

# KEK電子陽電子入射器における改良型PINフォトダイオード放射線カウンターを用いた測定システムの構築

○佐武 いつか, 岩瀬 広, 諏訪田 剛, 草野 史郎<sup>A</sup>, 浅野 大輔<sup>B</sup>, 時吉 正憲<sup>B</sup>, 松本 佳宣<sup>C</sup>, 石垣 陽<sup>D</sup>, 佐藤 雅俊<sup>E</sup>  
 KEK加速器/総研大, <sup>A</sup>三菱電機システムサービス株式会社, <sup>B</sup>大成建設株式会社 原子力本部 原子力プロジェクト部 放射線チーム,  
<sup>C</sup>慶應義塾大学理工学部 物理情報工学科, <sup>D</sup>電気通信大学 情報理工学研究科, <sup>E</sup>ヤグチ電子工業株式会社

## 概要

- 放射線カウンターはRaspberry Piと接続でき、放射線のリアルタイムモニタリングが可能である。さらに、小型で可搬性を備えたシステムである。
- 改良型放射線カウンター（高線量率IoT線量計：大成建設株式会社 特許出願予定）を用いて、新たにシステムを構築した。
- 改良型放射線カウンターは、センサーサイズを1/13以下に変更し、感度を低減させることでより高線量率の場で測定できるように改良されたものである。
- Co-60とCs-137の線源を用いて校正試験をおこなった。また、KEK入射器運転中及び運転停止時の放射線量測定試験を実施した。

## システム概要

- 放射線が検出されると、放射線検出信号出力SIGがLowになる。
- SIGをGPIOピンで取得し、パルス数を計数する。
- EPICS IOC内で、1分間の積算値を算出し、CPM(Counts Per Minute)を線量率( $\mu\text{Sv/h}$ )に換算する。



Figure 1: Real-time monitoring system using a portable radiation counter and Raspberry Pi, with an oscilloscope. The horizontal and vertical scales are 100  $\mu\text{s/div}$  and 1 V/div, respectively.

## 線源を用いた線量率校正

- Co-60とCs-137の線源を用いて校正試験をおこなった。
- カウンターと線源間の距離を変えて、放射線量を測定した。
- 1 cm線量当量率定数を用いて、ベクレル(Bq)からシーベルト(Sv)に変換できる。

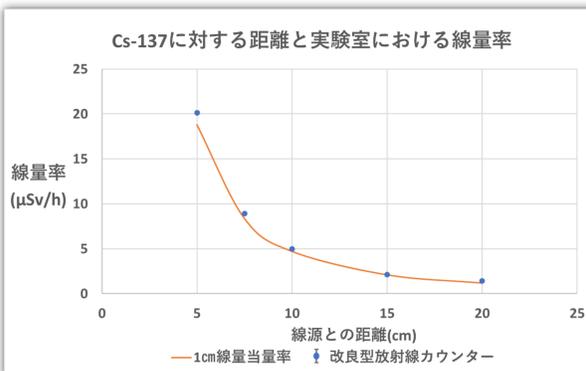


Figure 3: Variations in the dose rate as a function of a distance between the radiation source (Cs-137) and the measurement system in the laboratory.

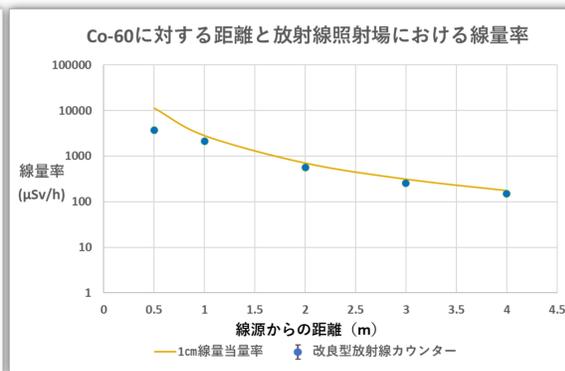


Figure 4: Variations in the dose rate as a function of a distance between the radiation source (Co-60) and the measurement system in the irradiation facility.

