

# 参 考 資 料

(連続モニタによる環境 $\gamma$ 線測定法)

平成29年12月

原子力規制庁

監視情報課

本参考資料は、平成 27 年度及び平成 28 年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業のうち、放射能測定法シリーズ No. 17「連続モニタによる環境  $\gamma$  線測定法」の改訂内容の検討及び改訂案の作成を行う過程で得られた成果を取りまとめたものである。本参考資料は、環境  $\gamma$  線量率の線量及び測定地上高に関する検討内容を情報として記載するものであり、地方公共団体等のユーザーが連続モニタによる環境  $\gamma$  線の測定を行う際に考慮すべき内容を定めるものでない。このため、放射能測定法シリーズ本体とは切り離れた参考資料の形で取りまとめた。

## 目 次

参考 1 環境 $\gamma$ 線量率測定に用いられる線量について……………	1
参考 2 環境 $\gamma$ 線量率測定に関する測定地上高について……………	13

## 参考 1 環境 $\gamma$ 線量率測定に用いられる線量について

環境放射線モニタリングに関する線量は多種類存在する。本参考では、それぞれの線量が意味する内容を示すとともに、線量間の換算についても述べる。

### 参考 1.1 線量

#### (1) 照射線量

(ガンマ線) 照射線量の基本単位は、質量  $dm$  の空気から生成された全二次電子によって作られた正、負いずれかの電離電荷の総量を  $dQ$  としたとき、照射線量  $X$  は、

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

として示される。

$dQ$  をクーロン (C)、 $dm$  をキログラム (kg) として C/kg で示される。

従来 の 1 R は、 $2.58 \times 10^{-4}$  C/kg である。

#### (2) 吸収線量

環境放射線モニタリングの対象となる線量として示されている物理量であり、現在多くの連続モニタで測定されている線量である。

電離放射線によって物質に与えられるエネルギーで、物質の適当に小さい体積要素に付与される平均エネルギーを  $d\bar{\epsilon}$ 、体積要素の質量を  $dm$  とすると、吸収線量  $D$  は

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

で与えられる。

言い換えれば、放射線によって物質の単位質量当たり付与された平均のエネルギーが吸収線量である。物質が空気であれば「空気吸収線量」となる。表記はグレイ (Gy) であり、物質 1 kg 当たり 1 ジュール (J) のエネルギーが付与されたとき、吸収線量は 1 Gy となる。

#### (3) カーマ

カーマとは、放射線によって物質の単位質量当たりに発生する荷電粒子の初期運動エネルギーの総和で定義され、制動放射によって物質外へ逃れる分も含めた量である。作用する物質が空気の場合には、「空気カーマ (Gy)」と呼ばれる。同様な種類の線量として、(2) で述べている空気吸収線量が使われている。

空気カーマと空気吸収線量の相違は、制動放射によって系外へ逸脱する分を考慮するか、考慮しないかによる。ガンマ線のエネルギーが 300 keV 以下では両者は等しいが、エネルギーが高くなるにつれて制動放射で逃れる確率が高くなり、差が生じる。ただし、10 MeV までのエネルギー範囲では両者の差は小さく、環境放射線モニタリングでは空気カーマと空気吸収線量は等しいとみなされることが多い。

#### (4) 等価線量

放射線の人体への影響は、同一吸収線量であっても、放射線の種類によって異なることから、放射線加重係数を用いる必要がある。等価線量は、組織・臓器の吸収線量に放射線加重

係数を乗じたもので、以下の式で表される。

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}$$

$D_{T,R}$ は放射線 R による吸収線量を組織・臓器 T にわたって平均したもの、また  $W_R$ は放射線 R に対する放射線加重係数である。

$W_R$ は、放射線の種類、エネルギーによる人体への確率的影響の違いに対応する係数であり、光子及び電子の場合は 1 が用いられる。

#### (5) 周辺線量当量

我が国の法令ではモニタリング量として実用量の周辺線量当量 (1 cm 線量当量) を測定することとしている。これは、ICRU (国際放射線単位測定委員会) において、放射線場のモニタリングに用いる量として示されている。

周辺線量当量は、一方向、平行照射の放射線場における照射方向に一致する ICRU 球の中心軸上で照射方向に対向する面から 1 cm の深さにおける線量当量 (周辺線量当量  $H^*(10)$ ) である。

ICRU 球は人体組織等価物質 (O : 76.2 %、C : 11.1 %、H : 10.1 %、N : 2.6 %) で作られた直径 30 cm の球である。現在の法令では、場所における線量の測定は、特殊な場合を除いて周辺線量当量  $H^*(10)$  で行うことになっており、表記は、シーベルト (Sv) である。

#### (6) 実効線量

ICRP (国際放射線防護委員会) において、身体に対して定義されている防護量である。

この防護量は各臓器の等価線量に組織加重係数を掛けたものの総和である。

放射線の人体への影響は、照射された臓器・組織にも依存することから、組織・臓器の等価線量に、組織加重係数を乗じ、合計した線量が実効線量として定義されている。

$$E = \sum_T W_T H_T$$

$W_T$ は組織・臓器 T の組織加重係数、 $H_T$ は組織・臓器 T の等価線量である。

現在、人体に対する放射線の影響は確率的影響と確定的影響に分類されて考えられている。実効線量及び等価線量を算出するための放射線加重係数及び組織加重係数は、確率的影響に着目した係数であり、確定的影響には直接関連しない。したがって実効線量は確率的影響を制限するための放射線防護上の線量といえる。

