

放射線測定の基礎と測定結果の可視化について

The Basics of Radiation Measurement and Visualization of the Results

菊地兼太郎^{1,2}, 澁谷泰紀^{1,3}, 橋本くるみ^{1,4}, 平内美桜^{1,5}, 横澤俐旺^{1,6}, 金田雅司^{1,7}
KIKUCHI kentaro^{1,2}, SIBUYA Taiki^{1,3}, HASHIMOTO Kurumi^{1,4},
HEINAI Mio^{1,5}, YOKOSAWA Rio^{1,6}, KANETA Masashi^{1,7}

東北大学「科学者の卵養成講座」¹,

宮城県仙台第三高等学校², 山形県立酒田東高等学校³, 岩手県立福岡高等学校⁴

盛岡市立高等学校⁵, 山形県立山形東高等学校⁶, 東北大学大学院理学研究科⁷

EGGs, Tohoku University¹, Sendaidaisan Senior High School²,

Sakatahigashi Senior High School³, Fukuoka Senior High School⁴,

Moriokashiritu Senior High School⁵, Yamagatahigashi Senior High School⁶,

Graduate School of Science, Tohoku University⁷

Corresponding Author's email: mio.heinai.m3@sci-eggs.net

(Received: 15 October 2024; Accepted: 24 March 2025; Released: 29 October 2025)

[要約]

本研究では、定量的に放射線の影響を評価するために東北大学青葉山キャンパスの空間線量率を測定した。放射線は自然界に常に存在しており、食べ物や土壌などからも放射線は放出されている。核実験や原発事故による人体への影響を懸念する人も一定数存在しているが、科学的には定量的に考察し、それらを人体に有害になり得る放射線量の値と比較することが必要である。今回私たちは、放射線についての基礎と測定方法等について学び、東北大学青葉山キャンパスの空間線量率の測定とデータの可視化に取り組んだ。測定した範囲の殆どの場所で空間線量率は東北地方の平均的な値を示すことが分かった。一方、東北地方における典型的な値よりも高い線量率を示した箇所がいくつか見受けられたため、その周辺で線量率の再測定、考察を行った。その結果、相対的に高い値を示した原因はすべて岩石からの放射線と推察することができた。

[キーワード] 放射線、空間線量率、線源、科学者の卵

Radiation, Air dose rate, Radiation source, Science EGGS

1. はじめに

東日本大震災の発生から 13 年が経過した現在でも福島第一原発による放射線の影響への関心は高い。最近では福島第一原発による処理水が海へ放出されたことが社会問題となり、国際的にも注目されている。自治体等は震災直後から、原発事故のイメージ回復のため、放射線量の定期的な測定 [1,2,3] や、食品に含まれる放射性物質量が基準値を満たしているかの検査を行っている [4]。しかし、放射線に対する正しい知識が浸透しているとは言い難い。

そこで私たちは宮城県仙台市の東北大学青葉山キャンパスを対象として、複数地点における放射線量の測定と空間線量率の可視化を行い、現状を把握することを目的とした。

また空間線量率の変化には観測地点の外から放射性物質が持ち込まれた場合が考えられるが、自然界から放出される場合もある。

前者については例えば福島第一原子力発電所の事故やチェルノブイリ原発事故、そして大気中核実験などによって大気に拡散した放射性物質が地上に降りてきた場合がある。

一方、後者については宇宙、食物、空気中、大地などによ

るものがある。日本においては年間、宇宙から約 0.3 mSv、食物から約 0.99 mSv、空気中から約 0.48 mSv、大地から約 0.33 mSv 放出されている[5,6]。本研究では、この数値に基づき、青葉山キャンパス内の放射線量と比較し、身体への影響について評価した。

特に先行研究での「青葉山における空間線量率の地形地質的特徴との関係」[7]では花崗岩と推定される岩石の近くでは空間線量率が地質によらず高くなったことが示唆されたため、その点にも着目し測定を実施した。

2. 測定と分析方法

環境放射線測定器は γ 線を計測する事ができる。空気中の放射線が測定器を通過すると電気シグナル（パルス）が発生し、電気・電子回路での処理を経てシグナルの単位時間当たりの個数を線量率とデジタル値の換算表を使用し、空間線量率に変換する。今回は空間放射線量の測定器として HORIBA Radi PA-1000 を使用した。この測定器は過去 60 秒間のサンプリングによる積算値を 10 秒ごとに表示することができる。測定器の外観を図 1 に示す。



