

芝浦工業大学関連校舎における放射線の計測と解析

Measurements and analyses of radioactivity in Shibaura Institute of Technology

宇宙情報解析研究室 P09065 鈴木 崇士

指導教員：久保田 あや 准教授

1 研究の背景と目的

2011年3月に起きた、東日本大震災により発生した福島での原発事故の芝浦工業大学及び芝浦工業大学の関連校舎におけるその影響を調べる事を目的とする。放射能汚染の原因の核種には、Cs-134, Cs-137, I-131(図1)があり、この3つの核種は飛散しやすく、また水溶性なので内部被爆を起こしやすい事から三大主要核と呼ばれている。資料[1]より、この3種の内、セシウム2種に関しては半減期がCs-134が2年、Cs-137が30年と未だ半減期を迎えていない。そのため、この2種の物質に関して、計測と解析を行っていく。1はCs-134, Cs-137の崩壊する際に放出される γ 線エネルギーであり、解析する際は、このエネルギーに注目して解析を行っていく。

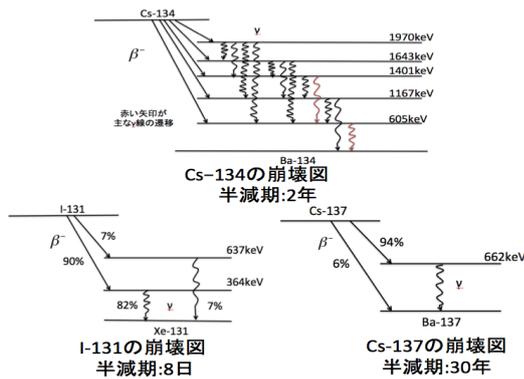


図1: 三大主要核の崩壊図

核種名	γ 線エネルギー (keV)	放出する割合
Cs-134	563	8.4%
Cs-134	569	15%
Cs-134	605	97.6%
Cs-134	796	85.5%
Cs-134	802	8.69%
Cs-134	1365	3.0%
Cs-137	662	85.1%

表1: Cs-134及びCs-137が放出する γ 線

図1は平成23年9月に文科省によって行われた関東地方の空間線量率の航空機モニタリング結果であり、この結果芝浦工業大学関連校舎の環境ではどのような空間線量や放射性物質が分布しているのかを調べていく。

2 計測環境

本研究ではA2700型 Mr.Gamma クリアパルス(日)社製を使用した。また、スペクトル解析のため、A2702型 Mr.Gamma MCA という出力用の Multi Channel Analyzer を使用する。Mr.Gamma はCsI(Tl)シンチレータを用いたシンチレーション検出器であり、シンチレーション光をフォトダイオードで読み取っている。フォトダイオー

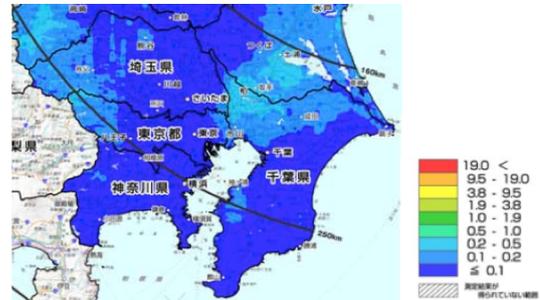


図2: 平成23年9月に行われた関東地方の航空機モニタリング結果[2]

ドを利用した検出器の特徴として、光電子増倍管より感度は劣るが低ノイズ高線形性の出力が可能な点、低コスト長寿命で容易に運用ができる点から長期的に安定した計測を行うのに適している[1]。

3 放射線の計測

今回の放射線の計測は主に空間線量の計測とスペクトル取得の2種類に分けて計測を行った。空間線量の計測は検出器のみを用いた計測である。この結果より空間線量の平均値を割り出し、その値が一番高かった地点と低かった地点にてスペクトル取得を行った。空間線量及びスペクトル取得の計測条件は表2の通りである。

表2: 計測条件

空間線量計測時間	5分
スペクトル計測時間	1時間
地面からの高さ	50cm
検出器の向き	北
大宮校舎敷地内の計測地点数	29ヶ所
柏中高敷地内の計測地点数	14ヶ所

