

通信機能付き電子線量計を用いた積算線量測定について

堀江洋平 末光篤*1 武田尚彦*2 富士博道 高市恭弘 高松公子

1. はじめに

平成 23 年 3 月に発生した東京電力(株)福島第一原子力発電所事故を教訓にして策定された原子力災害対策指針では、原子力施設から概ね 5~30km 圏内の緊急防護措置を準備する区域(以下「UPZ」という。)において、空間線量率の実測値を基に避難等の防護措置を講ずる判断を下すこととなっている。これを踏まえ、県ではモニタリングポストに加えて、防護措置の判断を強化するため、UPZ 圏内 58 地点に通信機能付き電子線量計(以下「電子線量計」という。)を整備し、平成 28 年度から緊急時に備えた空間線量率の測定を行っている。

今回、これまでの電子線量計の運用状況、並びに電子線量計による空間線量率から積算線量を算出し、従来の蛍光ガラス線量計(以下「RPLD」という。)による積算線量と比較を行ったので報告する。

2. 方法

2.1. 電子線量計

2.1.1. 電子線量計システムの仕様

平成 27 年度に整備した電子線量計システム¹⁾の外観及び構成を図1に、その仕様を表1に示す。

測定現場における装置は、太陽光パネル、検出器ボックス、バッテリーボックスから構成されている。バッテリーボックス内部には 2 個のバッテリーが並列につながれてお

り、満充電から 7 日間は電子線量計システムが稼働可能である。また日照時間 2 時間以上でバッテリーが満充電になる太陽光パネルを設置しており、外部電源なしで常時稼働可能なシステムとしている。

検出器ボックス内には、電子線量計(検出器)や通信部が収納されている。電子線量計は、(株)日立製作所製 PDM-501R1(シリコン半導体検出器)を用いており、測定範囲は 0.2 μ Gy/h~10mGy/hである。また通信部には FOMA 端末を使用しており、原子力センターや県庁に設置しているデータ収集サーバーに測定データを伝送するほか、検出器やバッテリーの状態も伝送されるようになっている。

2.1.2. 電子線量計による空間線量率

電子線量計検出器で 2 分毎に測定された空間線量率(2 分値)は、検出器本体に保存される。平常時モードでは毎正時にデータ収集サーバーへ測定データが伝送される。また緊急時モードでは 2 分毎にデータ収集サーバーを経由し県のテレメータシステムへ伝送され、さらにテレメータシステムからの伝送指示により国へデータ伝送される。

万が一、長期間の天候不良等で消費電力が太陽光パネル発電量を上回り、バッテリー残量が少なくなった場合、アラームが発報されるようになっているため、満充電のバッテリーと交換する等の対応が可能となっている。

愛媛県原子力センター 八幡浜市保内町宮内 1-485-1

*1 現愛媛県民環境部環境局環境政策課

*2 現愛媛県南予地方局八幡浜支局八幡浜保健所

表 1 通信機能付き電子線量計の仕様

検出器	型式		PDM-501R1
	製造		株式会社日立製作所
	測定線種		γ (X) 線 (60keV \sim)
	検出方式		シリコン半導体検出器
	線量率測定範囲		0.2 μ Gy/h \sim 10.00mGy/h
	線量率指示誤差		\pm 20%以内 (0.2 μ Gy/h \sim 10mGy/h)
	エネルギー特性		-50 \sim +30%以内 (60keV \sim 100keV) \pm 30%以内 (100keV \sim 1.5MeV)
	使用条件	温度	-10 \sim +40 $^{\circ}$ C
湿度		100%RH以下 (ただし結露しないこと)	
電源	所要電源		供給電源DC12Vバッテリーシステム ※AC100Vに接続しての運用も可能
	消費電力		400mA (DC12V使用時)
	太陽光パネル		90W 日照2時間以上で内部バッテリー満充電
	内部バッテリーによる稼働時間		1週間以上 (内部バッテリー満充電から)
データ伝送	伝送端末	伝送方法	FOMA回線
		使用温度	-20 \sim +60 $^{\circ}$ C
	伝送先		データ収集サーバー (原子力センター、県庁に設置)
防水・防塵対策			保護等級IP44相当

