

電子式個人線量計

特集1

布宮 智也 (ぬのみや ともや)

山内 英嗣 (やまうち ひでし)

柴田 鉄生 (しばた てつお)

1 まえがき

富士電機は1983年に半導体検出器を用いた電子式個人線量計を開発して以来、現在まで改良を重ね、国内で初めて中性子の計測が可能な電子式個人線量計を開発した。現在では国内の原子力発電所の個人被ばく管理における電子式個人線量計としてシェア約70%を占めている。

これまで、国内規格JIS Z 4312 (2002)「X線、 γ 線、 β 線及び中性子用電子式個人線量(率)計」および国際規格IEC61526 (1998)に準拠して開発を進めてきた。今後は、海外の原子力発電所への展開を視野に入れた開発を進めていく。

2 概要と特徴

電子式個人線量計は、作業者が胸ポケットに携帯して作業中に受けた放射線の量をリアルタイムに測定・表示する機器である。あらかじめ設定された作業線量の警報レベルを超過した場合に警報を発し、高音量にて作業者へすぐに知らせることができる。

近年、電子式個人線量計の改良が進み、耐ノイズ性・耐衝撃性をさらに改善して、信頼性が飛躍的に向上した機器

となっている。多線種の同時計測が可能な電子式個人線量計が開発された当初は、外来ノイズによる誤計数の発生が多く、さらに精度のよい計測が必要となった。

図2 電子式個人線量計の放射線特性 (エネルギー特性, 温度特性, 方向特性)

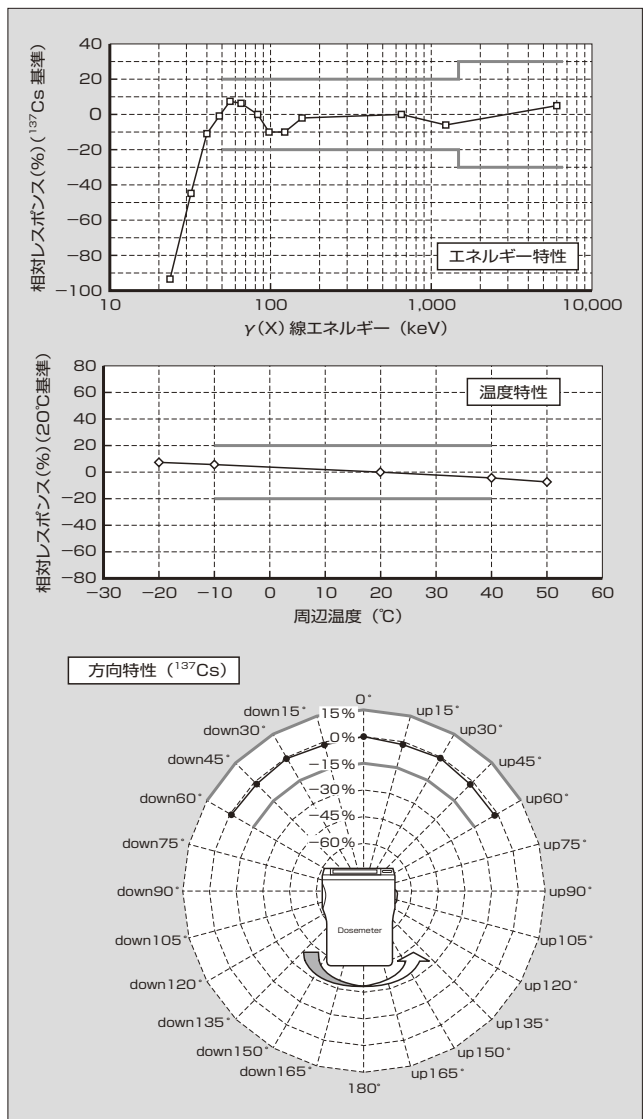
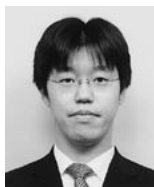


図1 電子式個人線量計の外観



布宮 智也

放射線検出器の開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社生産本部東京工場放射線装置部。工学博士。日本保健物理学会会員。



