

# 芝浦工業大学関連校舎における放射線源の経年変化の計測と考察

Measurement and discussion of long term radioactivity in Shibaura  
Institute of Technology

宇宙情報解析研究室 BP12067 関 和哉 指導教員：久保田 あや 准教授

## 1 研究の背景と目的

2011年3月の東日本大震災による福島原子力発電所事故により、放射性物質による汚染が問題となっている。鈴木は、総合研究において2012年の芝浦工業大学関連校舎での定量的な放射線計測を行った[1]。本研究では、2012年計測時からの放射線の経年変化を測定することにより、芝浦工業大学におけるその後の影響を調べることが目的とする。放射能汚染の原因の核種には、Cs-134、Cs-137、I-131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曝を起こしやすいことから三大主要核と呼ばれている[2]。この3種のうち、Cs-134の半減期が2年、I-131の半減期が8日であり、2015年4月の時点で、前者は事故直後の25%未満、後者の影響は無視できる<sup>1</sup>。なお、I-131については、2012年の計測の時点でも全く検出されていない。

表 1: Cs-134 及び Cs-137 が放出する 線

核種名	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%

## 2 計測の条件

### 2.1 計測機器

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 を使用した。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で、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。

### 2.2 計測の条件

2012年度の計測と比較を行うため、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。計測の条件を表2にまとめる。

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

## 3 空間線量の計測

### 3.1 大宮校舎と柏中学高等学校での計測

放射性物質の分布の大きな特徴を調べるため、2015年7月から12月にかけて5校舎で空間線量の計測とスペクトル計測を行った。ここでは空間線量が低めの大宮校舎及び、やや高めな柏中学高等学校の測定結果を示す。

大宮校舎では屋外29ヶ所で計測を行った。計測地点を図1に示す。図2の計測結果では人通りの多い5号館前(C-5)や駐車場(A-7)、バス停付近(B-7)等の南側は比較的高く、特に生協中庭(C-8)では高めの検出結果が出た。また、人が通る事が少ない雑木林がある北側は低かった。この計測結果よりスペクトルの計測地点を生協中庭(C-8)、雑木林射撃場横(B-3)とした。

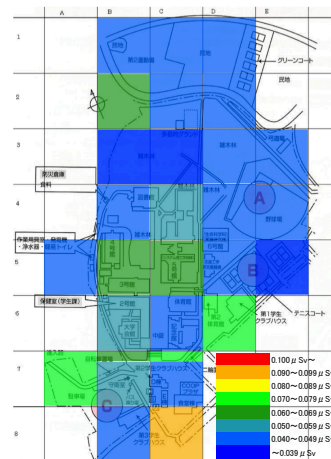


図 1: 大宮校舎敷地内の空間線量図 (2015/7/18 14:00 20:00)

柏中高では屋外14ヶ所にて空間線量計測を行った。結果を図2に示す。

計測地点のうち、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 柏

<sup>1</sup>正確には  $10^{-57}$  倍のオーダーである

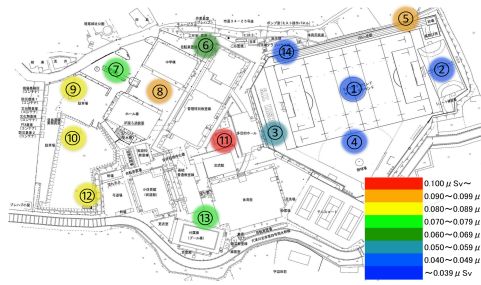


図 2: 柏校舎敷地内の空間線量図 (2015/12/2 11:00 15:00)

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 的数値が低く、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。また、2012 年計測時と比較して全体的に放射線量が低くなっていることが確認できた。

### 3.2 空間線量の時間変化

各校舎の過去と現在の空間線量の相関図を図 3 に示す。柏校については大幅に線量が減少しているのが見てとれる。

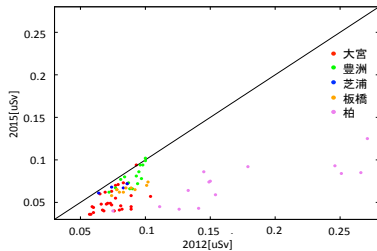


図 3: 空間線量相関図 (2012/2015)

## 4 スペクトル計測

図 3 から 2012 年度から放射性物質の減少が示唆される。しかし、今回は検出器の較正を行っていないため空間線量の測定には CsI の劣化による光量減少が考慮されていない。そこで、光量の減少の影響を受けない、放射性物質由来の  $\gamma$  線のスペクトルから直接そのカウント数を評価することとした。

### 4.1 全体のスペクトル

大宮校舎、豊洲校舎、芝浦校舎、板橋校の線量の高かった地点、および柏校の線量の最も高かった地点と最も低かった地点のスペクトルを図 4、5 に示す。これらの図は Cs-134、Cs-137、K-40 を用いて波高値 (ch) とエネルギーの対応を較正し、横幅をエネルギーとして作成した。