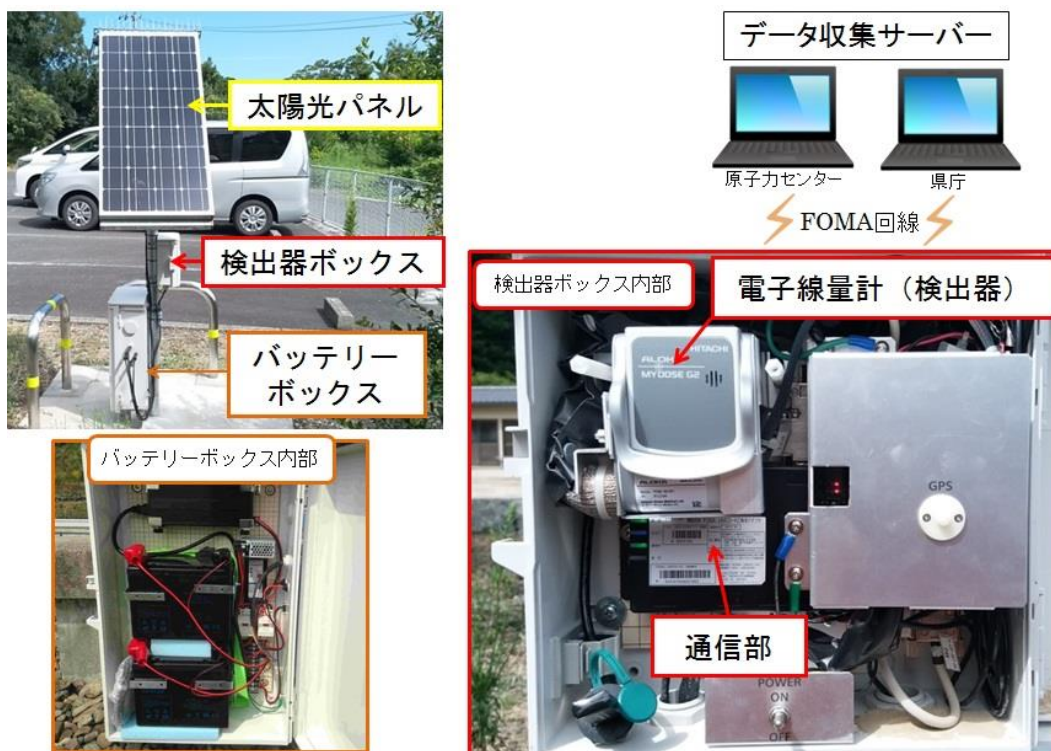


図 1 通信機能付き電子線量計の外観及び構成

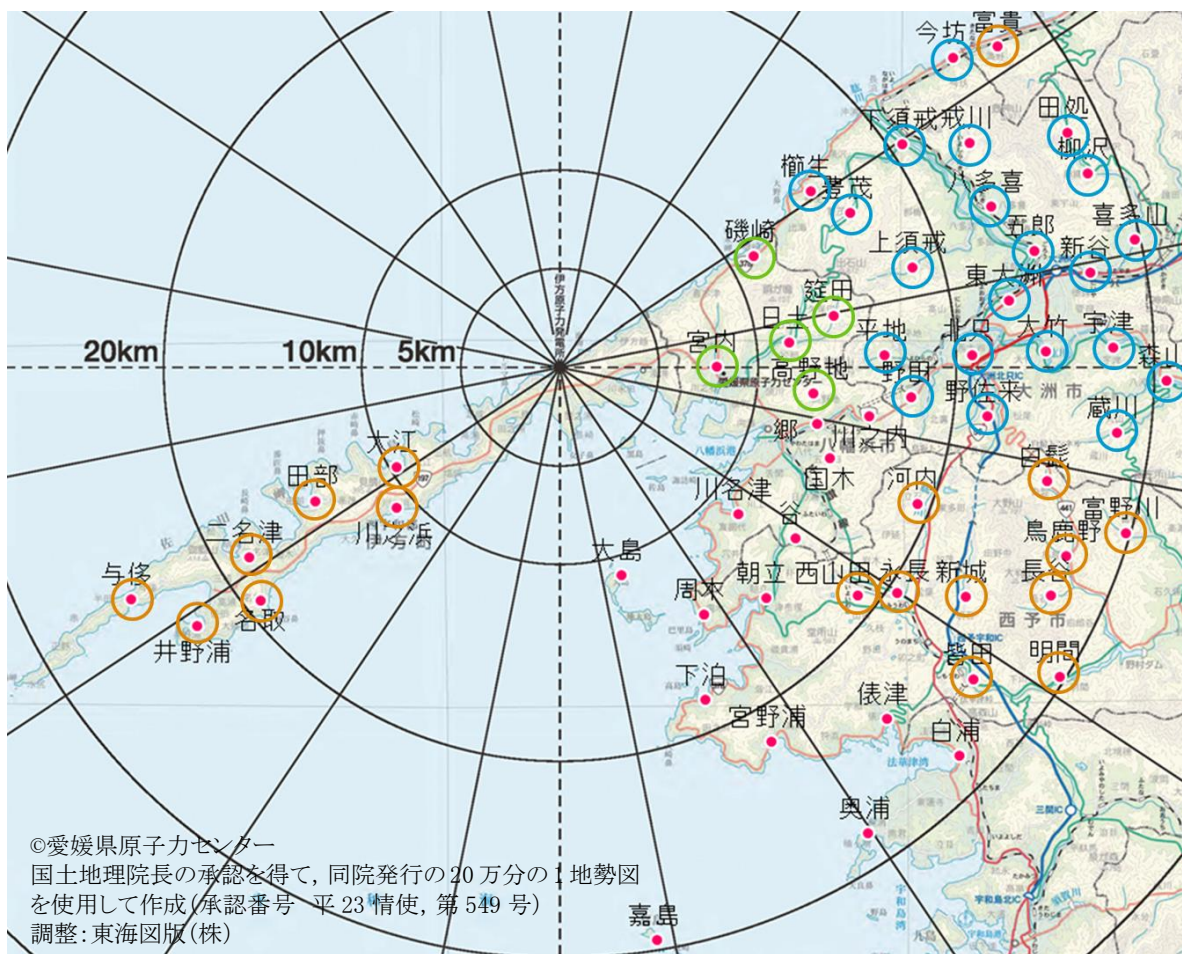


図2 電子線量計設置地点及びRPLD 並行測定地点

2.1.3. 電子線量計による積算線量

電子線量計による積算線量は、以下の式のとおり、電子線量計の空間線量率($\mu\text{Gy/h}$:2分値)に測定単位時間(2分/60分)を乗じた値について、求めるモニタリング期間の総和とした。

$$[\text{積算線量}] = \Sigma ([\text{空間線量率}] \times [\text{測定単位時間}])$$

2.2. RPLD による積算線量

放射能測定法シリーズ 27「蛍光ガラス線量計を用いた環境 γ 線量測定法²⁾に基づき、RPLD 素子 (AGC テクノグラス(株)製 SC-1) 及びリーダー (AGC テクノグラス(株)製 FGD-252S) を用いて積算線量の測定を行った。