表記は、シーベルト (Sv) である。

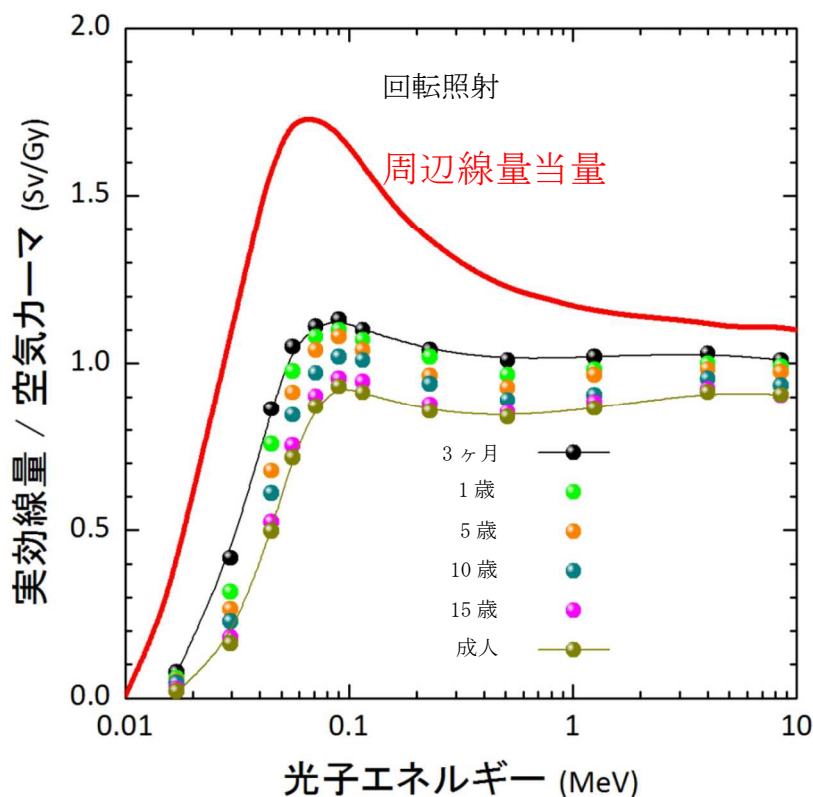
### 参考 1.2 線量間の考え方

実効線量は、放射線被ばくによるリスクが組織・臓器によって異なることを考慮した線量であることから、同一物理的線量場、例えば同一空気吸収線量場であっても人体の多様さや被ばくの幾何学的形態に起因して異なったものとなり、実測することはできない。

実効線量とは別に、環境放射線モニタリングにおける運用上の線量として物理量の空気吸収線量及び実用量の周辺線量当量が存在する。なお、周辺線量当量の測定は、測定用サーベ

イメージ等のシーベルト表示の線量計によって直接測定することができる。

空気カーマに対する周辺線量当量と空気カーマに対する実効線量との関係を、参考図 1.1 に示す。



参考図 1.1 周辺線量当量と実効線量との関係<sup>1)</sup>

実効線量は、どのような照射形状を適用するか、どのような年齢を対象にするかによって、無視できない違いが生じる。また、実用量である周辺線量当量は、様々な体格、あらゆる被ばく状況について、実効線量に対して過小に見積もることなく評価している。

現在、連続モニタによって直接周辺線量当量を計測できる機器も市販されているものの、環境放射線モニタリングの固定局の多くは、空気吸収線量率の測定を行っている。空気吸収線量から、周辺線量当量に換算する場合には詳細なエネルギー情報が必要となる。JIS Z4511:2005にも示されているとおり、エネルギーごとに Sv/Gy の換算係数は異なる（参考表 1.1）。しかし、ここで示した換算係数は単一光子エネルギーによるものであり、複数の光子エネルギー及び散乱線の影響が加味されている環境γ線には適用することは困難である。

解説 I にも示したとおり、福島第一原発事故の初期段階における放射性プルームでは、<sup>133</sup>Xe (81 keV) による線量率寄与割合が最大となり、また、放射性物質が地表面に沈着した後では、放射性セシウムによる同割合が最大となった。これらのことから机上で容易に換算係数を算出することは困難である。

福島第一原発事故後に、エネルギー情報が得られた事例として、当該施設周辺に設置されていた連続モニタで得られたγ線スペクトルの事例を参考図 1.2、参考図 1.3 及び参考図 1.4 に示す。

参考図 1.2 は、東京電力福島第一原子力発電所周辺における 2011 年 3 月 12 日の NaI スペクトル（600 秒測定）である。検出されている核種は、主に  $^{132}\text{I}$  であることが分かる。線量率にもよるが NaI (Tl) シンチレーション検出器のもつ分解能でも、ある程度は核種の同定を行うことができる。

参考図 1.3 は、参考図 1.2 の翌日にあたる 2011 年 3 月 13 日に同一地点の連続モニタで得られた NaI スペクトル（600 秒測定）である。検出されている核種は、主に  $^{133}\text{Xe}$ 、 $^{132}\text{Te}$  及び  $^{132}\text{I}$  であることが分かる。

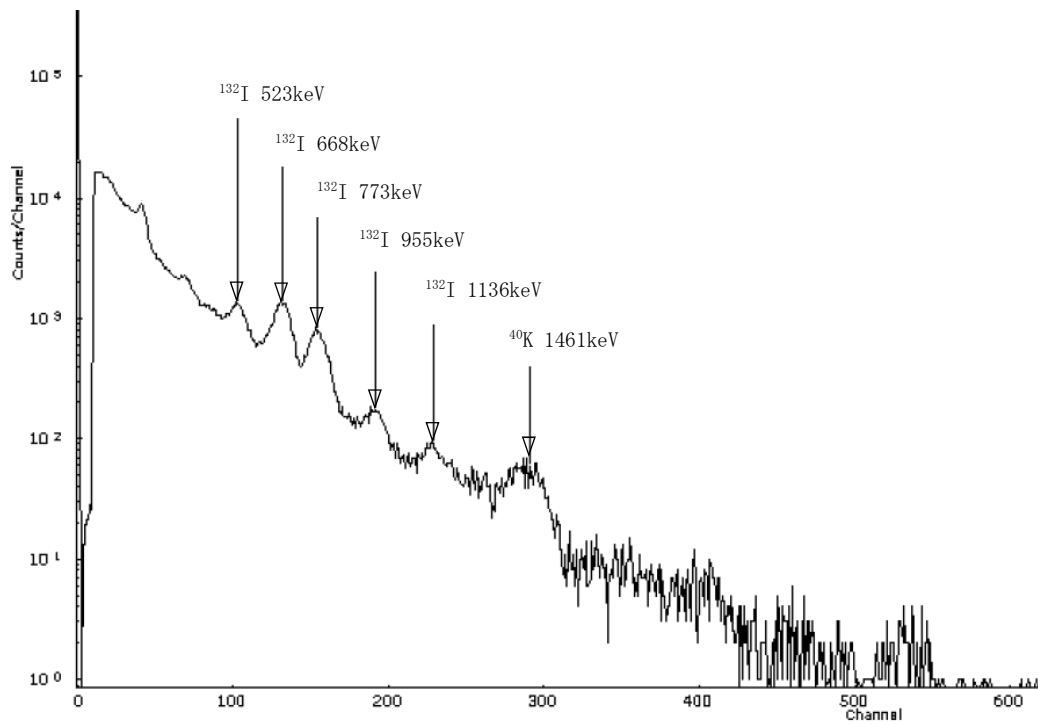
参考図 1.4 も上記までの参考図と同一地点において得られたものである。 $^{132}\text{I}$  らしきピークも若干確認できるが、主に  $^{133}\text{Xe}$  とそのパイルアップの影響によるスペクトルとなっていることが分かる。 $^{133}\text{Xe}$  以外の核種については、同定することは困難であるが、明らかに  $^{133}\text{Xe}$  の影響が多大であることは容易に理解することができる。

