

でけい光強度を測定し、標準液中のウラン量に対するけい光強度を両対数グラフにプロットして検量線とする。

なお、分析に用いたガラス器具および白金皿を再使用するときは、あらかじめ熱硝酸(1:1)に30分間浸漬し、蒸留水でよく洗浄することが必要である。

6.6 空气中濃度の計算

空气中のウラン(^{238}U)濃度は、溶媒体中のウラン量の測定値から、次式により求めることができる。

$$C = \frac{1.2 \times 10^{-2} \cdot n}{10^3 \cdot F \cdot t_s} \quad (35)$$

この式で

C : 空气中のウラン濃度 (Bq/cm³)

n : 溶融体中のウラン量 (μg)

F : 平均流量 (l/min)

t_s : 捕集時間 (min)

式(35)は ^{238}U についての計算式である。天然ウランの場合には、 ^{238}U のほか同位体 ^{235}U および ^{234}U も含まれており、それらの重量は ^{238}U に比べて無視しうる程度であるが、放射能に関しては ^{238}U と ^{234}U は放射平衡にあるため、 ^{234}U と ^{238}U は同量存在することに注意する必要がある。 ^{235}U は ^{238}U の約1/20程度である。また、これらの放射能の値は、ウランの濃縮度によって異なり、高濃縮になるほど放射能は多くなる。

6.7 記 録

測定の結果は、総論5.に示したもののほか、ろ紙の種類、流量などについて記録する。

第2章 外部放射線による線量当量率の測定

1. 目 的

$$\frac{\text{Sv}}{\text{y}}, \quad \frac{\mu\text{Sv}}{\text{hr}}$$

作業環境におけるX線、 γ 線、 β 線または中性子線の線量当量率を測定することにより実効線量当量を求め、放射線に対する作業環境管理の適切さを確認するための資料を得ることを目的とする。

2. γ 線およびX線の線量当量率の測定

2.1 測定対象

γ 線およびX線による1cm線量当量率、3mm線量当量率および70 μm 線量当量率を測定対象とする。

2.2 測定点の選定

測定は、各单位作業場所ごとに1箇所以上で行うこととする。

選定にあたっては以下の点を考慮する。

- ① 放射線業務従事者が立ち入る区域で線量当量率が最大となる箇所
- ② 放射線業務従事者が常在する箇所
- ③ 管理区域の境界
境界における線量当量率の測定が困難な時は、境界における線量当量率を推定できる箇所
- ④ 線量当量率が比較的高く、かつ位置により変化の大きい所では測定点を密にとる。
- ⑤ 中性子線が混在する場所では、それによる線量当量が最大となる箇所

実効線量当量を日常の安全管理において算定することは困難であり、実際的ではないので、これを容易にかつ常に安全側に算定するための手法として、1cm線量当量率が導入された。1cm線量当量率とは身体を模擬したICRU球の深さ1cmにおける線量当量率である。

も測定する。

⑥ 測定点の高さは、作業床面上約1mの位置とする。

床に立っている人の放射線被ばくに対する身体重要器官の位置を考慮して決めたものである。

放射線がコリメートされており、放射線ビームの高さがこの範囲を越える場合には、当該放射線ビームを含む高さについても測定を行う。特に配管ダクトよりの散乱線に注意する。

また、クレーン運転者などの特殊な場所で働く作業者の存在にも注意しなければならない。

⑦ すでに当該作業場について作業環境測定が行われたことがある場合には、原則として、前回は行われた測定点と同一の位置とする。

2.3 測定機器の型式と特性

線量当量率の測定は、線量当量率の時間的な変化があまり大きくない場合には原則として線量当量率計を用いる。しかし、間欠照射等により線量当量率の時間的な変化が著しく、線量当量率計の使用が不可能かあるいは非現実的な場合には、線量当量計を用いて一定期間の平均線量当量率を求める。

2.3.1 線量当量率計

線量当量率の測定に用いられる測定機器の種類とその特徴を以下に示す。

イ. 電離箱式線量当量率計

- 他の線量当量率計に比べて、感度は低いが1cm線量当量率に対するエネルギー特性は良好であり、作業環境測定には最適である。
- 低エネルギー X・γ線およびβ線測定用に検出部前面にβ線用窓があり開閉できるものもある。
- 積算線量当量が測定できる機能を有しているものもある。
透視撮影装置以外の X線装置からの漏洩線量当量の測定に適している。
- 比較的エネルギーの高いβ線の存在する場で測定すると、β線が電離箱