RPLD による積算線量の並行測定は、電子線量計設置地点のうち図 2 に示す 44

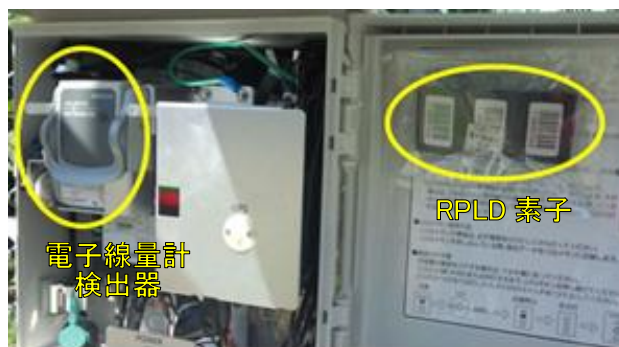


図3 電子線量計とRPLD 素子設置状況

地点で、平成 28 年 9 月から平成 29 年 2 月の間に行った。

なお、図 3 に示すとおり、電子線量計検出器ボックス内に RPLD 素子 3 個を検出器高さ(地上 1m)に合わせて設置した。

3. 結果及び考察

3.1. 電子線量計による空間線量率

電子線量計による空間線量率の測定は平成 28 年度から開始しているが、空間線量率 0.2 μ Gy/h 未満は検出器の測定範囲外である。愛媛県の場合、UPZ 圏内に設置したモニタリングポストによる平成 28 年度

の空間線量率(1 時間値)が 0.016～0.130 μ Gy/h と比較的低いため、電子線量計による空間線量率は測定範囲外となり、空間線量率(2 分値)の指示値は、0～0.3 μ Gy/h の範囲で大きく変動している。

表 2 積算線量測定結果一覧

測定場所		測定期間				積算線量測定結果(μ Gy)		
		設置日時		回収日時		測定日数	電子線量計	RPLD
伊方町	田部	H28/9/5	11:11	H29/1/12	11:17	129日	134	138
	大江	H28/9/5	10:30	H29/1/12	10:00	129日	123	124
	二名津	H28/9/5	11:50	H29/1/12	13:24	129日	176	173
	与侈	H28/9/5	13:54	H29/1/12	11:57	129日	134	136
	井野浦	H28/9/5	14:28	H29/1/12	13:00	129日	187	186
	川之浜	H28/9/5	15:28	H29/1/12	10:41	129日	169	171
	名取	H28/9/5	14:59	H29/1/12	13:45	129日	151	155
八幡浜市	磯崎	H28/8/30	13:30	H29/2/27	13:32	181日	186	182
	宮内	H28/8/30	13:51	H29/2/27	14:02	181日	218	215
	日土	H28/8/30	14:13	H29/2/27	14:22	181日	218	216
	菟田	H28/8/30	14:34	H29/2/27	14:37	181日	247	239
	高野地	H28/8/30	15:20	H29/2/27	15:28	181日	192	193
大洲市	今坊	H28/10/19	15:11	H29/1/27	9:53	100日	120	118
	下須戒	H28/10/19	14:08	H29/1/27	10:13	100日	158	158
	柳沢	H28/10/19	10:43	H29/1/26	13:54	99日	115	110
	櫛生	H28/10/19	15:42	H29/1/27	9:19	100日	161	158
	八多喜	H28/10/19	12:56	H29/1/27	11:33	100日	125	122
	上須戒	H28/10/20	14:39	H29/1/26	15:10	98日	131	122
	五郎	H28/10/19	11:56	H29/1/26	14:42	99日	145	136
	大竹	H28/10/20	9:27	H29/1/26	9:24	98日	96	94
	平地	H28/10/20	13:27	H29/1/26	11:45	98日	121	119
	宇津	H28/10/20	9:57	H29/1/26	9:42	98日	112	110
	蔵川	H28/10/20	10:44	H29/1/27	10:15	99日	165	164
	田処	H28/10/19	10:12	H29/1/26	13:40	99日	121	120
	豊茂	H28/10/19	14:36	H29/1/27	10:30	100日	164	165
	新谷	H28/10/19	11:29	H29/1/26	14:25	99日	100	97
	野佐来	H28/10/20	11:12	H29/1/26	10:42	98日	162	158
	戒川	H28/10/19	13:31	H29/1/26	11:03	99日	165	166
	喜多山	H28/10/19	11:12	H29/1/26	14:14	99日	118	115
	野田	H28/10/20	12:55	H29/1/26	11:24	98日	189	186
	北只	H28/10/20	11:35	H29/1/26	11:03	98日	133	132
東大洲	H28/10/20	14:05	H29/1/26	13:04	98日	138	131	
森山	H28/10/20	10:18	H29/1/26	9:58	98日	133	126	
西予市	白髭	H28/9/2	14:00	H28/12/15	14:00	104日	173	170
	河内	H28/9/2	10:00	H28/12/15	10:09	104日	115	110
	鳥鹿野	H28/9/2	13:46	H28/12/15	13:47	104日	170	166
	西山田	H28/9/2	10:32	H28/12/15	10:37	104日	122	120
	皆田	H28/9/2	11:15	H28/12/15	11:34	104日	121	121
	新城	H28/9/2	11:00	H28/12/15	11:05	104日	161	161
	永長	H28/9/2	10:20	H28/12/15	10:25	104日	157	153
	明間	H28/9/2	13:03	H28/12/15	11:48	104日	142	139
	富野川	H28/9/2	14:34	H28/12/15	14:26	104日	154	154
伊予市	長谷	H28/9/2	13:28	H28/12/15	13:32	104日	158	157
	富貴	H28/9/16	10:30	H29/1/10	10:06	116日	157	154