参考表 1.1 1 cm 線量当量換算係数 (場所にかかわる 1 cm 線量当量) <sup>2)</sup>

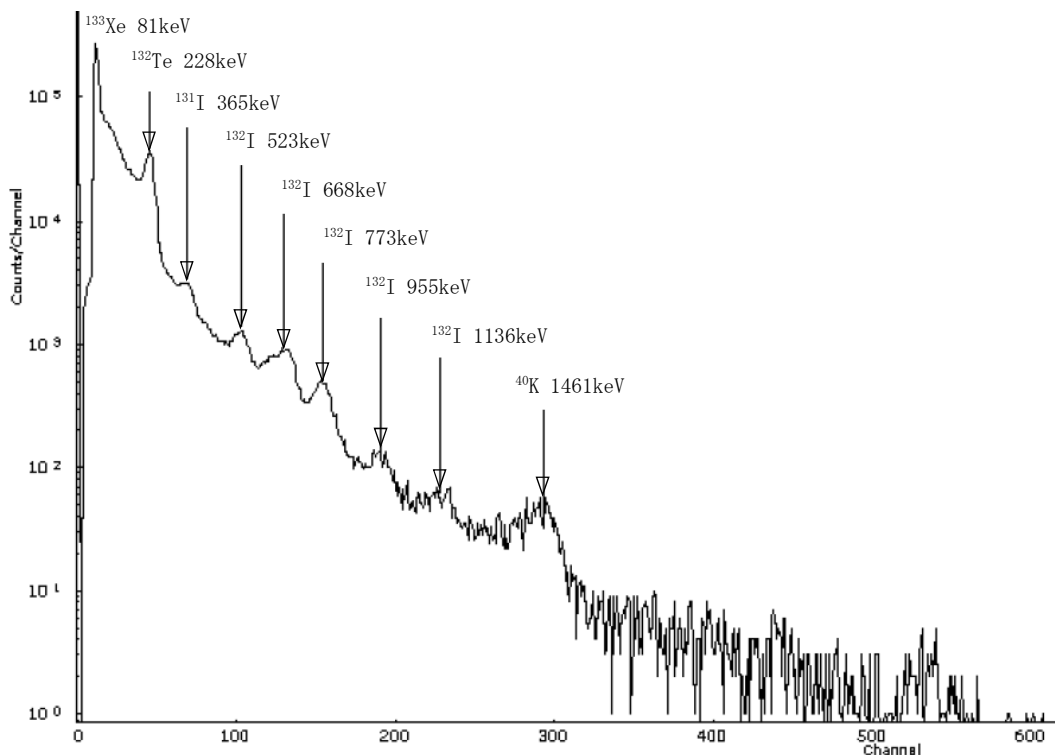
X 線及び $\gamma$ 線のエネルギー <sup>a)</sup> Me V	空気カーマから 1cm 線量当量への換算係数 <sup>b)</sup> Sv/Gy
0.010	0.008
0.015	0.26
0.020	0.61
0.030	1.10
0.040	1.47
0.050	1.67
0.060	1.74
0.080	1.72
0.10	1.65
0.15	1.49
0.20	1.40
0.30	1.31
0.40	1.26
0.50	1.23
0.60	1.21
0.66 <sup>c)</sup>	1.20
0.80	1.19
1.0	1.17
1.25 <sup>d)</sup>	1.16
1.5	1.15
2.0	1.14
3.0	1.13
4.0	1.12
5.0	1.11
6.0	1.11
8.0	1.11
10	1.10

- a) 線源から放出される X 線及び  $\gamma$  線のエネルギーが、単一エネルギーの場合には光子エネルギー、単一エネルギーでない場合には実効エネルギーとする。該当するエネルギーがない場合は、補間法によって求める。
- b) 空気カーマから 1cm の深さにおける ICRU 球線量当量への換算係数である。
- c)  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$  線のエネルギーである。
- d)  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線の等価換算係数に対応するエネルギーである。

