

放射線測定車による放射能測定結果及び変動要因の評価方法について

白坂 邦三郎 今村 博香* 大津 睦雄
西原 充貴* 榮 哲浩 出雲 信明

1 はじめに

本県では、川内原子力発電所周辺環境放射線調査の一環として、放射線測定車（モニタリングカー）による、空間放射線量率、放射性ダスト濃度及び放射性ヨウ素濃度の定期測定を実施しているが、1997年度に放射線測定車及び測定機器の更新を行い、これによる測定を、1998年5月から実施している。

測定機器の更新に伴い、新旧両測定機器（以下「新旧両機器」という。）のデータの整合性及びデータの変動要因の評価方法を検討するため、「放射線測定車による放射能測定及び評価方法に関する調査研究」（1998年度～2000年度）を実施したので、その結果を報告する。

2 空間放射線量率

2.1 データの整合性

2.1.1 測定機器等の比較

新旧両機器等の比較を表1に示す。新測定機器（以下「新機器」という。）は、MCA (Multichannel Analyzer) によるスペクトル解析が可能となっている。

表1 測定機器等の比較（空間放射線量率）

	旧	新
検出器	アロカ株式会社 シンチレーション検出器 NaI (Tl) 円筒型 3インチφ×3インチL	富士電気株式会社 シンチレーション検出器 NaI (Tl) 円筒型 3インチφ×3インチL
線量変換方法	50KeV～3MeV DBM方式	50KeV～3MeV G(E)関数方式
校正方法	Cs-137線源によるゲイン調整	校正用スペクトルによるエネルギー対チャンネル校正
解析方法	科学技術庁マニュアルに準拠	

2.1.2 並行測定の実施

新旧両機器のデータの整合性を確認するため、1998年4月に行った周辺環境調査の定期測定地点における同時並行測定の結果を図1、表2に示す。

測定結果は、新機器の方が旧測定機器（以下「旧機器」という。）に比べて約10%程度高くなったが、(財)日本分析センターのクロスチェック評価基準である±15%の範囲内にあり、測定結果の相関も得られていることから、新旧両機器の測定結果については、整合性が確認できた。

表2 並行測定結果（空間放射線量率）

測定地点	空間放射線量率 (nGy/h)		
	旧	新	差
砂岳	46.7	49.3	2.6
西方小	35.2	38.1	2.9
小園	38.6	42.3	3.7
妹背	40.4	44.1	3.7
別府	44.7	48.8	4.1
木場谷	39.5	42.5	3.0
大河内	44.4	47.1	2.7
小平	34.4	38.0	3.6
唐山	25.7	27.6	1.9
浜田	33.1	35.5	2.4
池之段	46.5	48.8	2.3
山神田	35.9	39.7	3.8
小ヶ倉	43.9	45.4	1.5
羽島浜	42.7	46.0	3.3
平均	39.4	42.4	3.0

* 鹿児島県環境生活部環境管理課

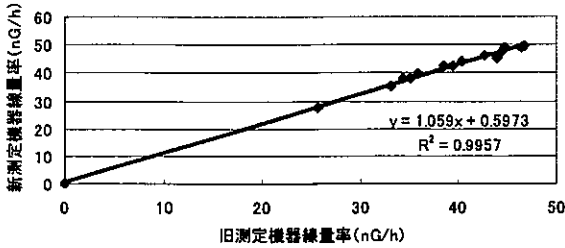


図1 並行測定結果(空間放射線量率)における相関

2. 1. 3 測定データの比較

周辺環境放射線調査の一環として実施した定期測定データの比較検討を行った。

(1) 測定内容

1) 測定期間

- ・旧機器；1989年4月～1998年4月
- ・新機器；1998年5月～2001年3月

2) 測定方法 定期測定(毎月1回)

3) 測定条件

- ・測定時間；600秒
- ・測定対象；γ線
- ・測定エネルギー；50KeV～3MeV

(2) 測定データの比較

測定結果を表3に示す。

新旧両機器でデータ数が異なるが、平均値で見ると、羽島浜を除いて新機器の方が旧機器より高くなったが、

並行試験と同様な結果が得られた。なお、羽島浜が低くなったのは、1998年10月頃、測定場所がアスファルト舗装されたことにより地表からの空間放射線が一部遮蔽されたためと考えられる。

2. 2 変動要因の評価方法の検討

空間放射線量率においては、変動の要因が、自然放射性核種、人工放射性核種のいずれによるものであるかを把握することが重要となってくるため、一定のエネルギー領域に着目した変動要因の評価方法について検討した。

