

空間ガンマ線量率の連続測定と積算測定の比較

－ 鏡野町上齋原地区における比較－

Comparisons of Gamma-Ray Dose Rate measured by NaI(Tl) Scintillation Detector
and Integrating Dosimeters(TLD and RPLD) at Kamisaibara in Kagamino Town

宮崎 清, 道広憲秀, 片岡敏夫*, 小川 登*, 清水光郎
(放射能科) *企画情報室

Kiyoshi Miyazaki, Kenshu Michihoro, Toshio Kataoka, Noboru Ogawa, Mitsuo Shimizu

【資 料】

空間ガンマ線量率の連続測定と積算測定と比較

－ 鏡野町上齋原地区における比較－

Comparisons of Gamma-Ray Dose Rate measured by NaI(Tl) Scintillation Detector and Integrating Dosimeters(TLD and RPLD) at Kamisaibara in Kagamino Town

宮崎 清, 道広憲秀, 片岡敏夫*, 小川 登*, 清水光郎

(放射能科) *企画情報室

Kiyoshi Miyazaki, Kenshu Michihoro, Toshio Kataoka, Noboru Ogawa, Mitsuo Shimizu

[キーワード：空間ガンマ線，連続測定，積算線量，TLD，RPLD]

[Key words : γ -ray Dose, Continuous Monitoring, Accumulated Dose, TLD, RPLD]

1 はじめに

本県では，苫田郡鏡野町上齋原の(独)日本原子力研究開発機構人形峠環境技術センター（以下，「人形峠センター」という。）周辺における環境監視の一環として，観測局舎3局において空間 γ 線を連続測定している。一方，サンプリング測定においても，積算線量の形で空間 γ 線を測定している。いずれも，一部を除き1979年度から現在に至るまでの29年間のデータが蓄積されているところから，今回この2者を比較検討したのでその結果を報告する。

2 測定方法

2.1 測定位置

観測局舎の位置は図1のとおりで，人形峠センター周辺であって基本的に民家の周辺に設置している。人形峠局は敷地境界から西約50mの標高740m，天王局は敷地境界から西約50mの標高740m，天王局は

南約1,200mの標高540m，赤和瀬局は北東約1,100mの標高710mに，また，施設中心部から人形峠局は西約640m，天王局は南約1,800m，赤和瀬局は北東約2,100mに位置する。連続測定の検出器は局舎に近接するパンザマストの地上高4.4mの位置に設置し，比較対照のための積算線量素子は局舎に隣接する百葉箱の中に配置している。なお，TLDは地上高1.3mに，RPLDは地上高1mに設置していた。

2.2 測定方法

連続測定には富士電機(株)製の2" ϕ × 2" NaI(Tl)検出器を使用したN13J-117型で，3 MeV以上については3 MeVとして換算している40keV-3MeVエネルギー補償型のDBM方式である。3局ともMCAを付帯設置し， γ 線スペクトルも併せて測定している。なお，多くの原発設置県ではスカイシャイン測定を目的として検出器の外周と下部に鉛シールドを設置しているが，岡山県では鉛シールドは設置されていない。

積算線量のサンプリング測定において，1979年度から2005年度までの間は熱ルミネッセンス線量計(Thermoluminescence dosimeter；以下「TLD」という。)で，2006年度からは蛍光ガラス線量計(Radiophotoluminescence glass dosimeter；以下「RPLD」という。)で測定を行っている。