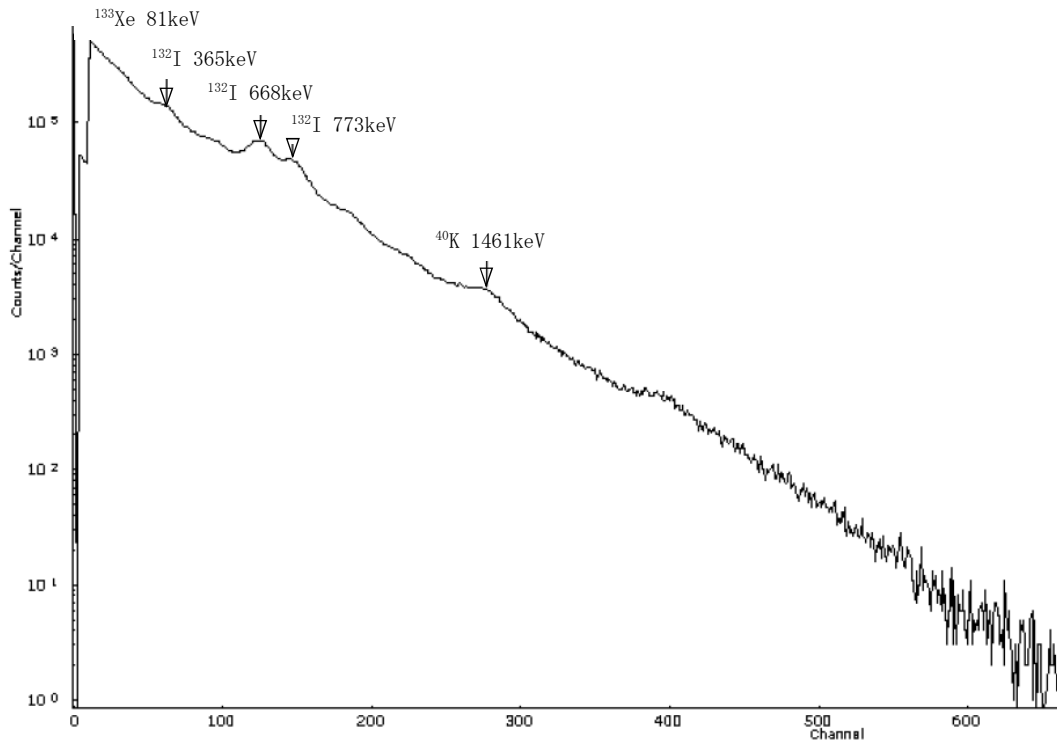




参考図 1.2 東京電力福島第一原子力発電所周辺における  
2011年3月12日のNaIスペクトル(600秒測定)<sup>3)</sup>



参考図 1.3 東京電力福島第一原子力発電所周辺における  
2011年3月13日のNaIスペクトル(600秒測定)<sup>3)</sup>



参考図 1.4 東京電力福島第一原子力発電所周辺における  
2011年3月14日のNaIスペクトル(600秒測定)<sup>3)</sup>

ここまで述べてきたとおり、原子力災害時は逐次エネルギー分布が変わり、そのような状況下において空気吸収線量から周辺線量当量に換算するには、環境 $\gamma$ 線のエネルギー分布に応じた線量の換算が必要となる。

#### (1) 空気吸収線量と周辺線量当量

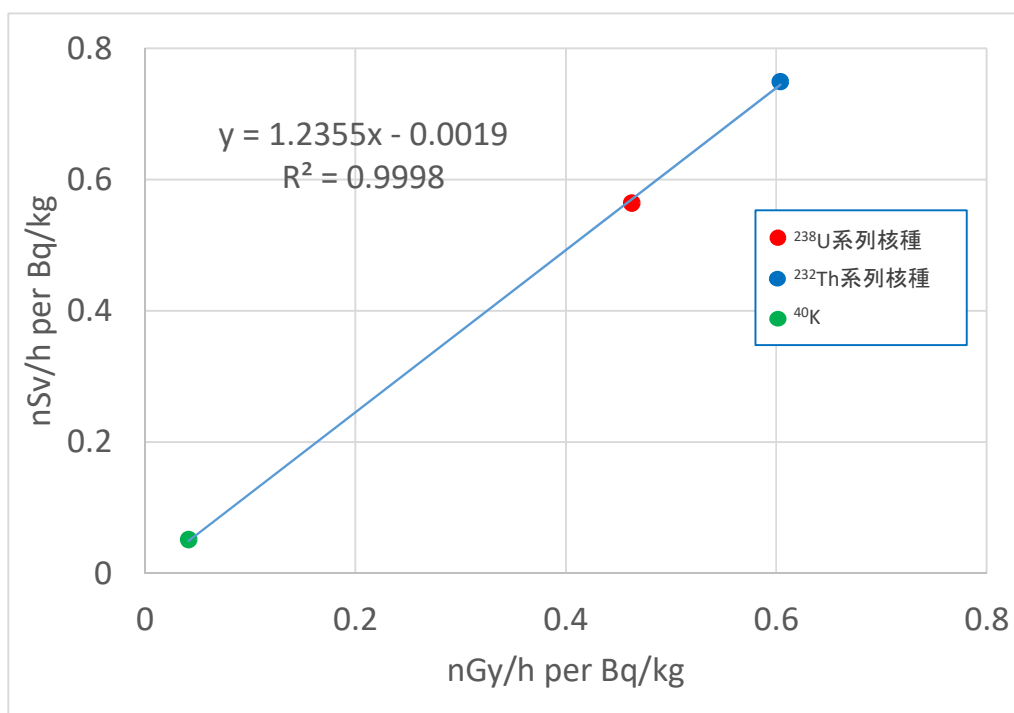
##### ① 平常時

平常時において、空気吸収線量から周辺線量当量に換算するためには、地中に一様に分布する自然放射性核種(ウラン系列核種、トリウム系列核種及び $^{40}\text{K}$ )について考える必要がある。空気吸収線量で重み付けされた地上高1 mにおける $\gamma$ 線平均エネルギーはこれら自然放射性核種間で同程度であるため、空気カーマから実効線量への換算係数(Sv/Gy)も近い値が得られる。地中の自然放射性核種濃度(Bq/kg)から地上1 mの空気カーマ率(Gy/h)を計算するための換算係数を参考表1.2に示す。また、同じく自然放射性核種濃度(Bq/kg)から地上1 mの周辺線量当量率(Sv/h)を計算するための換算係数も合わせて示す。なお、ここでは、空気吸収線量を空気カーマとして扱うこととする。

参考表 1.2 地中に一様に分布する自然放射性核種の濃度から空気カーマ及び  
周辺線量当量への換算係数<sup>4)</sup>

核種	濃度当たりの空気カーマ率 (空気吸収線量率) (nGy/h per Bq/kg)	濃度当たりの周辺線量当量率 (nSv/h per Bq/kg)
<sup>238</sup> U 系列	0.463	0.564
<sup>232</sup> Th 系列	0.604	0.749
<sup>40</sup> K	0.0417	0.0512