2. 2. 1 着目領域計数/全計数

自然放射性核種であるウランの娘核種²¹⁴Biのγ線の放出エネルギーは1764keVであるのに対し、人工放射性核種である¹³⁷Csのγ線の放出エネルギーは662keV、⁶⁰Coは1173keVと1333keVなど、大半が1500keV以下である。

このように自然放射性核種と人工放射性核種の放出エネルギーには差があることから、²¹⁴Biの波高ウィンドウ(1650～2000keV)を着目領域として設定し、この領域にカウントされる空間放射線計数を測定した(着目領域計数)。人工放射性核種が混在すると、着目領域計数の全計数に占める割合が減少することから、着目領域計数/全計数を算出した。

測定データの着目領域計数/全計数を表4に示す。着目領域計数/全計数の平均値は、0.67%であり、着目領域

表3 空間放射線率の測定データ (単位；nGy/h)

測定地点	データ数		平均値		範囲		標準偏差	
	旧	新	旧	新	旧	新	旧	新
砂岳	109	35	49	53	44～54	49～57	1.8	2.0
西方小	109	35	37	39	31～43	35～53	2.2	3.8
小園	109	35	38	41	30～47	37～47	2.8	2.1
妹背	109	35	42	45	38～49	43～55	2.2	2.0
別府	109	35	43	48	38～48	43～56	2.0	2.2
木場谷	109	35	34	37	31～41	32～45	1.8	2.5
大河内	109	35	39	43	32～45	40～48	1.7	1.4
小平	109	35	34	39	30～39	36～41	1.9	1.1
唐山	109	35	26	29	23～34	26～35	1.6	1.6
浜田	109	35	33	36	29～46	34～39	2.1	1.2
池之段	109	35	35	40	31～47	37～49	2.0	2.7
山神田	109	35	34	36	29～45	33～42	2.8	2.2
小ヶ倉	109	35	32	33	27～44	31～39	2.3	1.5
羽島浜	109	35	35	33	30～44	28～43	2.2	4.0
(全体)	1526	490	37	39	23～54	26～57	5.7	6.5

計数/全計数が通常値である0.60%前後から大きく減少すれば、空間放射線量率の変動が人工放射性核種に依存しているものと考えられる。

今後は、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co など他の標準線源を用いた測定などを実施し、これらのデータを比較することにより、空間放射線量率の変動要因を解析する基礎的なデータを蓄積していく必要がある。

表4 測定データの着目領域計数/全計数 (単位: %)

地点名	データ数	平均値	最大値	最小値	標準偏差
砂岳	35	0.66	0.73	0.63	0.024
西方小	35	0.69	0.97	0.62	0.069
小園	35	0.63	0.79	0.58	0.037
妹背	35	0.65	0.89	0.59	0.050
別府	35	0.67	0.84	0.60	0.040
木場谷	35	0.68	0.88	0.57	0.048
大河内	35	0.67	0.80	0.62	0.040
小平	35	0.76	1.00	0.66	0.059
唐山	35	0.67	0.89	0.59	0.056
浜田	35	0.67	0.78	0.61	0.035
池之段	35	0.65	0.78	0.58	0.036
山神田	35	0.69	0.81	0.65	0.035
小ヶ倉	35	0.68	0.88	0.62	0.047
羽島浜	35	0.63	0.85	0.57	0.050
(全体)	490	0.67	1.00	0.57	0.055

3 放射性ダスト濃度

3.1 データの整合性

3.1.1 測定機器等の比較

新旧両機器等の比較を表5に示す。

新機器は、プラスチックシンチレーション検出器($\text{ZnS}(\text{AgS})$ +プラスチックシンチレータ)により α 線、 β 線の同時測定が可能となっている。

表5 測定機器等の比較(放射性ダスト)

	旧	新
検出器	アロカ株式会社 GM検出器 端窓型 有効径50mmφ	富士電気株式会社 プラスチックシンチレーション検出器 円筒型 有効径50mmφ
捕集ろ紙	HE-40T 60mmφ	ガラス繊維+セルロールろ紙
効率線源	U_3O_8	
解析方法	科学技術庁マニュアルに準拠	