山内 英嗣

放射線機器・システムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機システムズ株式会社制御システム本部放射線システム統括部放射線システム部主任。



柴田 鉄生

放射線機器・システムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機システムズ株式会社制御システム本部放射線システム統括部放射線システム部課長補佐。

表1 電子式個人線量計の仕様

項目	型式	NRF30021	NRF40021
測定線種		γ (X) 線	
エネルギー範囲		35 keV~6 MeV	
エネルギー特性		±20%以内 (50 keV~1.5 MeV) , ±30%以内 (1.5~6 MeV)	
方向特性		±20%以内 上下左右60° まで (¹³⁷ Cs)	
		±50%以内 上下左右60° まで (²⁴¹ Am)	
		±30%以内 水平全周360° (¹³⁷ Cs)	
線量指示誤差		±10%以内 (0.02 mSv以上)	
線量率直線性		±10%以内 (0.1 mSv/h以上)	
応答時間		5秒以内 (5 mSv/h以上)	
耐静電気ノイズ		接触放電±8 kV, 気中放電±15 kV	
警報機能		ブザー音量: 85 dB以上 (20 cm) , 80 dB以上 (30 cm) , 表示灯: 赤色LED点滅	
電源		電池CR123A, 1個 (連続2,880時間使用)	
温度特性		±20%以内 (-10~+40℃)	±10%以内 (-20~+50℃)
耐衝撃		1.5m落下 (木板)	2.0m落下 (鉄板2cm)
耐電磁波ノイズ		PHS・携帯電話密着, 100V/m, 60A/m	PHS・携帯電話密着, 100V/m, 400A/m
防滴		JIS保護等級4級	JIS保護等級4級, 耐水没, 耐塩水噴霧
ケース材質		樹脂	マグネシウム合金+保護ゴム
質量		約100g (電池, クリップ含む)	約115g (電池, クリップ含む)
寸法		W60×H78×D27 (mm)	W62×H82×D27 (mm)

電子式個人線量計の放射線特性に影響のないように筐体(きょうたい)内部のシールド構造を改善し、外来ノイズにおいて、特に PHS (Personal Handyphone System) や携帯電話などの電磁波ノイズに対して 100 V/m : 100 kHz ~ 500 MHz, 400 A/m : 50 Hz/60 Hz の耐ノイズ性を持たせることができた。また、携帯中に作業者が誤って落下させてしまうことが電子式個人線量計の誤動作や故障の原因となっていたが、内部の構造を改善し、1.5mの高さから木板上への落下に耐えられる機器とすることができた。さらに、筐体にマグネシウム合金製のケースを採用するとともに衝撃保護部材を組み合わせることににより、2.0mの高さから厚さ 2 cm の鉄板上への耐落下性能を持った電子式個人線量計 (NRF40021) を開発することができた。図1に電子式個人線量計の外観を示す。

本線量計は、JIS および IEC (International Electrotechnical Commission) 規格で示されている代表的な放射線特性であるエネルギー特性、温度特性、方向特性を満足している(図2)。エネルギー特性および温度特性は、γ (X) 線に対する感度のエネルギー依存性および温度依存性を示しており、広いエネルギー範囲または広い温度範囲において、線量の計測精度が±20%以内または±30%以内になっている。同様に、放射線の入射方向に対して計測精度は±15%以内になっている。

電子式個人線量計の特徴を以下に示す。また、仕様を表1に示す。

- ① 高性能 [JIS Z 4312 (2002) 準拠, IEC61526 (1998) 準拠]

- ② 低消費電力 (一次電池 1 個で 1 年間使用可能)
- ③ 耐静電気 (接触放電±8 kV, 気中放電±15 kV)
- ④ 耐温湿度 (-10 ~ +40℃, 35 ~ 95%)
- ⑤ 耐電磁波 (100 V/m)
- ⑥ 耐衝撃 (2.0m 落下 : NRF40021)
- ⑦ CE マーキング取得