参考表 1.2 に基づき、空気カーマ率（空気吸収線量率）と周辺線量当量率との間の関係  
を表したグラフを参考図 1.5 に示す。



参考図 1.5 自然放射性核種の濃度における空気カーマ率（空気吸収線量率）と  
周辺線量当量率との関係

参考図 1.5 の回帰直線から分かるように、地中に一様に分布する自然放射性核種濃度  
における空気カーマ率（空気吸収線量率）と周辺線量当量率間の換算係数は 1.2 程度という  
ことになる。

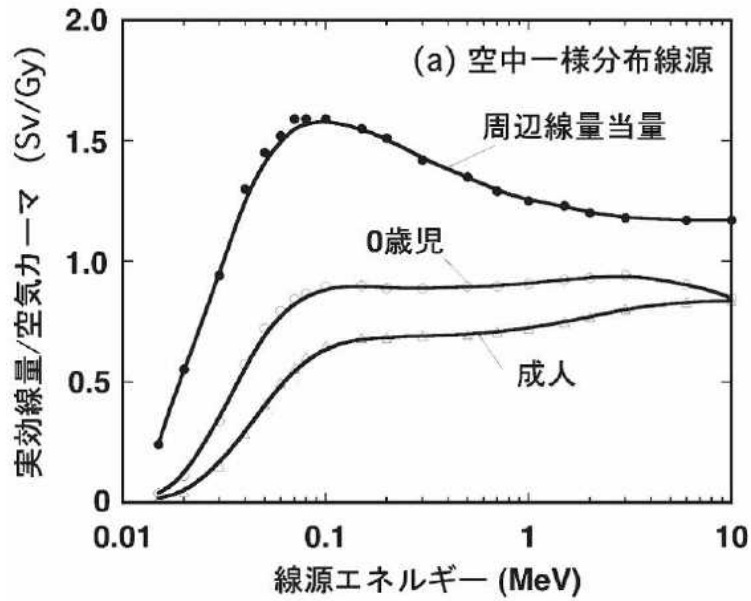
## ② 原子力災害時

空中の一様分布線源及び沈着面線源からのγ線によって地面に直立した人間が受ける実  
効線量並びに地上 1 m の周辺線量当量を参考図 1.6 及び参考図 1.7 に示す。これらの図は、  
地上 1 m の空気カーマで規格化された実効線量及び地上 1 m の空気カーマで規格化された

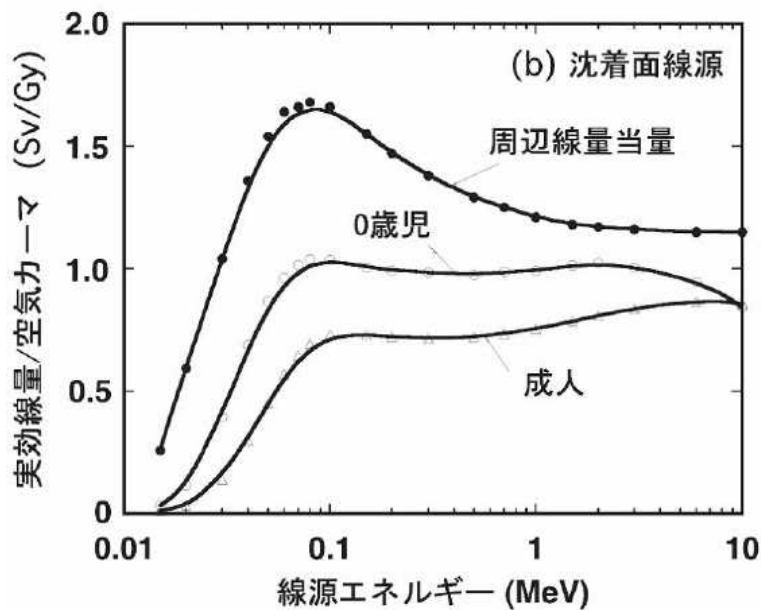
周辺線量当量を、環境中線源のエネルギーの関数として表している。

空中に一様分布した線源と沈着面線源からの実効線量を比較すると、沈着面線源の実効線量が少し大きな値を示す。沈着面線源の場合は、 $\gamma$ 線が水平方向から主に入射し、水平方向からの $\gamma$ 線に対して人体は遮へい効果が小さいためにこのような差が表れるが、その差はそれ程大きくない。

原子力施設から放射性物質を放出中（放射性プルーム通過中）においては、参考図 1.2、参考図 1.3 及び参考図 1.4 に示した福島第一原発事故後のモニタリングデータからも分かるとおり、 $^{133}\text{Xe}$  による 81 keV の $\gamma$ 線エネルギー光子による線量率寄与が多いため参考図 1.6 が参考となる。また、原子力施設から放射性物質の放出が停止した後は参考図 1.7 が参考となる。



参考図 1.6 空中の一様分布線源からの $\gamma$ 線によって地面に直立した人間が受ける実効線量並びに地上 1 m の周辺線量当量<sup>4)</sup>



参考図 1.7 地中の  $0.5 \text{ g/cm}^2$  の深さに存在する平面線源からの $\gamma$ 線によって地面に直立した人間が受ける実効線量並びに地上 1 m の周辺線量当量<sup>4)</sup>

原子力施設からの放出が停止し放射性プルームが通過した後に、放射性ヨウ素及び放射性セシウム等が地表面に沈着する。

地中に指数関数分布した放射性核種に対する空気カーマ（空気吸収線量）から周辺線量当量への換算係数を参考表 1.3 に示す。

ここで示している放出停止後に放射性物質が地表面沈着している状況では、線量率に寄

与している核種として<sup>131</sup>I等が挙げられる。参考表 1.3 を見ても、核種別の換算係数は<sup>131</sup>Iによるものが数値として一番大きい。なお、事故直後の緩衝深度を表しているのは、表中の「0」と考えて良い。