また，計測装置は以下のとおりである。

(1) TLD法

- ・ TLD素子；松下電器(株)製UD-200S型
- ・ リーダ；同社製UD-512P型

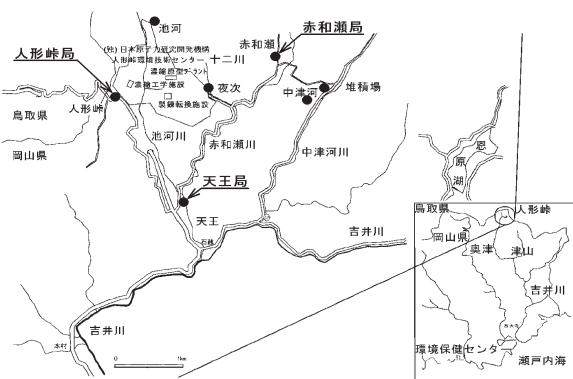


図1 観測地点

表1 連続測定とサンプリング測定による空間γ線量率の基本統計量

		人形峠局		赤和瀬局		天王局		池河	夜次	中津河	堆積場口	集計		
		連続測定	サンプリング測定	連続測定	サンプリング測定	連続測定	サンプリング測定					連続測定	サンプリング測定	対照3局
データ数 [n]	全体	115	116	115	99	64	116	116	116	116	76	294	755	331
	第1四半期	28	29	28	24	16	29	29	29	29	19	72	188	82
	第2四半期	29	29	29	25	16	29	29	29	29	19	74	189	83
	第3四半期	29	29	29	25	16	29	29	29	29	19	74	189	83
	第4四半期	29	29	29	25	16	29	29	29	29	19	74	189	83
平均 [nGy/h]	全体	62	94	45	86	53	99	94	84	61	90	53	87	93
	第1四半期	67	93	48	87	57	100	98	88	62	94	57	89	93
	第2四半期	69	94	50	87	58	102	99	90	64	96	59	90	94
	第3四半期	66	100	48	92	57	107	104	95	67	100	57	95	100
	第4四半期	48	87	33	78	41	88	76	65	52	68	41	73	84
標準偏差 [nGy/h]	全体	11	10	8	9	9	14	16	16	9	16	10	13	11
	第1四半期	6	8	3	8	4	12	13	11	7	12	4	10	9
	第2四半期	6	7	3	6	4	10	9	6	5	6	4	7	8
	第3四半期	6	9	4	7	5	12	10	8	6	8	5	8	9
	第4四半期	11	11	7	10	10	16	15	14	8	12	10	12	12
変動係数 [%]	全体	18	11	19	11	17	14	17	18	14	17	18	15	12
	第1四半期	9	9	6	10	7	12	13	13	11	13	7	11	10
	第2四半期	8	8	5	7	7	10	10	7	8	6	7	8	8
	第3四半期	9	9	9	7	8	11	10	8	9	8	9	9	9
	第4四半期	23	13	23	13	24	18	20	22	15	17	23	17	14
最高 [nGy/h]	全体	77	124	57	112	64	135	135	124	81	119	77	135	135
	第1四半期	76	120	54	112	61	134	135	124	81	119	76	135	134
	第2四半期	77	110	57	100	64	122	122	105	76	107	77	122	122
	第3四半期	76	124	57	107	62	135	130	113	80	117	76	135	135
	第4四半期	67	113	51	100	58	118	106	97	72	86	67	118	118
最低 [nGy/h]	全体	28	60	19	57	28	57	46	33	36	47	19	33	57
	第1四半期	58	78	41	69	50	80	71	65	47	71	41	47	69
	第2四半期	60	82	46	77	51	81	85	79	58	88	46	58	77
	第3四半期	54	84	36	82	47	81	88	82	55	87	36	55	81
	第4四半期	28	60	19	57	28	57	46	33	36	47	19	33	57

(2) RPLD法

- ・RPLD素子；AGCテクノグラス(株)製 SC-1
- ・リーダー；同社製FGD-201

2.3 集計方法

1979年度から2005年度までの連続測定データについては、文部科学省が監修し(財)日本分析センターが整備している「環境放射線データベース」から、2006年度及び2007年度については、当所の環境放射線等監視システムから抽出した。一方、サンプリング測定データは過去の報告書から抽出した。両者とも、1988年度

