察> 体積が大きければ、花こう岩から高い放射線が観測される。

①確認1：距離と放射線量との関係（実験3）

<方法> 高さ1m, 2m, 10mで測定する。

<結果>



<確認> 放射線量は、距離が離れるほど小さくなる。

(4) 今回の研究で放射線の放射が認められた岩石



流紋岩（左：栃ノ木、右：坂梨）花こう岩（岳間）

<考察> 珪長質岩石から放射線が放出されている。

(5) 地質と背景放射線量との関係

地域	背景放射線量 (μSv/h)	岩石・地質
阿蘇	0.027	安山岩
菊池	0.052	花こう岩
八代	0.076	沖積平野

<考察> 地域の地質が背景放射の量に影響。

8 化学組成

(1) 観察3：放射線量の多い鉱物

予想：珪長質岩石（流紋岩や花こう岩）に多いカリ長石や石英等の無色鉱物

<結果>

鉱物名	石英 (大)	燧石	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	燧石	白雲母	黒曜石	カリ長石	明礬石	燧灰ウラン石
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

<考察>

〔放射線の多い無色鉱物 3つ〕

- カリ長石（正長石、K(AlSi₃O₈)）
- 明礬石（K₂Al₂(SO₄)₂・6H₂O）
- リン灰ウラン石（Ca(UO₂)₂(PO₄)₂）

〔放射性元素として考えられるもの〕

- K（カリウム）or Al（アルミニウム）
- U（ウラン）？

(2) 観察4：化合物の放射線量

① Al の放射線量

＜方法＞ Al の単体を計測

＜結果＞ 放射線量は $0.004 (\mu\text{Sv/h})$ で、放射線は認められず。

＜考察＞ Al は自然放射線の線源ではない。

② K の放射線量

＜方法＞ K は単体の材料がなかったため、K の化合物を測定した。

＜結果＞ (背景放射線量は背景放射量を除く。)

ページ下表①参照。

〔放射線の放射が認められた化合物〕

水酸化カリウム (KOH) と塩化カリウム (KCl) だけしかし、なぜこの2つだけなのか??? (疑問)

③ カリウムの化合物による放射線量の違いの原因

＜仮説＞ 原因は、カリウムの含有量の違い。

＜方法＞ 化合物の式量からカリウムの含有量(質量%) を計算。

＜結果＞ カリウムの含有量の高い化合物で放射線が認められた。ページ下の表②参照。

表①

物質名	フェリシアン化カリウム	ヨウ素酸カリウム	ヨウ化カリウム	硫酸アルミニウムカリウム	塩素酸カリウム
化学式	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	KIO_3	KI	$\text{K}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	KClO_3
放射線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	-0.006	-0.001	-0.001	0.001	0.006
物質名	チオシアン酸カリウム	フタル酸水素カリウム	フェロシアン化カリウム	重クロム酸カリウム	硝酸カリウム
化学式	KSCN	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOK})_2$	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	KNO_3
放射線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.007	0.009	0.011	0.011	0.014
物質名	クロム酸カリウム	過マンガン酸カリウム	硫酸カリウム	水酸化カリウム	塩化カリウム
化学式	K_2CrO_4	KMnO_4	K_2SO_4	KOH	KCl
放射線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.017	0.018	0.018	0.029	0.026

表②

物質名	フェリシアン化カリウム	ヨウ素酸カリウム	ヨウ化カリウム	硫酸アルミニウムカリウム	塩素酸カリウム
化学式	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	KIO_3	KI	$\text{K}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	KClO_3
分子量	386	215	167	950	123.5
K	120	40	40	80	40
Kの質量%	31.1	18.6	24.0	8.4	32.4
平均	0.046	0.051	0.051	0.053	0.058
放射線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	-0.006	-0.001	-0.001	0.001	0.006
物質名	チオシアン酸カリウム	フタル酸水素カリウム	フェロシアン化カリウム	重クロム酸カリウム	硝酸カリウム
化学式	KSCN	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOK})_2$	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	KNO_3
分子量	98	205	426	296	102
K	40	40	160	80	40
Kの質量%	40.8	19.5	37.6	27.0	39.2
平均	0.059	0.061	0.063	0.063	0.066
放射線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.007	0.009	0.011	0.011	0.014
物質名	クロム酸カリウム	過マンガン酸カリウム	硫酸カリウム	水酸化カリウム	塩化カリウム
化学式	K_2CrO_4	KMnO_4	K_2SO_4	KOH	KCl
分子量	196	159	176	57	75.5
K	80	40	80	40	40
Kの質量%	40.8	25.2	45.5	70.2	53.0
平均	0.069	0.07	0.07	0.081	0.078
放射線量 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.017	0.018	0.018	0.029	0.026

＜考察＞

放射線量は、カリウムの含有量によって異なる。

(K が少ない化合物は、放射線量が少ないために、今回観測されなかった。)

9 まとめ

- 線源から距離が離れるほど、放射線量は減る。(距離の2乗に反比例)
- γ 線は、鉛や厚い鉄で遮蔽される。
- 岩石の体積(放射性物質の量)が増えると、放射線量が増える。
- 自然放射線量は、珪長質岩石が高い。
- 自然放射線の線源は、主にKである。

10 謝辞・参考文献

熊本学園大学の新村太郎先生には、懇切丁寧にご指導とご協力を頂きました。心より感謝申し上げます。

- 絵でわかるプレートテクトニクス (2014、株式会社講談社)
- 絵でわかる日本列島の誕生 (2014、株式会社講談社)
- 中学生・高校生のための放射線副読本
～放射線について考えよう～ (H25、文部科学省)
- 知っておきたい放射線のこと
～高校生のための放射線副読本～ (H23、文部科学省)
- 専門家が答える暮らしの放射線 Q&A (2013、朝日新聞社)
- 放射線のやさしい知識 (H23、株式会社オーム社)