参考表 1.3 地中に指数関数分布した放射性核種に対する空気カーマからの  
周辺線量当量への換算係数<sup>4)</sup>

緩衝深度 (g/cm <sup>2</sup> )	周辺線量当量／空気カーマ				
	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>131</sup> I	<sup>110m</sup> Ag	<sup>129m</sup> Te
0	1.24	1.24	1.32	1.20	0.79
0.2	1.24	1.24	1.33	1.20	0.92
0.5	1.24	1.24	1.33	1.21	0.98
1.0	1.25	1.25	1.34	1.21	1.03
5.0	1.26	1.26	1.37	1.22	1.14

原子力施設からの放出が停止し放射性プルームが通過し、ある程度の時間が経過した後、採取した環境試料中の核種分析が実施される。この核種分析結果から短半減期核種減衰が認められたと判断された時期からは、参考表 1.3 における放射性セシウム(<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs)の換算係数が数値として一番大きい。

なお、福島第一原発事故後に福島県周辺の多数の地点において空気吸収線量率と周辺線量当量率の両線量にて測定し比較した報告結果によれば、放射性セシウムが沈着した地域では、周辺線量当量率と空気吸収線量率の比率 (Sv/Gy) は 1.25 程度である<sup>5) 6)</sup>。

### 参考 1.3 線量に関する国外の事例

国外における線量測定の様子は様々である。モニタリングの対象としている線量は以下のとおりである。

- ・周辺線量当量：欧州、豪州、韓国、香港、台湾
- ・空気吸収線量：中国

なお、モニタリングに用いている測定器機種は、主に電離箱及びGM計数管である。

### 参考 1.4 電離箱における線量率算出方法

我が国における環境放射線モニタリングには、主にNaIモニタ及び電離箱モニタが連続モニタとして使用されている。本参考で述べている線量に関しては、NaIモニタでは線量を算出する手法として主にG(E)関数を演算子としたG(E)関数法を採用しており、空気吸収線量、空気カーマ及び周辺線量当量などの目的の線量に応じた演算子を選択することによって、それぞれの線量における測定値を得ることができる。

一方、電離箱については、測定原理上エネルギー情報が得られないため、周辺線量当量を測定する場合には、低エネルギー領域の応答特性を測定値に反映させるために、電離箱壁材に原子番号の大きい材料を用いることもある。以下に市販されている電離箱モニタにおける線量率算出の一例を示す。

#### メーカーによる電離箱の線量算出方法の一例

⇒ 電離箱からの出力電圧を線量率 (Gy/h) へ換算している。

1. 照射施設にて値付けされた線源照射 ( $^{137}\text{Cs}$ ) を実施する。この際の線量率は Gy/h である。
2. 低レンジ、中レンジ、高レンジの3ポイントの線量率にて照射し各照射線量率に応じた出力電圧を確認する。
3. レンジ (低レンジ、中レンジ、高レンジ) 毎に照射値と出力電圧値から換算定数を算出する。(換算定数：照射値に対する出力電圧の比率)
4. 出荷時に組み合わせる測定装置側に接続する電離箱の換算定数を設定する。

なお、周辺線量当量 (Sv) を算出するためには、照射施設にて値付けされた線源照射 ( $^{137}\text{Cs}$ ) を実施し、照射値 (Sv/h) と電離箱の指示値から、測定器毎に換算定数を算出する必要がある。

## 参考2 環境 $\gamma$ 線量率測定に係る測定地上高について

固定型連続モニタの設置地上高は、①地上高1 m（路地上）、②地上高1.5～1.8 m程度（路地上）、③地上高約3 m（局舎上）及び④地上高数十 mの4パターンとなる。よって、原子力災害対策指針の補足説明資料である「緊急時モニタリングについて」<sup>7)</sup>に記載があるとおり、報告等の際には観測結果とともに測定高さを明確にしておくべきである。本参考では、異なる測定地上高から1 mの測定値の換算について述べる。

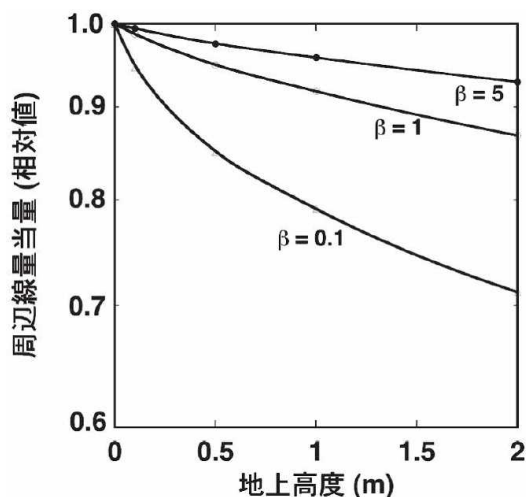
### 参考2.1 地上高1 m（路地上）

OILの判断基準に固定型連続モニタを活用するのであれば、今後整備されるものについては、地上高1 mに設置することが望ましい。

### 参考2.2 地上高1.5～1.8 m程度（路地上）

地上高1.5～1.8 m程度（路地上）での測定値と地上高1 m（路地上）の測定値との間では、連続モニタ周辺に沈着した人工放射性核種の地表面からの鉛直分布によって、それぞれの地上高に対する線量率寄与割合が異なる。しかし、地上高の変化に対する線量率の変動が、比較的大きいとされる原子力災害が発生した初期段階に相当する鉛直分布のパラメータである緩衝深度 $\beta$  (g/cm<sup>2</sup>)が0.1の場合であっても、地上高1 mでの測定値に対して地上高2 mまでの測定値の変化は10%以内である。周辺線量当量の地上高度による変化を表したグラフを参考図2.1に示す。

なお、このパラメータは土壌への地中に指数関数分布した<sup>137</sup>Cs線源で評価したものであり、連続モニタ周辺の地表面の状況（土壌、草地、砂利、アスファルト及びコンクリート等）によってその影響は異なる。



参考図 2.1 地中に指数関数分布する線源による  
周辺線量当量の地上高度による変化<sup>4)</sup>

### 参考2.3 地上高約3 m（局舎上）

地上高約3 m（局舎上）では、地上高1 m（路地上）とは異なり局舎の遮への影響、



周辺建造物及び樹木の影響も無視できなくなる。これらのことから、地上高約3 m（局舎上）での測定値と地上高1 m（路地上）での測定では測定対象が異なるため、予め換算係数を求めておくことは困難である。