までは単位にレントゲンRを使っていたので係数0.00876を掛けてGyに変換した。さらに、全数値の単位をnGy/hに統一変換し解析に使用した。

測定期間の問題については、サンプリング測定では、

表2 空間γ線量率の連続測定におけるバックグラウンド値

単位：nGy/h

測定地点	人形峠		赤和瀬	
	最高	最低	最高	最低
	129	20	99	13

1979～1988年度の変動範囲をバックグラウンドとした。

表3 空間γ線量率のサンプリング測定におけるバックグラウンド値

単位：nGy/h

測定地点	人形峠		赤和瀬※		天王		池河		夜次		中津河		堆積場口
	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	
第1四半期	119	83	111	79	133	79	134	85	123	84	81	53	・自然放線等の空間γ線量率：Ave=96, σ=15
第2四半期	110	87	99	88	121	81	121	84	104	85	76	57	
第3四半期	123	95	106	88	134	81	129	93	112	88	79	62	
第4四半期	112	60	99	73	117	57	105	56	97	49	71	43	

1979～1988年度の変動範囲をバックグラウンドとした。

※赤和瀬の測定地点は1981年度に設置されたため、1981～1988年度の測定値。

初期化・初期値測定・配置・回収・測定の工程で作業を行うが、他の業務日程、休日などにより日を決めて配置することができないので任意の日となっていた。測定毎の期間幅の差は、1期あたり30日に及ぶことがあった。また、空間 γ 線量率は冬季の積雪と地中の水分量に大きく影響を受け変動する。人形峠センターのある鏡野町上齋原では、12月から雪が降り始め、根雪は4月中旬まで残り、第4四半期はもちろんのこと、第1、第3四半期のデータに影響を与え、年によってその状況は大きく異なる。そこで、連続測定結果は、測定期間をサンプリング測定の素子設置期間で区切る必要があり、その間の平均値を統計処理に用いることとした。なお、1991年度以前の測定期間に係る記録には開始日と終了日が記載されておらず四半期表記となっていたので、開始日を四半期の期頭日、終了日を四半期の期末日とした。また、期間が明確な場合、期間の終了日と次の期間の開始日が同日であり、各期間とも1日分は重複した集計としているが、誤差は無視できる程度であろう。

3 結果及び考察

3.1 基本統計量

基本統計量の計算結果は、表1のとおりである。連続測定局のある3地点に加えて、サンプリング測定のみ実施している池河、夜次、中津河、堆積場口の地点についても参考として統計量を載せた。

NaI(Tl)による連続測定の全平均は53nGy/h、TLD及びRPLDによるサンプリング測定の対照3局平均が93nGy/hで差は40nGy/hであった。NaI(Tl)とTLD又はRPLDの差は、CR (Cosmic Radiation; 宇宙線) + SD (Self Dose; 自己照射) + 「その他の γ 線」に整理できるが、今回は「その他の γ 線」を無視することとする。

NaI(Tl)のCRは非常に低く、TLD及びRPLDに近い¹⁾電離箱線量計と比較して通常のCR寄与分に相当する値だけ低いとまでいわれている²⁾。なお、2006年度、天王局のNaI(Tl)に対し、(財)日本分析センターがクロスチェックを行った際、 $<3\text{MeV}$ の寄与を2.6nGy/h、 $>3\text{MeV}$ の寄与を4.6nGy/hと、また、SDを1.0nGy/hと評価していた。

TLD及びRPLDのCRは、長岡らの報告¹⁾と各局の標

高から25~35nGy/h程度と推定される。また、SDは(財)日本分析センターの評価ではTLDが3~9nGy/h、RPLDが1~9nGy/h³⁾の値で、ロットによって異なる^{1),4),5)}。

以上を足し合わせると最大で $-4.6-1.0+35+9=38.4\text{nGy/h}$ となり、今回のNaI(Tl)による連続測定と積算線量の結果との差約40nGy/hは、測定位置の違いなどを勘案すると概ね妥当な値であると考えられる。