Sv/hr

の壁を通過し過大評価となることがある。

ロ. 半導体式線量当量率計

- 小型軽量である。
 - 一般的に 80 keV 以上のエネルギーに対するエネルギー特性は良好である。
 - 感度は GM 計数管式線量当量率計とほぼ同程度であるが、高線量当量率まで測定できる。
 - エネルギーカットオフレベルが 50 keV 付近に設定されているものが多く、低エネルギー γ線・X線の測定の際には、低エネルギー用のものを用いるか電離箱式線量当量率計を用いる。
- ##### ハ. ガイガ・ミュラ計数管式 (GM 計数管式) 線量当量率計
- エネルギー補償型としてエネルギー特性の改良されたものがあり、これを用いる。

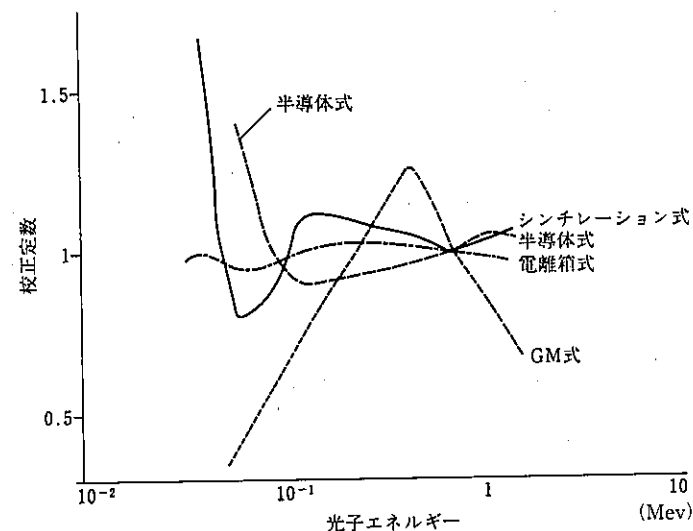
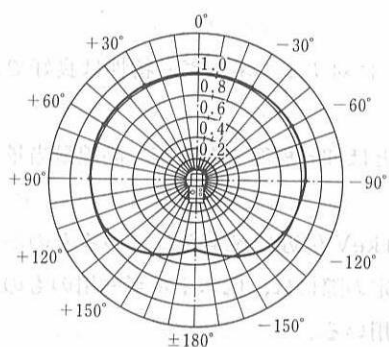


図1 各線量当量率計の代表的なエネルギー特性

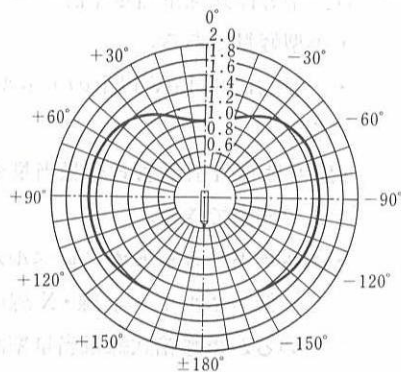
電離箱式(¹³⁷Csにて)

●0°方向からの線源照射時のレスポンスを1とする。



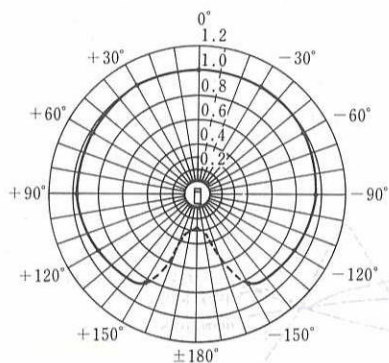
GM計数管式(線源¹³⁷Cs)

●GM管マイカ面方向を0°としレスポンスを1とする。



シンチレーション式(¹³⁷Csにて)

●0°方向からの線源照射時のレスポンスを1とする。



半導体式

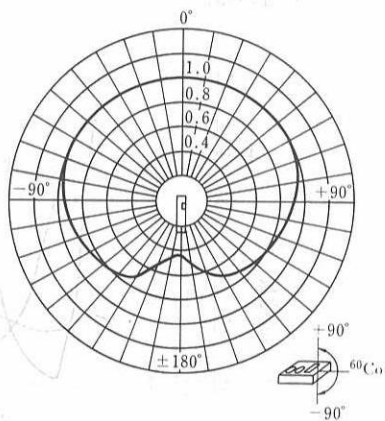


図2 各線量当量率計の代表的な方向特性

- ・比較的低い線量当量率の測定に用いられるが、線量当量率が高くなると数え落としの現象を起こすので十分注意する必要がある。
- ・パルス状に運転する加速器からのX線などを測定する場合は、数え落とし等により指示値が低下したり、パルス数そのものを示したりするので、

線量当量率計	γ線線量当量率(μSv/h)							
	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵
電離箱式								
半導体式								
GM計数管式								
シンチレーション式								

図3 各線量当量率計の代表的な測定範囲

注意する必要がある。このような場合には、電離箱式線量当量率計を用いるとよい。

ニ. γ線用シンチレーション式線量当量率計

- ・本書で対象にしている線量当量率計のうちで最も感度が高いが、エネルギー依存性は大きい。エネルギー補償型としてエネルギー依存性が改良された型式のものを用いることが望ましい。
- ・エネルギーカットオフレベルが50 keV または 100 keV 等に設定されているものが多いので、低エネルギーγ線・X線の測定の際には、低エネルギー用のものを用いるか電離箱式線量当量率計を用いる。