3.1.2 並行測定の実施

新旧両機器の測定データの整合性を確認するため、環境保健センター駐車場において全 β 放射能の並行測定を1998年7月に実施した結果を表6に示す。

放射性ダスト濃度が低かったため、計数誤差の3倍以上のデータは、それぞれ一個しかなかったが、新旧両機器の測定結果は、(財)日本分析センターのクロスチェック評価基準である $\pm(10\%+3\sigma)$ (計数誤差の3倍)の範囲内にあり、データの整合性が確認できた。

表6 並行測定結果(放射性ダスト)

	旧	新
実施日	1998年7月18日	
吸引量(m^3)	3.0	2.7
測定時間(秒)	600	
GROSS計数(カウント)	773	877
B. G. 計数(カウント)	266	200
NET計数(カウント)	507	677
効率(%)	23.01	42.24
濃度(Bq/m^3)	1.22	0.99
計数誤差(Bq/m^3)	0.08	0.05
評価基準	0.86~1.58	

3.1.3 測定データの比較

周辺環境放射線調査の一環として実施した定期測定データの比較検討を行った。

(1) 測定内容

1) 測定期間

- ・旧機器; 1989年4月~1998年3月
- ・新機器; 1998年5月~2001年3月

2) 測定方法 定期測定(毎月1回)

3) 測定条件

- ・吸引量; 約 3m^3 (吸引時間 約50分)
- ・測定値の取り扱い; 放射能濃度をN, その計数誤差を σ とすれば、 $N < 3\sigma$ の場合、検出されず(ND)とする。

(2) 測定データの比較

測定結果を表7に示す。

新機器の効率(平均値)は、旧機器の23.3%に比べて42.0%と20%程度高くなっている。

これは検出器がGM検出器からプラスチックシンチレーション検出器に替わったこと、新機器は、旧機器に比べて試料表面と検出器との距離が短いため、低エネルギー β 線が空気層に吸収されにくく、幾何学的効率も高いこと等によるものと考えられる。

また、遮蔽体の影響等により、新機器のバックグラウンド計数(平均値)は、231カウントであり、旧機器の271カウントに比べて低くなっている。

新機器の効率が高くなったこと及びバックグラウンド計数が低くなったことから、新機器の検出限界値(平均値)は0.09Bq/m³であり、旧器の検出限界値0.18Bq/m³に対して1/2程度になっている。これを測定データのND出現率でみると、データ数が異なるが、新機器の方がND出現率が低くなった。

一方、放射性ダスト濃度の平均値は、全体では新機器が低くなっているが、京泊、庵之平では、新機器が高くなっている。放射性ダスト濃度は、測定地点周辺の自然放射性核種の発生量や黄砂等の中国大陸からの影響により変動するといわれており¹⁾、今回の結果も、それらの要因によって変動している可能性があるため、更にデータを蓄積して解析する必要がある。なお、測定にあたっては、放射性ダスト濃度上昇の原因追及を行うレベルとして、3.7Bq/m³を設定しているが、3.7Bq/m³以上の出現率は、新旧両機器とも同レベルであった。

3. 2 変動要因の評価方法の検討

放射性ダストには、自然放射性核種であるラドン、トロンの娘核種が常に含まれている¹⁾。このため、原子力施設等周辺の環境調査においては、放射性ダスト濃度の変動の要因が、自然放射性核種、人工放射性核種のいずれに依存するかを把握することが重要である。

そこで、放射性ダスト濃度の変動要因の評価方法について2つの方法を検討した。

3. 2. 1 半減期解析

(1) 全β放射能測定の場合

全β放射能測定の場合、自然放射性核種であるラドンの娘核種の見かけ上の半減期は37分、トロンのそれは12時間とされている²⁾。このことを利用して、放射性ダスト濃度が3.7Bq/m³以上の場合は、原則として半減期の測定を実施し、その原因が自然放射性核種によるものであるか否かの確認を行っている。

表8に、新機器の3.7Bq/m³以上の出現回数62件のうち、半減期の測定をした47件のデータを示す。その結果、若干のばらつきはあるものの、平均値で36.0分とラドンの娘核種の見かけ上の半減期とほぼ一致した。このことから、放射性ダスト濃度が上昇したのは、ラドンの娘核種によるものと確認できた。

表8 半減期(全β放射能)

データ数	47
平均値(分)	36.0
最大値(分)	39.9
最小値(分)	31.5
標準偏差	1.5

(2) 全α放射能測定の場合

新機器は、α線β線の同時測定が可能のため、全β放射能の放射性ダスト濃度が3.7Bq/m³以上の場合に、全α放射能測定による半減期を算出してみた結果、表9に示すとおり、平均値で40.3分になった。