また、検出器の性質上、携帯電話の電波等の影響を受けやすく、瞬間的な指示値の上昇がみられることがあるため、明らかに外的要因による異常値と判断されるものについては測定結果から除外した。

3.2. 積算線量の並行測定

並行測定を行った 44 地点における電子線量計及び RPLD による積算線量の結果を表 2 に示す。積算線量は電子線量計が 96~247 μ Gy, RPLD が 94~239 μ Gy であった。この地点による値の違いは、測定地点の地質等や測定期間の長さの違いによるものと思われる。

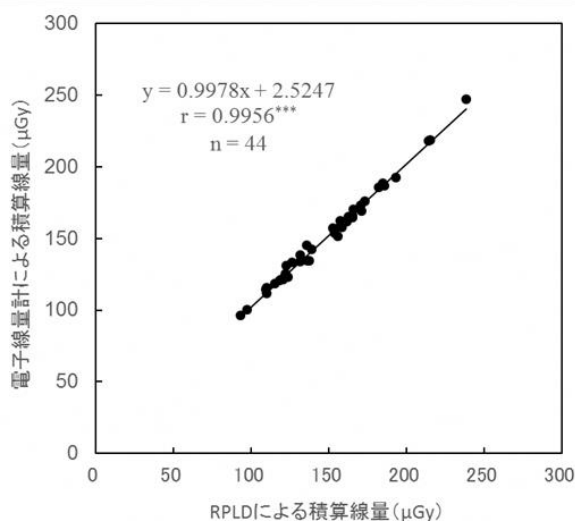


図 4 電子線量計と RPLD による積算線量並行測定結果の相関図

図4には電子線量計による積算線量(y)と RPLD による積算線量(x)の相関図を示す。相関係数 0.9956 の正の強い相関が認められ、相関式 $y = 0.9978x + 2.5247$ と非常に $y=x$ に近い式が得られており、エネルギー特性の違いによる積算線量の差はほとんどないことが確認された。

3.3. 積算線量の経日変動

RPLD による積算線量は RPLD 素子の設置から回収までの単一期間しか測定できないのに比べ、電子線量計による積算線量は、任意の期間の空間線量率から算出可能である。

図 5 に電子線量計下須戒局(大洲市長浜)の電子線量計による空間線量率から 1 日毎の積算線量を示した。一般的に降雨時には大気中に浮遊する放射性物質が地表に沈着(濃縮)されることに伴い、空間線量率の上昇や積算線量の増加がみられることから、図中に長浜における降雨量を示した。

降雨量ゼロの日の積算線量は 1.4~1.6 μ Gy であり、測定範囲外の低い環境場での空間線量率(2 分値)のような大幅な指示値の変動はなく、積算することにより信頼性のある測定値が得られると期待された。