- 線源との距離が大きいくほど、単位時間当たりの検出数が減少するため測定誤差が大きい。
- 検出上限値：2.1 mSv/h
- 検出下限値(BG)：0.087  $\mu\text{Sv/h}$
- ダイナミックレンジ：2.5  $\times 10^4$  倍

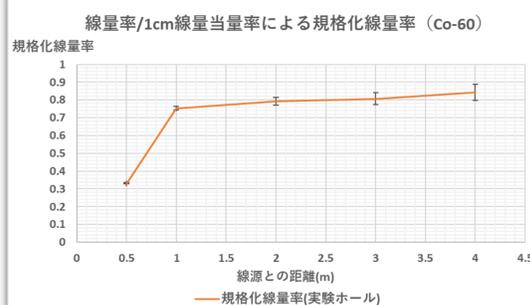


Figure 5: Variations in the dose rate normalized by 1cm-equivalent dose rate as a function of the distance measured in the irradiation facility.

## 入射器運転中での放射線測定

- 改良型放射線カウンターとガフクロミックフィルム(EBT3)をトンネル内に下ろし、測定を実施した。
- 運転停止後、0.17  $\mu\text{Sv/h}$ まで下がるのに要した時間は、運転停止から1時間であった。

ガフクロミックフィルム：3.35 mSv/h(積算値：1.13 Sv)  
 改良型放射線カウンター：0.77 mSv/h(平均値)

- 以上の結果より、改良型放射線カウンターの測定では数え落としをしていることが確認できた。



Figure 6: Time traces of the radiation dose rates measured by an improved radiation counter at C-7 during operation and shutdown of the KEK injector linac.

## 入射器トンネルでの残留放射線測定

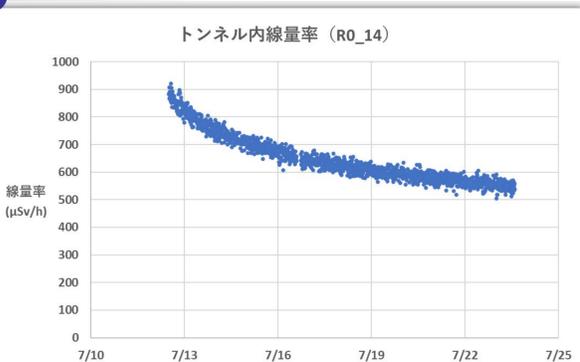


Figure 7: Time traces of the residual dose rates measured by improved radiation counter at ARC(R0\_14) during shutdown of the KEK injector linac.

アーク：  
 ・KEK入射器における180°偏向部  
 ・運転時はビームロスが比較的大きい場所

- ビームが停止して12時間後、アーク(R0\_14)にて測定を開始した。
- 測定開始時：922  $\mu\text{Sv/h}$   
 電離箱：約500  $\mu\text{Sv/h}$  (設置場所より外部で測定)
- 600  $\mu\text{Sv/h}$ まで下がるのに要した期間は、測定開始時から8日間であった。

## まとめと展望

- 改良型放射線カウンターを用いた、小型で可搬性を備えた放射線リアルタイムモニタリングシステムを構築することができた。
- Co-60とCs-137の線源を用いた校正試験の結果より、本システムにおける線量率測定の上限值は2.1 mSv/h、ダイナミックレンジは2.5  $\times 10^4$  倍であることが確認できた。
- ガフクロミックフィルムとの比較によって、数え落としがおきていることが確認できた。数え落としの原因にはビームによる線量測定の飽和问题などが考えられる。今後は正確な放射線測定の評価のため、さらなる校正試験を実施するつもりである。
- トンネル内の残留放射線量は、運転中のビームロスに依存するので測定の度に大きく異なる。入射器運転停止時における毎回のリアルタイム測定が必要不可欠となる。

## 謝辞

本発表にあたり多大なご協力をいただきました、大成建設株式会社 原子力本部 原子力プロジェクト部 放射線チームの長峰春夫氏、西山恭平氏、谷口雅弘氏、吉本龍彦氏に深く感謝申し上げます。