図1. 測定器の写真 (HORIBA Radi PA-1000)

(2-1) 測定値の揺らぎ

放射線と物質との反応は確率事象であるため、統計的揺らぎが生じる。ゆらぎとは放射線の放出や測定値が時間や空間的に変動する現象を指す。具体的には以下3つの状況が考えられる。

- ・放射性物質はランダムなタイミングで崩壊するため、放射線量やタイミングには統計的なばらつきが生じる。
- ・放射線測定器で放射線を検出する際に検出器の感度や周囲の環境による影響で測定値が変動する。
- ・自然界には常に一定レベルの放射線が存在しているがそのレベルも時間とともに変化する。

これらの主なゆらぎは放射線測定や評価において無視できない要素であり、ゆらぎを適切に評価し、統計的手法を用いて解析することが正確な放射線測定やその結果の解釈に不可欠となる。

(2-2) 空間線量率の測定方法と記録の仕方

2023年1月7日に東北大学青葉山キャンパス内において、環境放射線測定器(HORIBA Radi PA-1100)を用いて空間線量率を測定した。測定地点は、2023年度の先行研究で測定した時と同じ地点に加え、東北大学青葉山新キャンパスを選んだ。測定する際には地面から約1mのところで、10秒毎の空間線量率を計測した。計測したデータをスマートフォンにリアルタイムで確認・保存し、Google Colaboratory 上のPythonを使用して地図の上に測定地点を点で示し、空間線量率によって色分けをした。

3. 測定結果と検討

(3-1) 測定結果

実際に測定を行ったルートと結果を図2、3にそれぞれ示



図2 歩いたルートマップ (東北大学青葉山キャンパス)



図3. 歩いたルート上での空間線量率
赤 : 0.060 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
青 : 0.060 $\mu\text{Sv/h}$ 未満

す。青色で示しているのが仙台市内の平均的な放射線量と同じ程度またはそれよりも低い数値を示した地点であり、赤色で示しているのが相対的に高い数値を示した地点である。仙台市における典型的な空間線量率は0.035 $\mu\text{Sv/h}$ である[1]。

(3-2) 測定結果の分析

図3より空間線量率が相対的に高くなっている地点が数ヶ所存在していることがわかった。建造物内で高い値を示すところも確認されたが、それらの地点は四方がコンクリートに囲まれており、コンクリートは一定濃度のウランやトリウムを含み、ラドンなどの気体状の放射性物質を発生させるため高い値を示したと判断した。

建造物外の地点で高い値を示した箇所(図4の緑の丸で囲



図4. 追加実験の測定場所

- (1) キャンパスモール付近 (2) 農学系総合研究棟付近
(3) 青葉山中央広場、(4) 小川正孝先生像

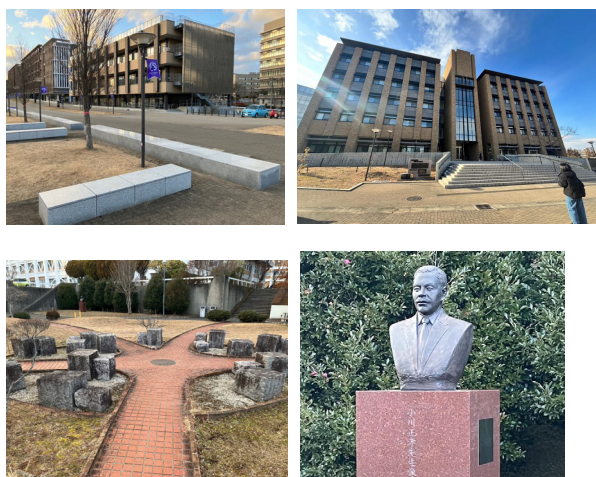


図5. 追加実験の測定場所の外観
左上: (1) キャンパスモール脇の石のベンチ
右上: (2) 農学系総合研究棟

左下: (3) 青葉山中央広場 右下: (4) 小川正孝先生像

んだ地点) に関しては付近に岩石が存在するという共通点が見られた。青葉山中央広場一帯(図4で示した(3),(4))で詳しく測定してみると広場に点在する岩石や小川正孝先生像の台座付近(図5右下)などで最も高い値を示すことがわかった。