図1に各線量当量率計の代表的なエネルギー特性を示す。

図2に各線量当量率計の代表的な方向特性を示す。

図3に各線量当量率計の代表的な測定範囲を示す。

2.3.2 線量当量計

一定時間内の平均の線量当量率の測定に用いられる線量当量計の種類とその特徴を以下に示す。

イ. X線およびγ線用熱ルミネッセンス線量計 (以下TLDという。thermo luminescence dosimeter)

作業環境測定用のものを用いる。感度も高くエネルギー依存性も良好である。

TLD素子間の指示値のばらつき、フェーディング(放射線被ばく後、時間の経過につれ線量当量読み取り値が減少する現象をいう。フェージングとも

いう), 繰り返し使用による素子の劣化等に注意する。

ロ. X線および γ 線用フィルムバッジ

作業環境測定用のものを用いる。フィルムバッジにはX線用, γ 線用, 広範囲用等のタイプがある。作業場の放射線の種類, エネルギーに最適なフィルムバッジを選び使用する。

線量の読み取りは個人線量測定サービス機関を利用できるが, 作業環境測定に使用する旨を明確に伝える必要がある。

ハ. γ 線用けい光ガラス線量計

けい光ガラス素子を専用のホルダーに入れ, エネルギー依存性を改良した作業環境測定用のものを使用する。線量読み取りによってその状態が変化せず, またフェーディングが小さいので, 随時読み取りを行いながら集積線量を測定できる。

以上3種類の線量当量計はいずれも軽量小型・安価であるため, 多数の測定点を同時に測定できるとともに, 作業の妨げになることもない。

これらのほか, 積算線量当量の測定できる電離箱式線量当量率計も使用することができる。

2.3.3 測定機器の選択

測定機器の選択にあたっては, 次の点に注意する。

イ. 必要な感度を有すること。

測定点が管理区域の境界を含むので, $6 \mu\text{Sv/h}$ 以下の線量当量率を測定できる感度を有する測定機器を用いなければならない。測定する場の線量当量率を勘案して決定する。

ロ. 1 cm 線量当量率に対するエネルギー依存性が良好であること。

ハ. 方向依存性が少ないこと。

ニ. 所要の測定エネルギー範囲に適用できる測定機器であること。

ホ. 低エネルギー放射線(100 keV 程度以下)を使用している場では, 電離箱式線量当量率計などで低エネルギー放射線を測定できるものを用いる。

2. γ 線およびX線の線量当量率の測定

2.4 測定方法

作業環境測定は実際の作業状態(通常の線源条件, 遮へい条件)において行うのが原則である。

しかし, 医療用照射の例のように作業状態における測定が実際的でないときには, ファントムの使用などにより作業状態を模擬することができる。また, 密封されていない放射性同位元素取扱施設の例のように, 線源条件を整えることができない場合には, 測定時の条件(貯蔵, 使用の状況等)を記した上で測定を行うのが望ましい。

2.5 測定機器の校正および点検

放射線測定器を使用していると, 検出器の感度変化, 電気回路の部品の劣化等により指示値が正しい値からずれていることがある。定期的に校正し, その目盛りの値付の精度を確保することが望ましい。

また, 日常的に点検し, 正常な状態で測定するようにする。

(1) 校正

放射線による定期校正を年1回程度行うことが望ましい。校正に先立ち, 測定器が正常な動作状態にあることを確認する。

点検項目は, 放射能汚染検査, 電池電圧の点検, ケーブルコネクタ点検,

表1 我が国の主要な中間校正機関と校正対象測定器の概要

機関名	主な業務内容
医療用線量標準センター	治療用 JARP 線量計の校正 (高線量測定器)
(財)放射線計測協会	放射線測定器の点検校正, 標準照射, 特性試験等の校正関連業務
(社)日本アイソトープ協会	線源の照射線量率等の値付け, 頒布
(財)機械電子検査検定協会	漏洩X線検査用サーベイメータの校正業務
日本原子力研究所高崎研究所	放射線滅菌・加工用 γ 線の線量計測
(株)千代田テクノル	X・ γ 線の標準照射, 校正室用基準測定器等の校正

メータ・スイッチ点検, 測定回路点検, ゼロ点検査, 検出器点検などがある。しかし, 測定回路点検, 検出器点検には回路の知識や計測器を必要とするため, メーカーや校正機関に依頼することができる。

・放射線による定期校正

校正項目は目盛校正である。JIS Z 4511 照射線量測定器および照射線量率測定器の校正方法に基づいて行う。

校正は国家標準とのトレーサビリティが明確になっている基準測定器または基準線源を用いて行う。しかし, これらの機器を備えておくことは一般的ではないので, 測定機器メーカーや校正機関に依頼することができる。