リアルタイムに測定した電子式個人線量計は、赤外線通信により外部のデータ処理装置との連携が容易であり、個人被ばく管理システムの高機能化を図ることができる。この個人被ばく管理システムは、電子式個人線量計を主要機器とし、データ通信を行う線量計リーダ(図3に外観を示す)を介し、上位の計算機サーバへデータ伝送を行い、作業者の安全管理を効率的に実施している。また、電子式個人線量計の運用前準備として、運用時における線量および使用時間の警報値を設定するための設定器や電子式個人線量計の計測機能を校正する線量計簡易校正装置(図4に外観を示す)により、高度で効果的なシステムを構築している。

③ 電子式個人線量計の種類

この電子式個人線量計は、個人被ばく管理に大きくかわるγ (X) 線を計測主体とし、β線および中性子の計測が可能である。「γ線」の電子式個人線量計をベースに、「γ線+β線」「γ線+中性子」の製品を取りそろえている。

表2にβ線または中性子の計測機能を示す。

さらに、国内向けの電子式個人線量計では、「γ線+β

図3 線量計リーダの外観



図4 線量計簡易校正装置の外観

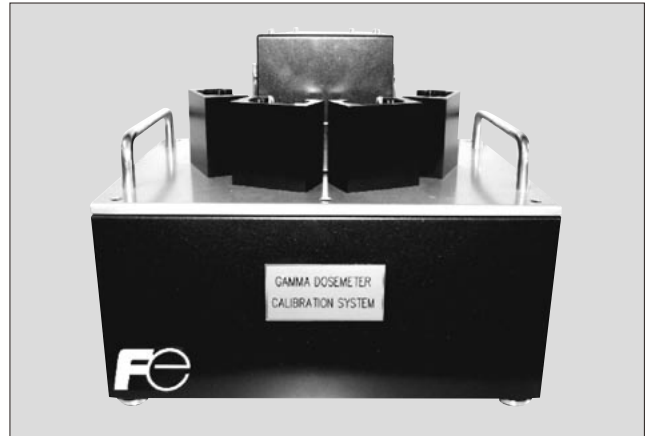


表2 電子式個人線量計のβ線および中性子の計測性能

項目 \ 測定線種	β線	中性子
エネルギー範囲	300 keV~2.4 MeV	0.025 eV~15 MeV
エネルギー特性	±30%以内 (500 keV~2.4 MeV)	±50%以内 (100 keV~4.5 MeV)
方向特性	±30%以内, 上下左右60°まで (⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y)	±30%以内, 上下左右60°まで (²⁴¹ Am-Be)
線量指示誤差	±15%以内 (0.02 mSv以上)	±15%以内 (0.5 mSv以上)
線量率直線性	±20%以内 (0.1 mSv/h以上)	±20%以内 (0.5 mSv/h以上)
応答時間	5秒以内 (5 mSv/h以上)	5秒以内 (100 mSv/h以上)

線 + 中性子」の3線種の同時計測が可能な線量計もある。これは世界初の3線種線量計として開発され、現在も日本の原子力発電所内で使用されている。特に中性子計測が可能な電子式個人線量計は、他社の電子式個人線量計に比べ差別化した内容となっている。

4 あとがき

JIS Z 4312 (2002) は IEC61526 (1998) の内容を反映したものであったが、近年、IEC61526 (2005) が新たに制定され、海外展開においては、この2005年版IECに対応した特性・機能を持った製品が必要となっている。

今後、電子式個人線量計は、IEC61526 (2005) に対応するようにさらに改善していく必要がある。これらの改善を実施していくことにより、国内シェアの確保のみならず、

海外市場への展開ができるような競争力のある機器の製品化を進めていく所存である。

参考文献

- (1) Sasaki, M. et al. Development and characterization of real-time personal dosimeter with two silicons, Nucl. Instr. and Meth. A. no.418, 1998, p.465-475.
- (2) 辻村憲雄. シリコン半導体式中性子個人線量計の特性評価と標準校正. 東北大学. 修士論文. 1993-2.
- (3) Nunomiya, T. et al. Proceedings of 11th International Congress of the International Radiat. Prot. Dosim. Protection Association, Madrid, Spain, 2004-5, p.23-28.
- (4) Nunomiya, T. et al. Proceedings of the 10th. Neutron Dosimetry Symposium, Progress in dosimetry of neutrons and light nuclei, Uppsala, Sweden, 2006-6, p.12-16.