小川正孝先生像の台座は花崗岩が使用されていると考えられるが、花崗岩は地殻の下部から上部にかけて形成される酸性岩石でありカリ長石や斜長石、雲母をもつ。これらの結晶

はウランやトリウムを含む微量元素を吸収しやすい性質があるため [8,9,10]、放射線量が高くなったと考察された。

このような岩石は天然物や人工物にも多く存在するため放射線量が高い値を示した地点は岩石が原因であるという仮説のもと、キャンパスモール付近、農学系総合研究棟付近、青葉山中央広場内、小川正孝先生像付近で追加実験を行うことにした。また、黄色で示している箇所は青葉山キャンパス内で標準的な空間線量率を示した測定場所であり、そこでの空間線量率を以後の比較に用いる。

(3-3) 追加実験

前述したように、青葉山キャンパス全体の各地点での空間線量率の測定において、相対的に高い値を示した地点が4箇所あった。そのため、各地点に再び行き、線源の特定を行った。

岩石は比較的多くの放射性物質を含むため、岩石に着目して測定を行った。測定の結果、線源であるのは(1)キャンパスモール脇の石のベンチ、(2)農学系総合研究棟前の石碑、(3)青葉山中央広場の石、(4)小川正孝先生像の台座であると考えられた。

各測定場所で、線源と考えられる物体の上に測定機を置いたときの空間線量率と時間の関係を図6、7、8、9に示す。前述の通り空間線量率にはゆらぎがあるため、一定値ではなく

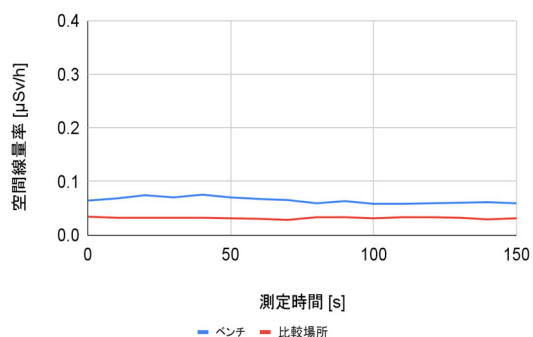


図6. (1) キャンパスモール脇の石のベンチ上の空間線量率の時間変化

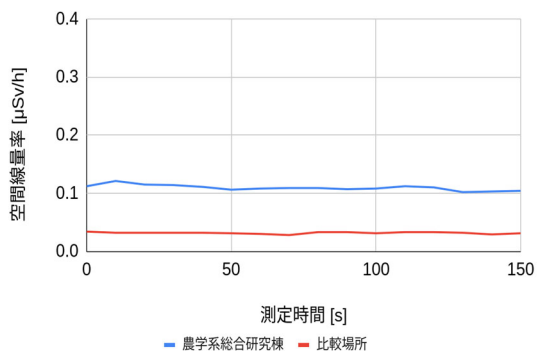


図7. (2) 農学系総合研究棟前の石碑上の空間線量率の時間変化

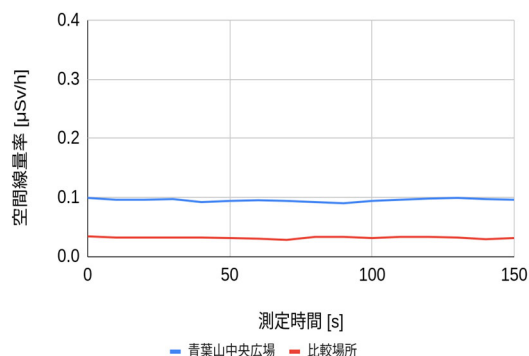


図8. (3) 青葉山中央広場の石上の空間線量率の時間変化

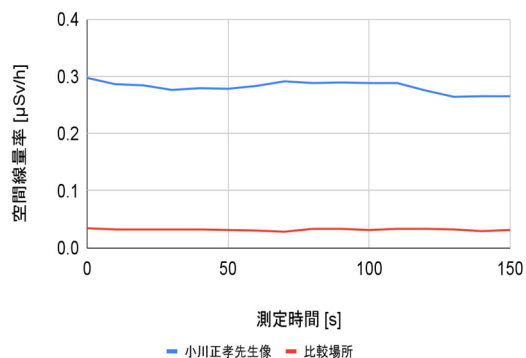


図9. (4) 小川正孝先生像の台座上の空間線量率の時間変化

表 1. 各測定場所における空間線量率の平均値と標準偏差

測定場所	平均値±標準偏差 [μSv/h]
比較場所	0.032±0.002
(1)石のベンチ上	0.064±0.006
(2)農学系総合研究棟前の石碑上	0.109±0.005
(3)青葉山中央広場の石上	0.100±0.003
(4)小川正孝先生像の台座上	0.281±0.010