表1に校正機関と校正対象測定器の概要を示す。

校正を終わった測定器には, 校正年月日・校正定数などを記入した校正票を添付しておくことが望ましい。

(2) 日常点検

測定に先立ち原則として電池電圧の点検, チェッキング線源による動作点検, 目視による点検により, 常に正常な状態で使用できるようにする。

表2 測定機器の種類ごとの点検

測定器	点検項目
電離箱式線量当量率計	電池、外観、動作
半導体式線量当量率計	電池、外観、動作
GM計数管式線量当量率計	電池、外観、動作、ケーブル
γ線用シンチレーション式線量当量率計	電池、外観、動作、ケーブル
熱ルミネッセンス線量計	外観(素子の汚れ)、読取器
けい光ガラス線量計	外観(素子の汚れ)、読取器

外観検査: メータ、スイッチ等の外観に異常のないことを検査する。

動作点検: 計数音、自然計数値の測定、チェッキング線源による指示値点検を行い、異常のないことを点検する。

チェッキング線源には0.4~1 MBqの⁹⁰Sr、~3 MBqの¹³⁷Csが一般的に用いられている。

ケーブル点検: ケーブルを動かしてみても計数に異常がないことを点検する。

読取器点検: 標準光源や校正用ガラスを用いて読取器が正常に動作するか点検する。

2. γ線およびX線の線量当量率の測定

測定機器の種類ごとの点検項目を表2に示す。

2.6 1 cm 線量当量率および組織線量当量率の算定方法

作業環境におけるγ線およびX線の測定値より, 1 cm 線量当量率を算定する。

組織線量当量率の測定は, 次の場合に行う。

3 mm 線量当量率の測定は, 3 mm 線量当量率が1 cm 線量当量率の3倍を

表3 X線およびγ線のエネルギーに応じた自由空間中の空気吸収線量当たりの線量当量

光子エネルギー (MeV)	空気吸収線量1 Gy 当たりの線量当量 (Sv)				
	H_{1cm}	H_{3mm}	H_{3mm}/H_{1cm}	$H_{700\mu m}$	$H_{700\mu m}/H_{1cm}$
0.01	0.010	0.271	27.10	0.930	93.00
0.015	0.271	0.686	2.53	0.974	3.59
0.02	0.601	0.917	1.53	1.02	1.70
0.03	1.09	1.19	1.09	1.19	1.09
0.04	1.43	1.42	0.99	1.38	0.97
0.05	1.63	1.59	0.98	1.52	0.93
0.06	1.74	1.67	0.96	1.58	0.91
0.08	1.73	1.66	0.96	1.59	0.92
0.10	1.65	1.60	0.97	1.55	0.94
0.15	1.49	1.46	0.98	1.42	0.95
0.20	1.38	1.36	0.99	1.34	0.97
0.30	1.31	1.30	0.99	1.28	0.98
0.40	1.26	1.25	0.99	1.24	0.98
0.50	1.21	1.22	1.01	1.21	1.00
0.60	1.19	1.20	1.01	1.19	1.00
0.80	1.16	1.18	1.02	1.18	1.02
1.0	1.14	1.16	1.02	1.16	1.02
1.5	1.13	1.14	1.01	1.15	1.02
2.0	1.13	1.13	1.00	1.14	1.01
3.0	1.12	1.13	1.01	1.13	1.01
4.0	1.11	1.12	1.01	1.13	1.02
5.0	1.11	1.12	1.01	1.12	1.01
6.0	1.10	1.11	1.01	1.11	1.01
8.0	1.09	1.10	1.01	1.11	1.02
10.0	1.09	1.11	1.02	1.11	1.02

を超えるおそれのあるとき。また、70 μm 線量当量率の測定は、70 μm 線量当量率が1 cm 線量当量率の10倍を超えるおそれのあるときに行う。

(1) 1 cm 線量当量率の算定方法

イ. 1 cm 線量当量率測定用測定器を使用する場合

1 cm 線量当量率は次式より求める。

$$\dot{H}_{1\text{cm}} = \dot{P}_{1\text{cm}} \cdot K$$

ここで、 $\dot{H}_{1\text{cm}}$: 1 cm 線量当量率

$\dot{P}_{1\text{cm}}$: 測定器による線量当量率の正味指示値

K : ^{137}Cs または ^{60}Co の基準 γ 線源によって校正されたときの校正定数 (目盛校正)

ロ. 照射線量率測定用測定機器を使用する場合

ア. 電離箱式またはこれと同等のエネルギー特性をもつ線量率計を用いた場合

作業環境における γ 線および X 線の実効エネルギーを考慮し、次式により求める。

$$\dot{H}_{1\text{cm}} = \dot{X} \cdot f_{1\text{cm}} = p_x \cdot f_{px} \cdot f_{1\text{cm}}$$