年間を通じて空間 γ 線量率が高い順は、連続測定では人形峠62nGy/h>天王53nGy/h>赤和瀬45nGy/hで、サンプリング測定では天王99nGy/h>人形峠94nGy/h>池河94nGy/h>堆積場口90nGy/h>赤和瀬86nGy/h>夜次84nGy/h>中津河61nGy/hであった。天王と人形峠で値が逆転しているのは、遮蔽作用のある局舎と百葉箱の位置関係にあると考えられる。

四半期を比較すると、最も高い期間は第3四半期で、最も低い期間は第4四半期であった。第3四半期の高値は土壤の乾燥によるもの、第4四半期の低値は積雪によるものとみられる。第4四半期は標準偏差及び変動係数も高く、積雪の年変動が反映しているものと思われる。

測定結果には、人形峠センターの事業に起因しない環境中の自然放射線等を含むことになる。岡山県では、施設寄与がないと判断された1979~1988年度の10年間の測定結果を自然放射線の変動範囲とし、バックグラウンドと称し測定結果を評価するうえでの基準としている。表2は連続測定、表3はサンプリング測定におけるバックグラウンド値である。連続測定の場合、バックグラウンドが1時間値であるのに対し、表1の値は最大値を含めて3ヶ月平均である。堆積場口については、1988年8月23日に堆積場周辺36ヶ所で行った結果をバックグラウンドに用いている。バックグラウンド設定以降の19年間において、特に異常とされる値は検出されていない。

3.2 連続測定値とサンプリング測定値の相関

連続測定値とサンプリング測定値が対になっている全期間のデータを散布図にプロットし、回帰線、回帰式及び寄与率 R^2 を付記した。結果を図2の「人形峠局・全期間」、「赤和瀬局・全期間」及び「天王局・全期間」に示す。表4の「全期間」は各局の相関係数を検定した結果で、いずれも高度に有意な相関が認めら

表4 空間 γ 線量率測定における連続測定値とサンプリング測定値の相関係数と検定結果

	四半期毎	人形峠局	赤和瀬局	天王局
全期間	0.57**	0.57**	0.50**	0.64**
第1四半期	0.29*	0.40*	0.00 ⁻	0.39 ⁻
第2四半期	0.31**	0.38*	0.26 ⁻	0.37 ⁻
第3四半期	0.39**	0.49*	0.10 ⁻	0.07 ⁻
第4四半期	0.67**	0.65*	0.39 ⁻	0.78**

** ; 高度に有意な相関あり (危険率1%)
 * ; 有意な相関あり (危険率5%)
 - ; 相関があるとはいえない (危険率5%)

れた。

長岡らの報告¹⁾及び前述の考察から、連続測定の検出器と積算線量の素子の周辺環境が同一であれば、回帰式は y 軸切片を約40nGy/hとし、勾配が1の回帰線になるはずである。しかし、実際には、人形峠局は62nGy/hと0.5、赤和瀬局は60nGy/hと0.6、天王局は59nGy/hと0.6であった。

この原因を探るために、各局のデータを四半期毎に分けて、各四半期の回帰線、回帰式及び寄与率を付記した。結果を図2の「人形峠局・四半期毎」、「赤和瀬局・四半期毎」及び「天王局・四半期毎」に示す。また、表4に各四半期の相関係数の検定結果を載せた。いずれの局も第4四半期の相関係数が高く、なかでも高度に有意なものは天王局の第4四半期であった。第4四半期で相関係数が高い理由は、第4四半期において積雪があり積雪量と積雪期間が各年で異なるため変動幅が大きくなったためと思われる。なお、二者の関係が先に述べた推定値に最も近いものとなった天王局の第4四半期は、切片が47nGy/h、勾配が0.97であった。

赤和瀬局及び天応局の第1～第3四半期は相関検定で棄却され、図から見ても団子状の分散をしていた。また、人形峠局は危険率5%で相関が認められた。このことは、連続測定の検出器とサンプリング測定の素子の設置場所に違いがあること及び第4四半期を除く各四半期では、測定精度に対して自然放射線の変動が小さいことを示唆している。