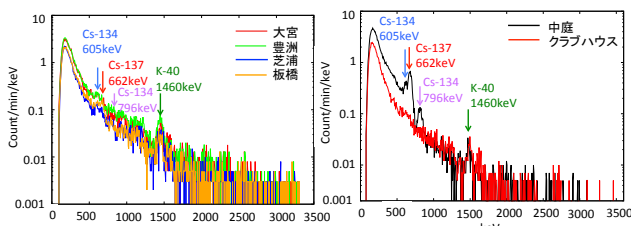


図 4: 大宮、豊洲、芝浦、板橋校舎のスペクトル

図 5: 柏校舎のスペクトル

## 4.2 スペクトル解析

表 1 に示した Cs-134、137 による 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、563keV(8.4%)、569keV(15%)、605keV(97.6%) の Cs-134、Cs-137 の 662keV(85.1%) による 線が含まれる 550 ~ 750keV(帯域 1)、および Cs-134 の 796keV(85.5%)、802keV(8.69%) が含まれる 760 ~ 870keV(帯域 2) に分けて詳細なスペクトルデータのモデルフィットを行った。帯域 1 については Cs-134 の 662keV、563keV、569keV および Cs-137 の 605keV の 4 本のガウシアンとバックグラウンドを近似する一次関数、帯域 2 については Cs-134 の 796keV、802keV の 2 本のガウシアンに一次関数を加えてデータを再現した。結果を図 6、表 3 に示す。ただし、(固定) と書かれたものについては Cs-137 の 662keV や Cs-134 の 796keV の結果を基準に規格化している。

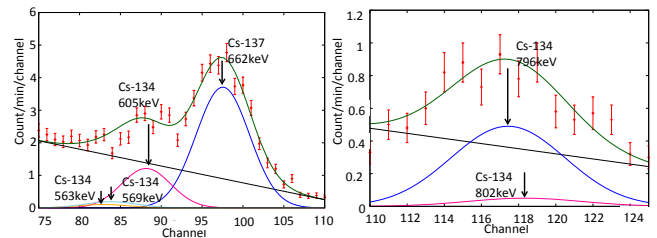


図 6: 柏校舎の 線スペクトルとベストフィットモデル (左:550 ~ 750keV 右:760 ~ 870keV)

表 3: 図 6 のフィット結果

	中心のエネルギー $E_c$ [channel]	標準偏差 $\sigma$ [channel]	カウント数 a[count/min]
Cs-137(662keV)	97.5 ± 0.15	3.27 ± 0.18	30.92 ± 1.25
Cs-134(605keV)	$E_c(662) * 605/662$ (固定)	$\sigma_{662} * \sqrt{605/662}$ (固定)	9.31 ± 0.83
(563keV)	$E_c(605) * 563/605$ (固定)	$\sigma_{605} * \sqrt{563/605}$ (固定)	$a_{605} * 8.4/97.6$ (固定)
(569keV)	$E_c(605) * 569/605$ (固定)	$\sigma_{605} * \sqrt{569/605}$ (固定)	$a_{605} * 15/97.6$ (固定)
Cs-134(796keV)	117.43 ± 0.70	3.07 ± 0.94	3.69 ± 2.77
(802keV)	$E_c(796) * 802/796$ (固定)	$\sigma_{796} * \sqrt{802/796}$ (固定)	$a_{796} * 8.69/85.5$ (固定)

## 5 まとめと考察

各校舎の空間線量とスペクトルの取得を行い、各校舎の過去と現在の空間線量および Cs-137(662keV) と Cs-134(796keV) の総カウント数の比較を相関図としてまとめた。図 7 の破線は半減期による放射性物質の減少量を想定した値をそれぞれ示している。この 2 つの図より、ほとんどの箇所が半減期による影響以上の減少量であることが見てとれる。これは風で飛ばされたり、雨などで流されたりなどといった、周りの環境の影響が大きく出ていると考えられる。このことを考慮すると図 3 の空間線量相関図から校舎の周りに木々の多い大宮や柏は外から入り込んでくる放射性物質がほとんどないため大幅に減少し、周りが車道や住宅街で比較的開けた豊洲や芝浦、板橋では外から入り込んできている箇所が多いと考えられる。

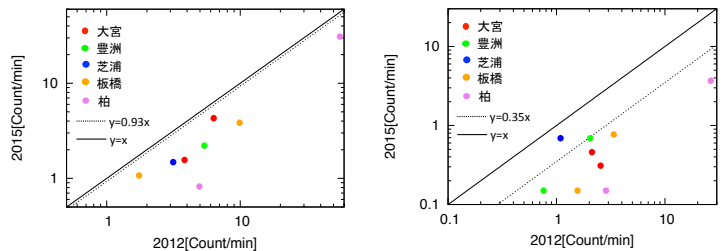


図 7: 総カウント数相関図 (左:662[keV] 右:796[keV])

## References

- 鈴木 崇士 総合研究論文 (芝浦工業大学) 2012
- 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 鈴木 崇士 総合研究論文 (芝浦工業大学) 2012