ここで

$\dot{H}_{1\text{cm}}$: 1 cm 線量当量率

\dot{X} : 自由空間中の照射線量率

$f_{1\text{cm}}$: 1 cm 線量当量率・照射線量率換算係数 (表4参照)

p_x : 測定器による照射線量率の正味指示値 (R/h 単位)

f_{px} : 測定器のエネルギー校正定数

実際には、作業環境における X・ γ 線のエネルギーが数 100 keV 以上の場合は、 p_x の値 (R 単位で表される) を百分の1にして、Sv/h 単位で読み替えればよい。数 100 keV 以下の場合には、 $f_{1\text{cm}}$ と f_{px} の差が最大となるエネルギーにおける $f_{1\text{cm}}$ と f_{px} の値を用いて算定すればよい。

イ. 汎用型の GM 計数管式線量率計および NaI (Tl) シンチレーション式線量率計を用いた場合

2. γ 線および X 線の線量当量率の測定

表4 1 cm 線量当量換算係数

X線及び γ 線のエネルギー (MeV)	1 cm 線量当量換算係数 ^{*1}		空気吸収線量からの換算係数 (参考) Sv/Gy
	Sv/(C \cdot kg ⁻¹)	{mSv/R}	
0.010	0.35	{ 0.090 }	0.010
0.015	9.17	{ 2.37 }	0.271
0.020	20.3	{ 5.25 }	0.601
0.025	29.3	{ 7.56 }	—
0.030	36.8	{ 9.50 }	1.09
0.035	43.2	{ 11.2 }	—
0.040	48.5	{ 12.5 }	1.43
0.045	52.4	{ 13.5 }	—
0.050	55.1	{ 14.2 }	1.63
0.060	59.1	{ 15.2 }	1.74
0.070	59.6	{ 15.4 }	—
0.080	58.7	{ 15.1 }	1.73
0.090	57.2	{ 14.8 }	—
0.10	55.7	{ 14.4 }	1.65
0.12	53.0	{ 13.7 }	—
0.15	50.3	{ 13.0 }	1.49
0.20	46.7	{ 12.0 }	1.38
0.30	44.4	{ 11.5 }	1.31
0.40	42.6	{ 11.0 }	1.26
0.50	41.1	{ 10.6 }	1.21
0.60	40.3	{ 10.4 }	1.19
0.66	40.0	{ 10.3 }	—
0.80	39.3	{ 10.1 }	1.16
1.0	38.7	{ 10.0 }	1.14
1.25	38.4	{ 9.91 }	—
1.5	38.3	{ 9.88 }	1.13
2.0	38.3	{ 9.87 }	1.13
3.0	38.1	{ 9.82 }	1.12
4.0	37.7	{ 9.71 }	1.11
5.0	37.5	{ 9.67 }	1.11
6.0	37.3	{ 9.62 }	1.10
8.0	36.8	{ 9.50 }	1.09
10.0	36.8	{ 9.50 }	1.09

JIS Z 4509 より

*1 自由空気中の照射線量からの換算係数である。

表5 70 μ m 線量当量換算係数

X線及び γ 線のエネルギー (MeV)	70 μ m 線量当量換算係数*1		空気吸収線量からの 換算係数 (参考) Sv/Gy
	Sv/(C \cdot kg ⁻¹)	{mSv/R}	
0.010	31.5	{ 8.12}	0.930
0.015	33.0	{ 8.51}	0.974
0.020	34.6	{ 8.92}	1.02
0.025	37.2	{ 9.61}	—
0.030	40.4	{10.4 }	1.19
0.035	43.6	{11.3 }	—
0.040	46.6	{12.0 }	1.38
0.045	49.2	{12.7 }	—
0.050	51.5	{13.3 }	1.52
0.060	53.6	{13.8 }	1.58
0.070	54.4	{14.0 }	—
0.080	54.0	{13.9 }	1.59
0.090	53.1	{13.7 }	—
0.10	52.5	{13.5 }	1.55
0.12	50.2	{12.9 }	—
0.15	48.1	{12.4 }	1.42
0.20	45.5	{11.7 }	1.34
0.30	43.4	{11.2 }	1.28
0.40	42.1	{10.9 }	1.24
0.50	41.0	{10.6 }	1.21
0.60	40.4	{10.4 }	1.19
0.66	40.2	{10.4 }	—
0.80	39.9	{10.3 }	1.18
1.0	39.3	{10.2 }	1.16
1.25	39.0	{10.1 }	—
1.5	39.0	{10.1 }	1.15
2.0	38.4	{ 9.92}	1.14
3.0	38.3	{ 9.89}	1.13
4.0	38.2	{ 9.86}	1.13
5.0	37.8	{ 9.75}	1.12
6.0	37.5	{ 9.67}	1.11
8.0	37.5	{ 9.68}	1.11
10.0	37.6	{ 9.69}	1.11