炉心事故を除けば、原子力発電所から事故等により放出されるおそれのある人工放射性核種はα線を放出しないため、定期測定時に行う全α放射能測定の半減期測定は、発電所周辺のバックグラウンドデータとしての意味をもつと考えられるが、評価方法として用いるためには、測定データの蓄積をしていく必要がある。

表7 放射性ダスト濃度の測定データ

測定地点	データ数		平均値(Bq/m ³)		範囲(Bq/m ³)		標準偏差		ND出現率(%)		3.7Bq/m ³ 以上のデータの出現率(%)	
	旧	新	旧	新	旧	新	旧	新	旧	新	旧	新
小平	108	35	2.4	2.3	ND~9.2	0.10~5.0	1.5	1.3	6.5(7)*	0.0(0)*	15.7(17)	17.1(6)**
京泊	108	35	3.0	3.4	ND~14.6	0.35~10.9	2.4	2.4	6.5(7)	0.0(0)	36.1(39)	42.9(15)
庵之平	108	35	2.6	2.9	ND~14.2	0.11~9.0	2.3	2.1	4.6(5)	0.0(0)	22.2(24)	31.4(11)
水ヶ段	108	35	2.5	2.1	ND~9.0	ND~6.0	1.5	1.3	2.8(3)	2.9(1)	21.3(23)	14.3(5)
吹揚	108	35	2.5	2.2	ND~9.7	ND~5.8	1.6	1.3	7.4(8)	2.9(1)	14.8(16)	14.3(5)
神田	108	35	3.5	2.3	ND~15.5	ND~6.4	3.0	1.5	3.7(4)	2.9(1)	38.0(41)	20.0(7)
監視センター	108	35	4.7	3.1	ND~20.2	ND~8.1	4.4	2.0	0.9(1)	2.9(1)	47.2(51)	37.1(13)
(全体)	756	245	3.0	2.6	ND~20.2	ND~10.9	2.7	1.8	4.6(35)	1.6(4)	27.9(211)	25.3(62)

注() * は、出現データ数を示す。

表9 半減期 (全 α 放射能)

データ数	36
平均値 (分)	40.3
最大値 (分)	50.2
最小値 (分)	28.9
標準偏差	3.8

参考文献

- 1) 藤崎学, 四反田昭二 他; 放射性ダスト濃度に関する考察, 鹿児島県環境センター所報, 10, 60~68 (1994)
- 2) 科学技術庁; 全ベータ放射能測定法, 13~15 (昭和51年改訂)
- 3) 四反田昭二, 脇田安彦 他; 川内原子力発電所周辺におけるラドン及びラドン娘核種について, 鹿児島県環境センター所報, 14, 64~69 (1998)

3. 2. 2 全 β /全 α 放射能濃度比

浮遊じん中の全 β /全 α 放射能濃度は, 人工放射性核種が存在せず自然放射性核種のラドン娘核種のみ存在する場合150%前後の値を示す³⁾。

表10に新機器で測定した全 β /全 α 放射能濃度比を示す (全 β 又は全 α 濃度がNDのものは除いてある)。

定時測定のため, ばらつきはあるが, 平均値163%, 中央値162%と150%に近い値になった。

これらの結果についても全 α 放射能と同様, 発電所周辺のバックグラウンドデータとしての意味を持つものと考えられる。

なお, 全 α 放射能濃度が $2.0\text{Bq}/\text{m}^3$ 以上でかつ全 β /全 α 放射能濃度比が300%以上の場合を, 人工放射性核種の存在を疑う基準としている報告があるが³⁾, 今回, これに該当するデータはなかった。

表10 全 β /全 α 放射能濃度比

件数	239
平均値 (%)	163
最大値 (%)	275
最小値 (%)	100
標準偏差	18.9

4 まとめ

- 1) 空間放射線量率について, 新旧両機器による並行測定及び監視データの比較を実施した結果, クロスチェック評価基準内で一致しており, データの整合性が確認できた。
- 2) 放射性ダスト濃度について, 空間放射線量率と同様並行測定を実施した結果, クロスチェック評価基準内で一致しており, データの整合性が確認できた。
- 3) 放射性ダスト濃度の監視データを比較し結果, 新機器は, 検出限界値が低くなっており, NDデータ出現率も低くなっていた。平均値は, 全体では新機器が低くなっているが, 高くなっている地点もあった。