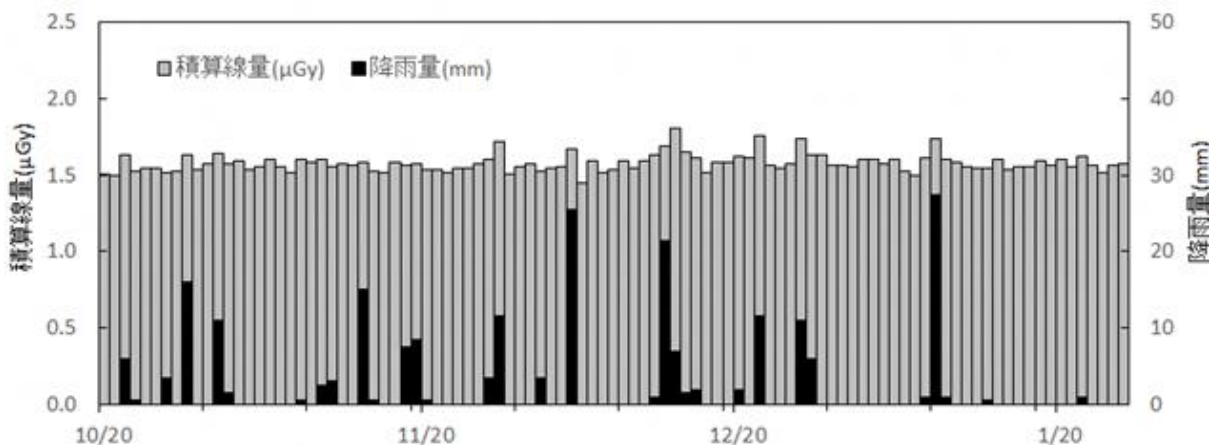


図 5 電子線量計下須戒局における 1 日毎の積算線量と周辺地域の降雨量の関係

表 3 電子線量計と RPLD による積算線量測定と比較

		電子線量計	RPLD
測定地点		固定(58か所)	任意
電源	現地	常時必要(検出器等)	不要(素子)
	監視局	常時必要 (収集サーバー)	回収後の読取時に必要 (リーダー等)
データ伝送		常時可能	不可
測定期間		連続測定	素子の設置時から 回収時まで
測定期間中の変動把握		可能	不可

また、降雨が観測された日は 1.5～1.8 μ Gy と積算線量の増加がみられており、緊急時における短期間の積算線量の増加を把握するための手段として活用が期待できる。

4. 電子線量計と RPLD による積算線量

電子線量計と RPLD による積算線量測定の比較を表 3 に示す。電子線量計による積算線量測定は、測定地点が UPZ 圏内に設置した 58 か所に固定され、現地での電源が常時必要であるが、通信機能を有しているため現地からのデータ伝送が可能であり、監視局の収集サーバーでデータ確認ができ、連続測定が可能で測定期間中の変動も把握できるというメリットがある。一方、RPLD による積算線量測定は、素子の設置や回収に人員を要するものの、任意の地点に素子を設置することが可能で、現地における電源も不要というメリットがある。それぞれの測定方法によるメリットを活かし、相互補完的に積算線量を測定することができれば、より効率的に広範囲多地点での積算線量の把握が可能である。

なお、電子線量計については、国の指示により、平成 29 年度事業として電源及び通信の多重化を実施し、商用電源を主電源に、有線回線を主回線に変更している。より確実に空間線量率のデータ収集ができる

体制が整備されたことから、積算線量測定の手段としての活用が期待できる。

5. まとめ

電子線量計を用いた積算線量測定について、以下の知見が得られた。

- 電子線量計による積算線量と RPLD による積算線量はほぼ等しく、エネルギー特性の違いによる差はほとんどないことが確認された。
- 電子線量計による積算線量は、任意の期間の空間線量率から算出可能であり、緊急時における短期間の積算線量増加を把握する手段としての活用が期待できる。
- 電子線量計と RPLD のそれぞれのメリットを活かし、相互補完的に積算線量を測定することができれば、より効率的に広範囲多地点での積算線量の把握が可能である。

【参考文献】

- 1) 末光篤, 堀江洋平, 武田尚彦, 宇高真行, 青木平八郎, 安永章二, 愛媛県原子力センター所報, 4(2016)17.
- 2) 文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課防災環境対策室, 放射能測定法シリーズ 27「蛍光ガラス線量計を用いた環境 γ 線量測定法」, 2002.