JIS Z 4509 より

* 1 自由空気中の照射線量からの換算係数である。

表6 3mm 線量当量換算係数

X線及び γ 線のエネルギー (MeV)	3mm 線量当量換算係数*1		空気吸収線量からの 換算係数 (参考) Sv/Gy
	Sv/(C \cdot kg ⁻¹)	{mSv/R}	
0.010	9.17	{ 2.37}	0.271
0.015	23.2	{ 5.99}	0.686
0.020	31.0	{ 8.01}	0.917
0.025	36.1	{ 9.30}	—
0.030	40.3	{10.4 }	1.19
0.035	44.4	{11.4 }	—
0.040	48.1	{12.4 }	1.42
0.045	51.2	{13.2 }	—
0.050	53.7	{13.8 }	1.59
0.060	56.6	{14.6 }	1.67
0.070	57.2	{14.8 }	—
0.080	56.3	{14.5 }	1.66
0.090	55.0	{14.2 }	—
0.10	54.1	{14.0 }	1.60
0.12	51.6	{13.3 }	—
0.15	49.3	{12.7 }	1.46
0.20	46.0	{11.9 }	1.36
0.30	44.1	{11.4 }	1.30
0.40	42.5	{11.0 }	1.25
0.50	41.3	{10.7 }	1.22
0.60	40.7	{10.5 }	1.20
0.66	40.3	{10.4 }	—
0.80	39.8	{10.3 }	1.18
1.0	39.3	{10.1 }	1.16
1.25	38.9	{10.0 }	—
1.5	38.7	{ 9.98}	1.14
2.0	38.3	{ 9.87}	1.13
3.0	38.4	{ 9.90}	1.13
4.0	37.9	{ 9.79}	1.12
5.0	37.8	{ 9.75}	1.12
6.0	37.5	{ 9.67}	1.11
8.0	37.3	{ 9.63}	1.10
10.0	37.6	{ 9.69}	1.11

JIS Z 4509 より

* 1 自由空気中の照射線量からの換算係数である。

両線量率計は数10～数100 keVのエネルギー範囲において感度が高く、指示値が実際の線量率よりも安全側に指示するので、 $f_{icm} \cdot f_{px} = 1$ としてもかまわない。

ただし、60 keV以下の低エネルギー γ 線およびX線の場合は、測定器によっては安全側に示さない機種もあり注意が必要である。なお、シンチレーション式線量当量率計の場合は、50 keVまたは100 keVにカットオフエネルギーが設定されているので、注意が必要である。また、エネルギーの適用上限値は、校正した線源の γ 線のエネルギー程度までとするなどの注意が必要である。

(2) 組織線量当量の算定方法

40 keV以上の γ 線およびX線の場合は70 μ m線量当量率と3 mm線量当量率の値は1 cm線量当量率の値とほとんど変わらない。表3に70 μ m線量当量率および3 mm線量当量率について1 cm線量当量率の値との比を示す。

70 μ m線量当量率と3 mm線量当量率の組織線量当量率の算定にあたっては、40 keV未満の γ 線およびX線を取扱う場合に適用を考えればよい。

測定にあたっては、低エネルギー γ 線・X線測定用測定器を使用する必要がある。

3. β 線および電子線の線量当量率の測定

3.1 測定対象

放射線加速装置等から高エネルギーの電子線が放射線業務従事者に直接照射されることはなく、通常は放射性物質からの β 線のみを考慮すればよい。

よく使用される放射性物質からの β 線は3 MeV以下であり、透過力が弱いので、70 μ m線量当量率と3 mm線量当量率を算定する。

3. β 線および電子線の線量当量率の測定

3.2 測定点の選定

β 線を放出する放射性同位元素の近傍で放射線業務従事者の手等の人体部分が被ばくするとみられる点を選定する。

3.3 測定機器の型式と特性

X線および γ 線測定の場合と同様に、線量当量率の時間的な変化があまり大きくない場合は原則として線量当量率計を用いるが、時間的な変化が著しく線量当量率計の使用が不可能か、あるいは、放射線業務従事者の人体部分の被ばくするとみられる点を測定するため作業の妨げとなる場合には、線量当量計を用いて一定時間の平均線量当量率を求める。