4 計測結果

§1の目的を達成するため、芝浦工業大学大宮校舎、豊洲校舎、芝浦校舎、及び芝浦工業大学中学高等学校(板橋)、芝浦工業大学柏中学高等学校で空間線量の計測およびスペクトルの取得を行った。本概要では、文科省による航空機モニタから空間線量が低めの大宮校舎及び、やや高めの中高等学校の結果を示す。

4.1 大宮校舎敷地内の計測

大宮校舎では屋外29ヶ所で計測を行った。計測地点は図4.1に示す。また、図4.1計測結果では人通りの多い学生会館前(B-6)や駐車場(A-7, B-8)、バス停付近(B-7)等南側が比較的高く、人が通る事が少ない雑木林がある北側が低かった。しかし、多目的グラウンド(C-2)や第二グラウンド(A-1)等近くで工事のため人の出入りがある地点では高めの検出結果が出た。この計測結果よりスペクトルの計測地点を学生会館前(B-6)、雑木林射撃場横(B-3)とし

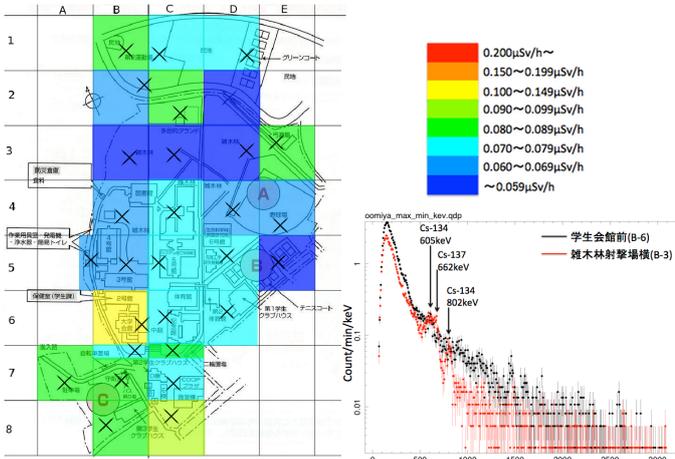


図 3: 大宮校舎敷地内の空間線量図

図 4: 空間線量図の色対応表

た。スペクトルの計測結果は図??となっている。学生会館前(B-6)ではCs-134、Cs-137共にバックグラウンドに埋もれて有意に検出されていない。

4.2 柏中高敷地内の計測

柏中高では屋外14ヶ所にて空間線量計測を行った。結果を4.2に示す。図4.2の色対応は図4.1上の通りである。

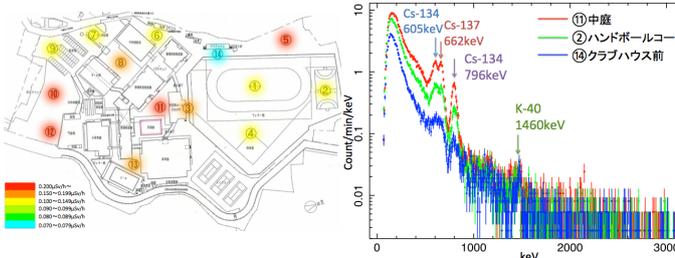


図 5: 柏中高敷地内での空間線量図

図 6: 柏中高敷地内のスペクトル

計測地点の内、高い結果が出た所はいずれも草むら、または芝生が生えている所であり、放射性物質の蓄積には植物が大きく影響を及ぼしている事が確認できた。⑦バス停、⑨駐車場等施設から比較的離れた場所や⑥倉庫前は比較的低い値が確認できた。⑭クラブハウスに至っては他の計測地点と異なり大幅に低い値が確認できた。スペクトルの計測結果を図4.2に示す。こちらのスペクトルはCs-134,Cs-137ともにピークがはっきり出ており、芝生がセシウムの蓄積に影響を与えている事が示唆される。

5 スペクトルの解析

表1に示したCs-134, 137によるγ線のうち、Cs-134は605keV,796keV、Cs-137は662keVが主として放出されることがわかる。表1から、放出されるγ線のエネルギーが近接したエネルギー帯域を二つに分け、480-720keVに対応する80-120channel、および720-840keVに対応する120-140channelの帯域に分けてスペクトルデータのモデルフィットを行った。結果を図7に示す。480-720keV(図7にはCs-137の662keVおよびCs-134の605keVの2本のγ線に加え、Cs-134の563keV, 569keVのγ線が含まれるので、4本のgaussianとバックグラウンドを近似する一次関数でデータを再現した。ただし、Cs-134の563keV, 569keVのγ線は弱く、また、シンチレータの