少し増減がある。青で示しているのが空間線量率が高い地点での測定値、赤で示しているのが青葉山キャンパス内で標準的な空間線量率を示した地点での測定値である(図 4 における黄の丸の地点)。

表 1 に、各測定場所における空間線量率の平均値と標準偏差の値を示す。時間的な揺らぎの範囲を超えて値が異なっていれば 2 つの測定値には有意差があるということがいえるため、その測定場所において空間線量率が高くなっていると判断できる。

測定を行った 3 つの測定場所において、測定結果は周辺での測定値と比較して最大のものであり、標準的な線量率を示す比較場所での値より高い値であった。

以上より、青葉山キャンパスの空間線量率の測定において相対的に高い値を示した場所は、キャンパスモール脇の石のベンチ、農学系総合研究棟前の石碑、青葉山中央広場の石、小川正孝先生像の台座であることがわかった。

4. 結論

本研究では、先行研究によって示唆されていた、岩石付近での空間線量率の上昇という現象を踏まえ、岩石に注目して青葉山の空間線量率の測定を行い、岩石付近とそれ以外の場所での空間線量率の比較を行った。

その結果、比較場所と岩石付近の空間線量率に有意差が見られた。特に、花崗岩と思われる岩石付近の空間線量率は、ほかの岩石付近の空間線量率よりも高い値が観測された。その値は $0.281 \pm 0.01 \mu\text{Sv/h}$ であり、今回観測した地点の中で最も高い値を示した。日本各地での自然放射線量も地域によって異なっているが、花崗岩が直接地表に露出している地域の自然放射線量が高いことが知られている[11,12]。

測定された最大値を 1 年間当たりの数値に換算すると、約 2.46 mSv となる。日本における 1 人当たりの自然放射線における放射線量の平均は年間約 2.1 mSv、世界では 2.4 mSv である[13]。しかし、実際は自然放射線以外にも、病院での X 線検査や飛行機による移動など、人工的な放射線による影響もあるということ、そして、人体に影響が出始めるのは 100 mSv 以上の放射線を浴びたときといわれている [6]、以上の 2 点を加味すると、今回の測定結果から、青葉山キャンパス内の放射線が健康に大きな影響を及ぼすことはないと判断できる。

本研究において、青葉山キャンパス内の現状把握、並びに

人体への影響に関する評価を行ったことで、放射線に関する正しい理解を深めることができた。

謝辞

本研究は東北大学「科学者の卵養成講座」(JST 次世代科学技術チャレンジプログラム、三菱みらい育成財産)の支援のもとで実施されました。

参考文献

- [1] 原子力規制委員会 放射線モニタリング情報共有・公表システム
<https://www.erms.nsr.go.jp/nra-ramis-webg/>
- [2] 福島県 原子力防災課 (環境放射線モニタリング)
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/>
- [3] 環境省 福島第一原発資料 土壌中の放射性セシウムの分布の状況
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h28kisoshiryu/h28kiso-04-04-02.html>
- [4] 復興庁ホームページ
<https://www.reconstruction.go.jp/>
- [5] 環境省 自然界からの放射線
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryu/attach/201510mat1s-01-6.pdf>
- [6] 文科省 小学生のための放射線副読本
https://www.mext.go.jp/content/20220810-mxt_kyoiku01-20220808171843_1.pdf
- [7] 横塚廉太郎, 中軍はるな, 加藤未亜, 佐藤美咲 (2023) 「青葉山における空間線量率の地形地質的特徴との関係」 Journal of Science EGGS, 6, 2310004.
- [8] C. G. McKay, (1952), The abundance and distribution of uranium and thorium in granitic rocks,
- [9] Robert F. Marvin, (1957), Uranium and Thorium in Granitic Rocks of Northwestern Maine and Northern New Hampshire,
- [10] 倉敷市立自然史博物館 鉱物の放射能
<https://www2.city.kurashiki.okayama.jp/musnat/geology/mineral-rock-sirabekata/mineral44/mineral-houshanou/mineral-houshanou.html>
- [11] 日本地質学会 日本の自然放射線量
<https://geosociety.jp/hazard/content0058.html#map>
- [12] 環境省 日本の大地の放射線
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h29kisoshiryu/h29kiso-02-05-06.html>
- [13] 環境省 年間当たりの被ばく線量の比較
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/r3kisoshiryu/r3kiso-02-05-03.html>