一般には、CPM、 μ Sv/hまたはGy/hで表示されており、換算係数を乗じて β 線による線量当量率を求める。

3.3.1 線量当量率計

線量当量率の測定に用いられる測定機器の種類とその特徴を以下に示す。

イ. 電離箱式線量当量率計

γ 線用と β 線用両用のものであり、検出部前面の窓を開いて β 線を測定できる。

ロ. GM計数管式線量当量率計

β 線専用のもので β ・ γ 線共用のものがあり、共用のものは検出部前面のキャップを取り外して β 線を測定できる。

以上の2種類の線量当量率計の特徴は、X線および γ 線測定用線量当量率計の場合と同様である。

ハ. シンチレーション式線量当量率計

プラスチックシンチレータを検出器に使用した測定器である。

ニ. 半導体式線量当量率計

β 線用に半導体を用いたものである。GM計数管のように消耗による特性劣化がない。

3.3.2 線量当量計

一定時間内の平均の線量当量率の測定に用いられる線量当量計の種類とその特徴を示す。

イ. 熱ルミネッセンス線量計

β 線測定用のものを用いる。

ロ. フィルムバッジ

β 線測定用のものを用いる。

ハ. けい光ガラス線量計

β 線測定用のものを用いる。

以上の3種類の線量当量計の特徴はX線および γ 線測定用線量当量計の場合と同様である。

3.4 測定方法

X線および γ 線の場合と同様、実際の作業状態で測定するのが原則である。

電離箱式線量当量率計やGM計数管式線量当量率計などの線量当量率計を用いて測定するときは、検出部の窓を開いて測定したときと、閉じて測定したときの指示値の差に換算係数を乗じることにより、 β 線線量当量率を求めることができる。

3.5 測定機器の校正および点検

2.5に準じて行う。

(1) 校正

2.5(1)に準じて行う。70 μ m線量当量による β 線線量当量率計の目盛り校正は基準測定器(外挿電離箱)または外挿電離箱で値付けられた基準 β 線源を用いて行う。これらの機器を備えておくのは一般的ではないので、機器メーカーや校正機関に校正を依頼するのが普通である。

(2) 日常点検

4. 中性子線の線量当量率の測定

2.5(2)に準じて行う。

3.6 組織線量当量率の算定方法

(1) 70 μ m線量当量率の算定方法

線量当量率計を用いて測定したとき、70 μ m線量当量率は次式より求められる。

$$\dot{H}_{70} = K_{70} \times (\dot{P}_{op} - \dot{P}_{cl}) \times K$$

この式で、 \dot{H}_{70} : 70 μ m線量当量率

K_{70} : β 線の最大エネルギーに応じた換算係数

\dot{P}_{op} : 測定器の窓を開にしたときの指示値

\dot{P}_{cl} : 測定器の窓を閉にしたときの指示値

K : 校正定数(目盛り校正)

(2) 3mm線量当量率の算定方法

3mm線量当量率は、測定が困難な場合は、70 μ m線量当量率で算定しておけば安全側の評価となる。

4. 中性子線の線量当量率の測定

4.1 測定対象

中性子線量当量率を測定対象とする。

4.2 測定点の選定

2.2の測定点の選定に準じて行う。

中性子線はX \cdot γ 線に比べて散乱が著しいこと、および中性子線が検出される所は γ 線が混在することに留意する必要がある。

4.3 測定機器の型式と特性

線量当量率の測定は、線量当量率の時間的な変化があまり大きくない場合

には原則として線量当量率計を用いる。しかし、間欠照射等により線量当量率の時間的变化が著しく、線量当量率計の使用が不可能あるいは非現実的な場合には、線量当量計を用いて一定時間の平均線量当量率を求める。

4.3.1 線量当量率計

中性子線の線量当量率計には、線量当量率直読式のものとはそうでないものがある。直読式のもの、中性子線のかなり広いエネルギー範囲にわたって、線量当量率換算係数に近似した応答を示すように、検出器の周囲に減速材および吸収材を配した工夫がなされている。直読式でないものは、エネルギーに応じて線量当量率換算係数に近似した応答を示すようになっていないため、測定対象の中性子線のエネルギーをあらかじめ求め、線量当量換算係数を用いて線量当量率を計算で求める必要がある。

市販されている線量当量率計はほとんどが直読式であるので、直読式線量当量率計の種類と特徴を以下に示す。

イ. BF_3 比例計数管式線量当量率計

$^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応により生成された荷電粒子による電離を利用した BF_3 封入比例計数管の周囲をホウ素を含むプラスチックまたはポリエチレンで囲んだものである。

γ 線の影響を受けにくい。

ロ. ^3He 比例計数管式線量当量率計

$^3\text{He}(n, p)^3\text{H}$ 反応を用いた ^3He ガス封入比例計数管の周囲をホウ素を含むプラスチックまたはポリエチレンで囲んだものである。

BF_3 比例計数管式線量当量率計に比べ γ 線の影響を受けやすい。

ハ. $\text{LiI}(\text{Eu})$ シンチレーション式線量当量率計

$^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$ 反応で生成された荷電粒子による発光を光電子増倍管で電気信号に替え中性子を検出するものである。シンチレータの周囲をポリエチレンまたはパラフィンのかなり大きな球で囲ってあるため、重量がかなりあり線量当量率計にむかず市販されている例は少ない。