3.3 空間 γ 線量率の経緯

連続測定とサンプリング測定の値について、過去29年間における空間 γ 線量率に係る推移を比較した結果

は、図3のとおりである。

連続測定では、冬季積雪期である第4四半期で下降する状況をよく表している。サンプリング測定は、連続測定に何らかの変動成分が加わった動きを示していた。サンプリング測定の素子は、連続測定の検出器よりも地上に近い位置にあり、積雪や土壌水分等地表面からの影響を受けやすいことが変動成分として考えられる。

4 まとめ

人形峠センター周辺における環境監視の一環として、NaI(Tl)による連続測定と、TLD及びRPLDによるサンプリング測定により、1979年度から29年間にわたり空間 γ 線の観測を継続している。今回、両者を比較検討する形でこれらのデータをとりまとめた。その結果は、以下のとおりであった。

- (1) NaI(Tl)による連続測定とTLD及びRPLDによる対照3局のサンプリング測定の平均値の差は約40nGy/hで、一般的に言われているレベルであった。
- (2) 3ヶ月間の平均空間 γ 線量率に与える影響は、積雪によるものが支配的で、過去29年間における推移図は、積雪期などの状況をよく表していた。
- (3) 連続測定値とサンプリング測定値間の関係は、天王局における第4四半期の結果が最もよく表していた。

文 献

- 1) 長岡和則, 本田幸一郎, 宮野敬治: 環境 γ 線量測定における宇宙線の寄与, RADIOISOTOPES, 45, 665-674, 1996
- 2) 文部科学省: 連続モニタによる環境 γ 線測定法, 放射能測定法シリーズ17, 1996
- 3) 坂本, 長岡, 堤, 森内: 環境測定用ガラス線量計に対する自己照射と宇宙線寄与の評価, JAERI-M 94-060
- 4) 文部科学省: 熱ルミネセンス線量計を用いた環境 γ 線量測定法, 放射能測定法シリーズ18, 平成2年改訂
- 5) 文部科学省: 蛍光ガラス線量計を用いた環境 γ 線量測定法, 放射能測定法シリーズ27, 2002