分解能では分解できないため、605keVのγ線を基準に中心エネルギー、gaussianの幅σ、およびnormalizationを規格化してある。720-840keV(図7b)には、Cs-134の796keVおよび802keVのγ線が含まれるが、同様に、放出率の低い802keVのγ線は796keVのγ線に規格化した。χ²値は、480-720keVでχ²/dof = 25.58/35 = 0.73、720-840keVでχ²/dof = 13.26/16 = 0.83であり、どちらの帯域のデータもモデルでよく再現された。fit

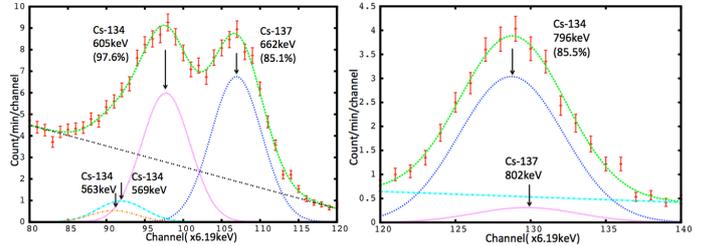


図7: 柏中高のγ線スペクトルとベストフィットモデル (a)480-720keV(b)720-840keV 1channelは6.19keV対応結果より得られたデータから検出器のエネルギー分解能ΔEが求められる。662keVにおいてラインの幅σ=(3.31±0.07)×6.19=20.5±0.4keVとなったので、エネルギー分解能ΔE=σ×2.36=48.3±1.0keVとなり、ΔE/E=48/662=0.073=7.3%となった。また、796keVも同様にσ=(3.47274±0.1521)×6.19=21.5±0.9keVとなるため、ΔE=σ×2.36=50.7±2.2keVとなり、ΔE/E=51/769=0.064=6.4%と求める事ができた。

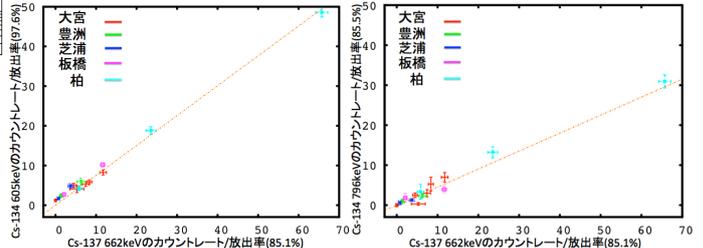


図 8: Cs-134 と Cs-137 の比率 (a)662keV:605keV (b)662keV:796keV

6 まとめと考察

ベストフィット値に基づき、図8にCs-137の662keVのカウンtrateを放出率85.1%で割ったものに対して、Cs-134の605keVおよび796keVのカウンtrateを放出率(97.6%および85.5%)で割ったものを表示した。すなわち、相対的Cs-137に対するCs-134の相対的な存在比rといえる。605keVについてはr₆₀₅ = 75%であった。一方796keVについてはr₇₉₆ = 48%であり、r₆₀₅より小さくなったが、これはシンチレータの有効面積が高エネルギー側で低くなることと矛盾ない。今回のスペクトル計測時期は、事故発生から2012年10-12月の期間に行っているため、Cs-134の半減期2年を考慮すると、スペクトル取得時においてCs-134は当初の52-57%まで減少してははずである。したがって、Cs-134と137のスペクトル計測時の存在比の目安として、r₆₀₅を採用すると、この結果は事故当初Cs-134とCs-137がほぼ同量放出されたことと矛盾ない結果である。

参考文献

- [1] Glenn F.Knoll 木村逸郎/阪井英次訳 放射線計測ハンドブック第3版 2001
- [2] 文部科学省(2011)「文部科学省による東京都及び神奈川県航空機モニタリングの測定結果について」平成23年10月6日発表 文部科学省Homepage(<http://www.mext.go.jp/>) (2013年1月現在)