4. 中性子線の線量当量率の測定

γ 線の影響を受けにくい。

ニ. 半導体式線量当量率計

核反応によりでてくる荷電粒子を半導体式検出器で検出する。軽量小型のものが市販されている。

γ 線の影響を受けにくい。

4.3.2 線量当量計

一定時間内の平均の線量当量率の測定に用いられる線量当量計の種類とその特徴を以下に示す。

イ. 中性子用フィルムバッジ

作業環境測定用のものを用いる。フィルムバッジには熱中性子用と高速中性子用の2種類がある。

・熱中性子用フィルムバッジ

フィルムは γ 線用フィルムを用いており、 $\text{Cd}(n, \gamma)$ 反応で生じた γ 線に対するフィルムの黒化度から線量当量を知る。

・速中性子用フィルムバッジ

フィルムは乳剤に原子核乾板と同様なものを用いる。フィルムベースなどの中の水素原子と中性子との弾性衝突による反跳陽子の飛跡を顕微鏡で読み取る。

ロ. 中性子用熱ルミネッセンス線量計

中性子線と γ 線に感度を有する素子と γ 線のみで感度を有する素子を組合わせ、前者の線量当量から後者のものを差し引いて中性子線量当量を求める。

現在市販されているものは、 ^6LiF と ^7LiF の素子の組合わせであり、通常、熱中性子用として用いられる。

ハ. 固体飛跡検出器

CR-39 がよく用いられている。

中性子による反跳した陽子によりプラスチックに生じる飛跡数から線量当

量を求める。感度はほぼフィルムバッジと同様である。X、 γ 線の影響を受けないので、X・ γ 線の線量が高い場所でも中性子線量当量の測定ができる。

ニ. 中性子用けい光ガラス線量計

中性子線と γ 線に感度を有する素子と γ 線のみ感度を有する素子を組み合わせ、前者の線量当量から後者のものを差し引いて中性子線量当量を求める。

通常、熱中性子用として用いられる。

4.4 測定方法

X線および γ 線の場合と同様、実際の作業状態で測定するのが原則である。

中性子線の測定に先立ち γ 線の測定を実施する。多くの場合、各測定点における γ 線と中性子線の線量当量率には相関関係が認められるので、 γ 線の測定データは中性子線の測定に際して目安となる。両者の値が各測定点において比例関係にあることが実証されており、かつ後者が前者に比べて十分小さければ、遮へいや中性子の発生量などの条件に変化がない限り、中性子線の測定を省略してもよい。

4.5 測定機器の校正および点検

2.5 に準じて行う。

(1) 校正

2.5 (1) に準じて行う。中性子基準校正場を設定するには多くの施設設備が必要とされる。これらの機器を備えておくのは一般的ではないので、機器メーカーや校正機関に依頼するのが普通である。

(2) 日常点検

2.5 (2) に準じて行う。

中性子線量当量率計用のチェック線源として ^{252}Cf がある。放射能のわりには中性子線量当量率が高いので、保管・使用には十分な注意が必要である。

4. 中性子線の線量当量率の測定

4.6 1 cm 線量当量率および組織線量当量率の算定方法

(1) 1 cm 線量当量率の評価方法

イ. 直読式中性子線量当量率計使用の場合

1 cm 線量当量率は次式から求める。

$$\dot{H}_{1\text{cm}} = \dot{P}_{1\text{cm}} \cdot K$$

ここで、 $\dot{H}_{1\text{cm}}$: 1 cm 線量当量率 (Sv/h)

$\dot{P}_{1\text{cm}}$: 測定器による線量当量率の正味指示値 (Sv/h)

K : 校正定数 (目盛校正)

ロ. 中性子線量当量計使用の場合

1 cm 線量当量率は次式から求める。

$$\dot{H}_{1\text{cm}} = \dot{P}_{1\text{cm}} \cdot K_2$$

ここで、 $\dot{H}_{1\text{cm}}$: 1 cm 線量当量率 (Sv/h)

$\dot{P}_{1\text{cm}}$: 単位時間当たりの線量当量の正味指示値 (カウント/h)

K_2 : 換算係数 (Sv/カウント)

(2) 組織線量当量率の算定方法

中性子線の場合、3 mm 線量当量率が1 cm 線量当量率の3倍を超え、70 μm 線量当量率が1 cm 線量当量率の10倍を超える状況は起きないので、1 cm 線量当量率を測定すればよく、組織線量当量率を算定する必要はない。

5. 測定結果の記録

測定結果は、記録し保存しておかなければならない。記録にあたっては後日、測定状況を確認し得るように次に示す事項のほか、必要に応じ特記すべき事項を記載する。

- ① 測定日時
- ② 測定方法
- ③ 測定器の種類、型式、および性能
- ④ 測定箇所 (見取図に測定箇所を表示する)
- ⑤ 測定条件 (放射性物質の貯蔵量、放射線発生装置の稼働状況、使用の