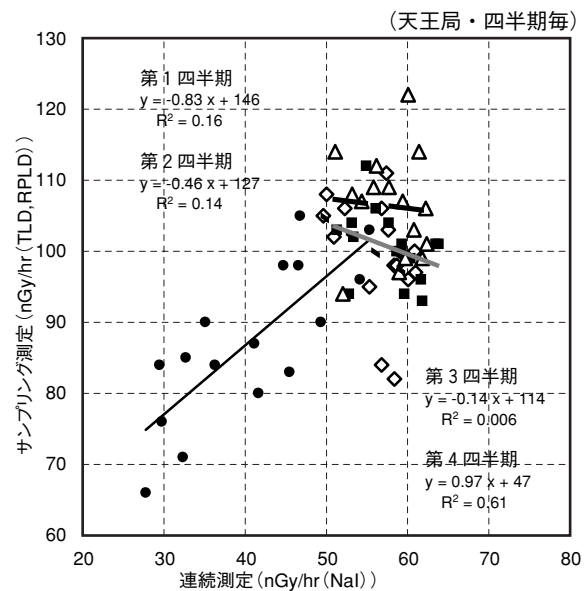
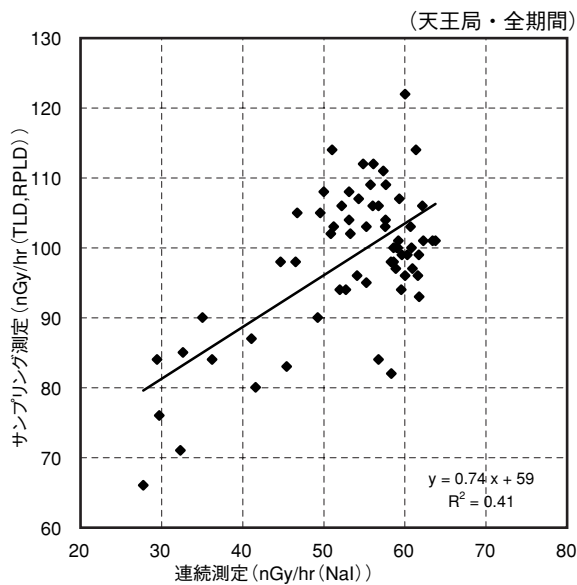
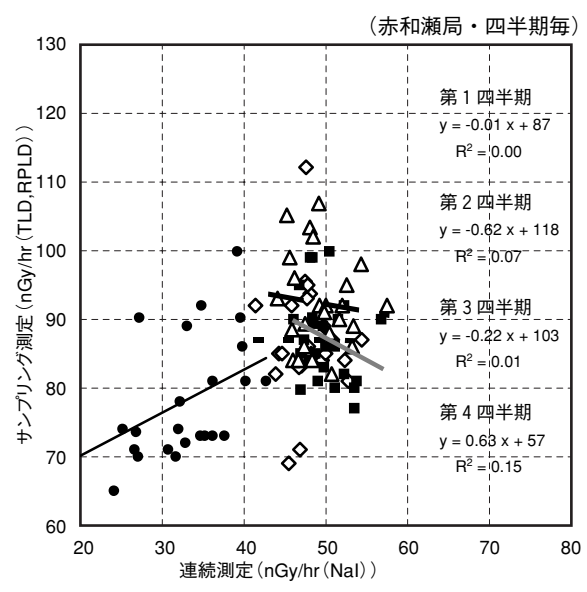