なお、ひとつの例として、無限平面上に局舎が存在し、その局舎上に検出器が設置されている状況での測定値と、無限平面上に局舎は存在せず、地上高1 mに検出器が設置されている状況での測定値を、それぞれシミュレーション計算によって算出した際の計算条件、モデル及びその結果を参考表 2.1、参考図 2.2 及び参考表 2.2 に示す。シミュレーション計算による解析結果から、原子力災害直後の局舎上及び周辺土壌表面に同一の密度で放射性物質が沈着した状況下であれば、局舎上での測定値は地上高1 mでの測定値に比べ、空気カーマ、周辺線量当量ともに、約15%程度低く評価された。

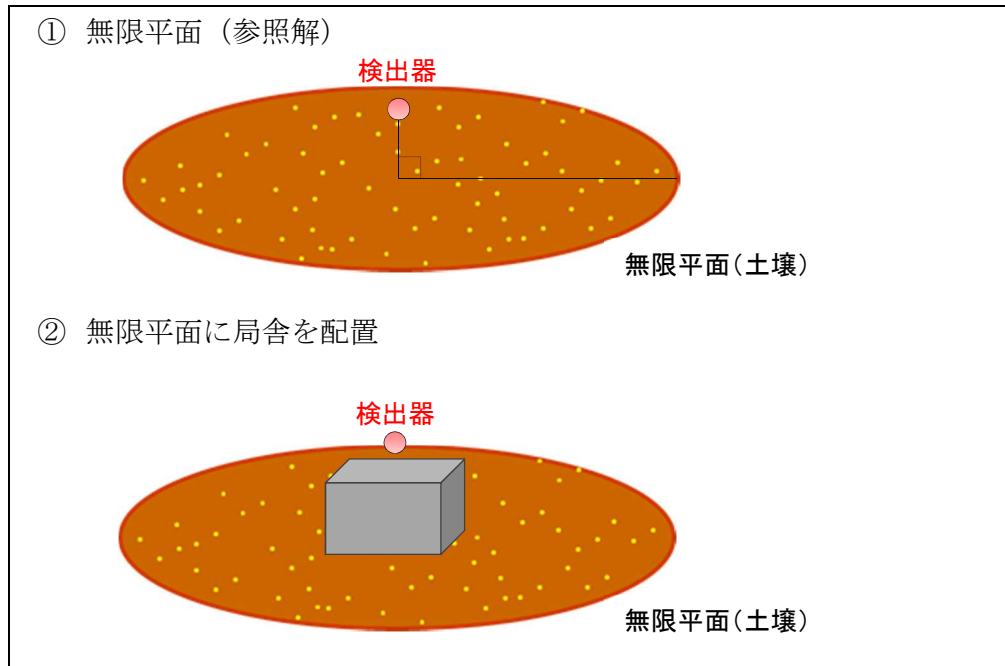
このシミュレーションモデルと同等の設置・沈着条件であり、原子力災害直後の放射性物質が地表面に沈着したばかりの限られた期間であれば、地上高1 mと同等とみなすことができると考えられる。ただし、これは言い換えると、設置・沈着条件が異なると同様の考え方が成立しない場合があることを意味している。沈着条件の違いにおける沈着量を表したものを参考図 2.3 に示す。

一方、原子力災害の発生から一定期間の時間が経過した後の状況を想定した一例として、周辺土壌に放射性物質の沈着は残るものの、コンクリート製の局舎上表面に沈着した放射性物質がウェザリングによって洗い流された状況下（局舎上の沈着はなし）を模擬してシミュレーションを行った。その結果、局舎上における測定値は地上高1 mの測定値に比べ、空気カーマ、周辺線量当量ともに40～50%程度低く評価された。

参考表 2.1 シミュレーション計算条件

条件種別		条件内容
連続モニタ 設置条件	局舎	材質：コンクリート製 外寸：3300×2500×2350mm 壁厚：100mm 屋根厚：100mm
	検出器	検出器種別：NaI(Tl)シンチレーション検出器 2inφ×2in 設置高：検出器結晶部の幾何学的中心が屋根表面から 615mm 設置位置：屋根中央部に設置
周辺環境の 条件	環境	無限平面の土壌
	沈着条件	$^{137}\text{Cs}$ の重量緩衝深度 $\beta=0.1\text{g}/\text{cm}^2$ 、 $1.0\text{g}/\text{cm}^2$ 、 $5.0\text{g}/\text{cm}^2$
	土壌	密度： $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 組成 <sup>8)</sup> ：O 57.7%，Si 27.1%，Al 5.0%，Ca 4.1%，H 2.1%， C 1.6%，K 1.3%，Fe 1.1%
解析に使用した 計算コード		粒子・重イオン輸送計算コード PHITS JENDL-4.0（光子の核データライブラリ）
線量換算係数		空気カーマ率：ICRP pub. 74 周辺線量当量率：ICRP pub. 74
解析手法		境界反射法 <sup>9)</sup>

(シミュレーション計算協力：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核工学・炉工学ディビジョン 炉物理標準コード研究グループ 松田規宏氏)



参考図 2.2 シミュレーション計算モデル

(シミュレーション計算協力：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核工学・炉工学ディビジョン 炉物理標準コード研究グループ 松田規宏氏)