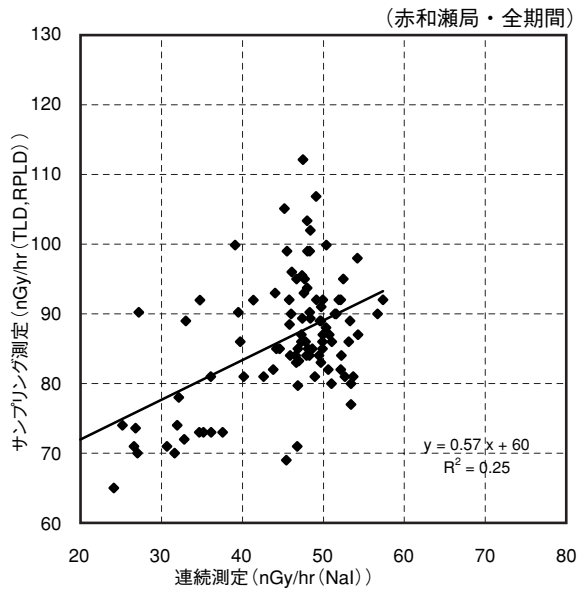
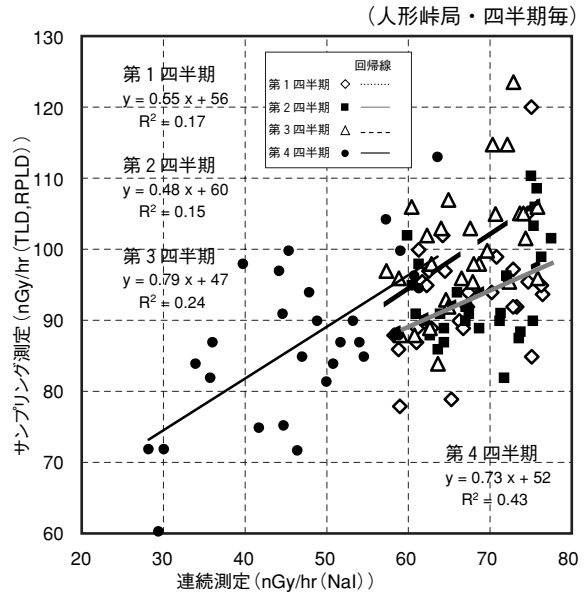
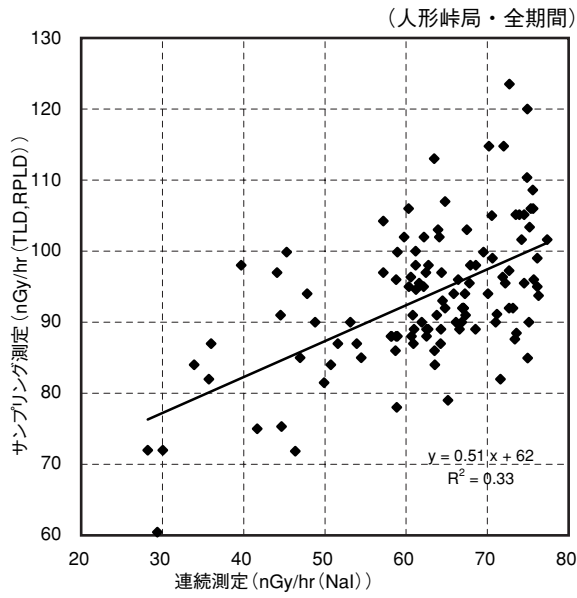