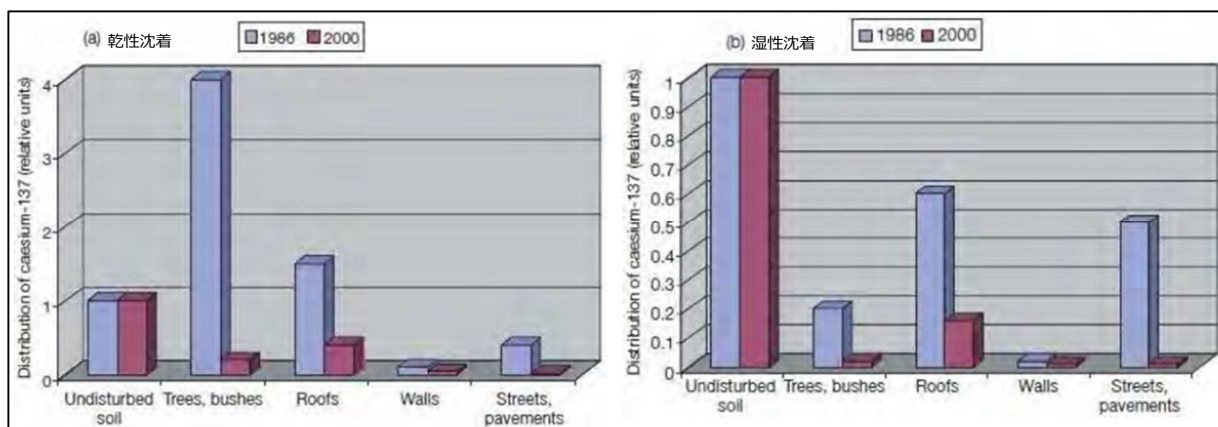
参考表 2.2 シミュレーション計算によって算出した結果

原子力災害直後 局舎上と地上高1mの比較		
緩衝深度 $\beta$ $\text{g cm}^{-2}$	空気カーマ率 局舎上/地上高1m	1cm線量当量率 局舎上/地上高1m
0.1	0.85	0.86

局舎上の沈着物がウェザリング等で減衰 局舎上と地上高1mの比較		
緩衝深度 $\beta$ $\text{g cm}^{-2}$	空気カーマ率 局舎上/地上高1m	1cm線量当量率 局舎上/地上高1m
0.1	0.59	0.60
1.0	0.58	0.59
5.0	0.54	0.54

(シミュレーション計算協力：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核工学・炉工学ディビジョン 炉物理標準コード研究グループ 松田規宏氏)

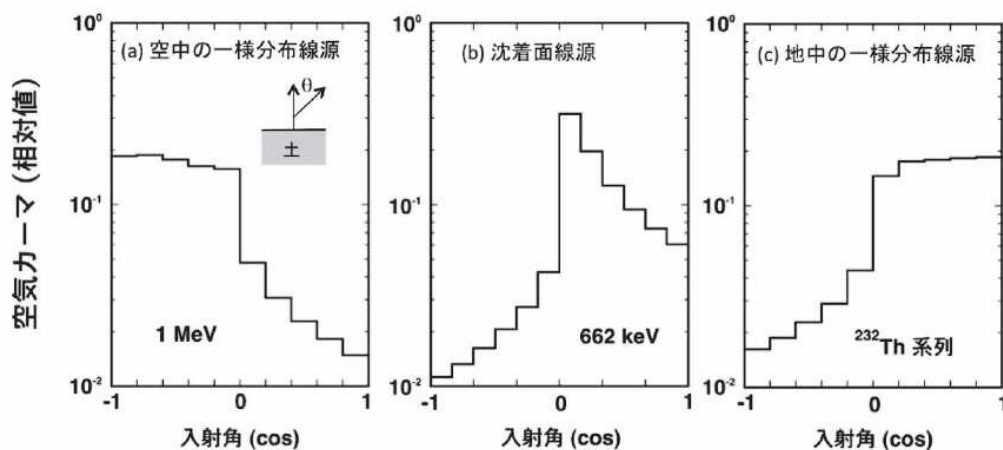


参考図 2.3 地面の種類別における  $^{137}\text{Cs}$  沈着量の違い<sup>10)</sup>

#### 参考 2.4 地上高数十 m

地上高数十 m では、数階建てのコンクリート製建造物の屋上等に設置されており、参考 2.3 地上高約 3 m (局舎上) と同様に地上高数十 m での測定値と地上高 1 m (路地上) での測定では測定対象が大きく異なることから、予め換算係数を求めておくことは困難である。

なお、原子力災害時は、地表面や建造物等に沈着した人工放射性核種だけが測定対象ではなく、放射性プルームの発生時には大気中を浮遊している人工放射性核種も測定対象となる。参考として、測定時における線源の分布状況の違いによる空気カーマの  $\gamma$  線進行方向分布を表したものを参考図 2.4 に示す。



参考図 2.4 環境中に分布した線源から放出された  $\gamma$  線による地上 1m における空気カーマの  $\gamma$  線進行方向分布<sup>4)</sup> ( $\theta$  は  $\gamma$  線の進行方向と地面と垂直なベクトルが成す角度を示す)

## 参考文献

- 1) 遠藤章, 放射線防護で用いられる線量について, 第9回原子力委員会資料第1号 (2012)
- 2) JIS Z4511:2005 照射線量測定器、空気カーマ測定器、空気吸収線量測定器及び線量当量測定器の校正方法
- 3) 福島県ホームページ, 各種放射線モニタリング結果  
[http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec\\_file/monitoring/etc/supekutor\\_1.pdf](http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/etc/supekutor_1.pdf)
- 4) 斎藤公明, 遠藤章, 福島周辺における空間線量率の測定と評価, III環境 $\gamma$ 線の特徴と被ばく線量との関係, RADIOISOTOPES, 63, 585-602 (2014)
- 5) 文部科学省, 平成23年度放射能測定調査委託事業「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の第二次分布状況等に関する調査研究」成果報告書 (2012)  
<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/entry02.html>
- 6) 文部科学省, 平成24年度放射能測定調査委託事業「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立」成果報告書 (2013)  
<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/entry05.html>
- 7) 「緊急時モニタリングについて (原子力災害対策指針補足参考資料)」  
原子力規制庁監視情報課 (2017)
- 8) Eckerman K. F. and Ryman J. C., External exposure to radionuclides in air, water, and soil, Federal Guidance Report No. 12, EPA-402-R-93-081, Oak Ridge National Laboratory (1993)
- 9) Furuta T. and Takahashi F., A computational approach using reflection boundaries for dose calculation in infinitely expanded radiation field, Radiation Protection Dosimetry, 167, 392-398 (2015)
- 10) 日本学術会議訳 チェルノブイリ・フォーラム専門家グループ「環境」の報告, 放射線学的評価報告書シリーズ “チェルノブイリ原発事故による環境への影響とその修復: 20年の経験”