図2 空間γ線量率測定における連続測定値とサンプリング測定値の相関

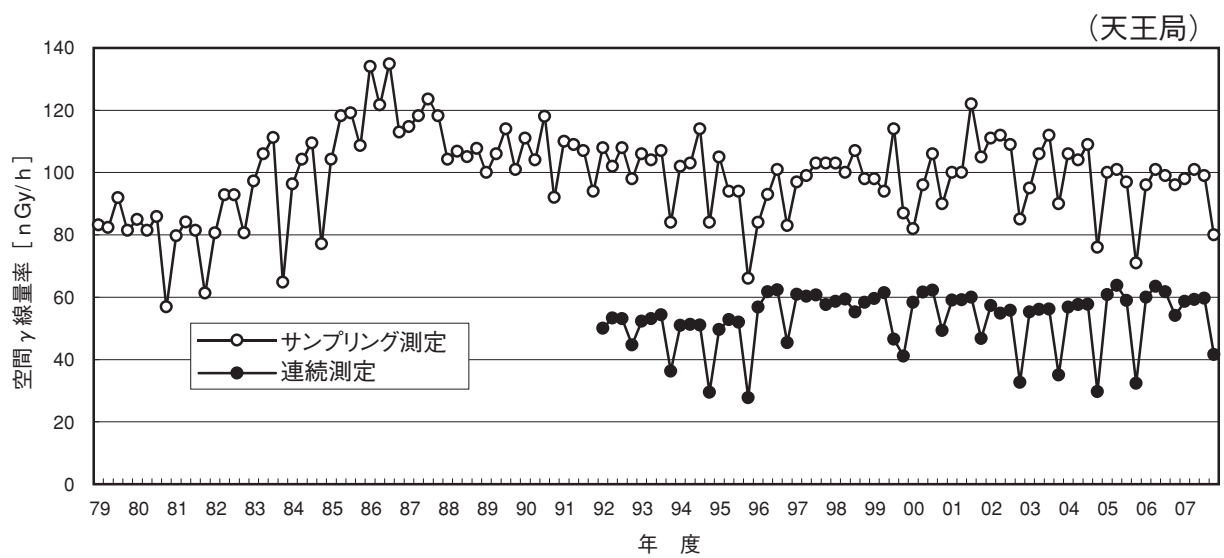
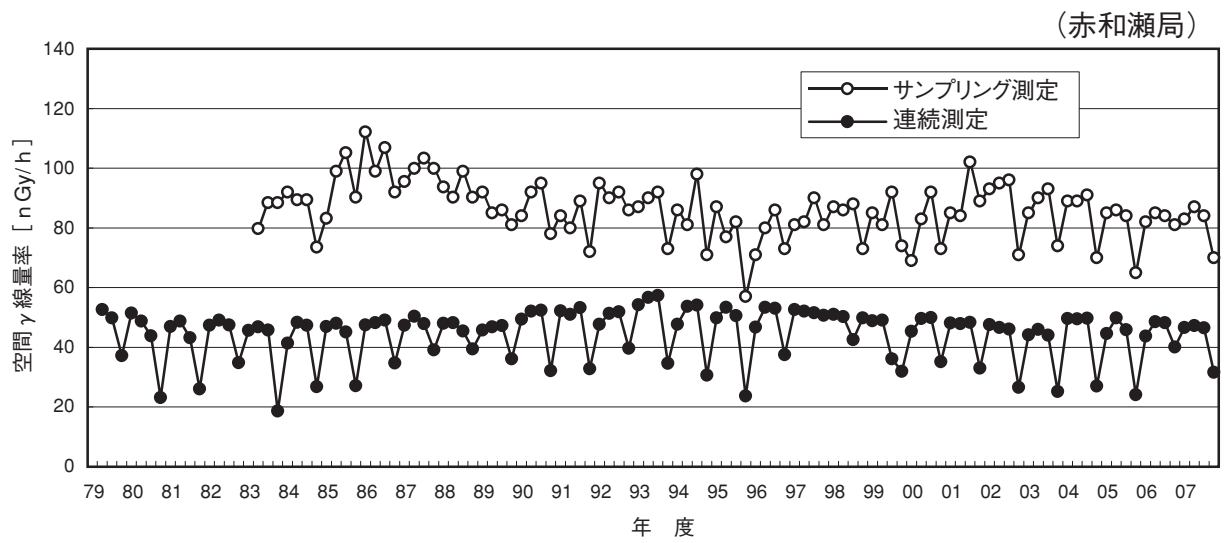
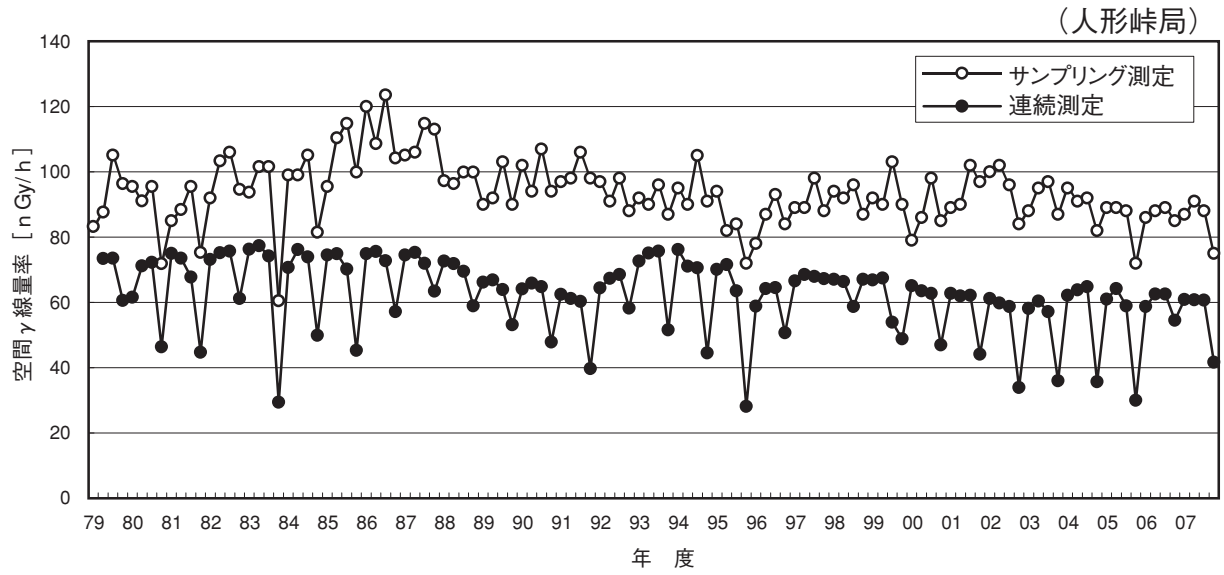


図3 過去29年間の空間γ線量率の推移