

関信診療放射線主任勉強会 様  
第19回勉強会

2019年8月24日

1

# 漏洩線量測定改定

## サーベイメータ適正使用について

医建エンジニアリング株式会社  
リークテック営業部  
細沼 宏安

## X線診療室

- 診療に用いるX線装置の定格出力が10kV以上、  
且つX線装置のエネルギーが1MeV未満の装置が  
据え置かれた室。
- 外部放射線量(外部被ばくの線量)限度により規定  
されている。
  - ・ X線診療室の画壁外側：1.0mSv/週
  - ・ 管理区域境界：1.3mSv/3月間
  - ・ 病室：1.3mSv/3月間
  - ・ 居住区域境界(宿舎等)：250 $\mu$ Sv/3月間
  - ・ 病院または診療所の敷地境界：250 $\mu$ Sv/3月間

(根拠法令)

- ・ 医療法施行規則 第24条の2 (X線装置の届出)
- ・ 医療法施行規則 第30条の4 (X線診療室)
- ・ 医療法施行規則 第30条の17 (敷地の境界等における防護)
- ・ 医療法施行規則 第30条の26 (濃度限度等)

## X線診療室の線量限度の把握

- ・ X線診療室の画壁外側：1.0mSv/週
- ・ 管理区域境界：1.3mSv/3月間
- ・ 病室：1.3mSv/3月間
- ・ 居住区域境界(宿舍等)：250 $\mu$ Sv/3月間
- ・ 病院または診療所の敷地境界：250 $\mu$ Sv/3月間



漏えい放射線量の把握が必要。医療従事者，一般公衆へのX線診療に対する安全性の担保に重要である。



漏えい放射線量測定が重要。

# X線診療室の漏えい放射線量測定

- X線診療を開始する前に1回
  - ・ X線診療室に新しくX線装置を据え付けた時
  - ・ X線装置を更新した時
  - ・ X線装置及びX線診療室の構造設備を変更した時 など  
→ 行政機関への届出に際し漏えいX線量測定結果を提出。
  
- 医療法施行規則 第30条の22,  
電離放射線障害防止規則 第54条 による測定
  - ・ X線診療室については6ヶ月を超えない期間毎に1回  
→ 測定記録を5年間保存。

(根拠法令)

- ・ 医療法施行規則 第24条の2 (X線装置の届出)
- ・ 医療法施行規則 第30条の22 (放射線障害が発生するおそれのある場所の測定)
- ・ 電離放射線障害防止規則 第54条 (線量当量率の測定等)

# JIS Z 4716 X線診療室の漏えいX線量の測定方法

2018年3月20日

JIS Z 4716 X線診療室の漏えいX線量の測定方法 制定/公示



- 法令では測定箇所，種類，測定器および器具など，測定方法の詳細が明示されていない。
- X線診療室などの正確な漏えいX線量の測定に寄与することを目的として，規格を制定。

## JIS Z 4716 の適用範囲

- 診断用X線装置が据え置かれた，主にX線診療室からの漏えいX線量の測定方法について規定。
- サーベイメータ及び積算線量計による漏えいX線量の測定方法を規定。
- X線装置が据え置かれた放射線治療計画を目的としたシミュレーター室，手術室などから漏えいするX線量を測定する場合にも適用できる。

# JESRA規格

JESRA規格：一般社団法人日本画像医療システム工業会  
(JIRA)発行の工業会規格

2019年4月1日

JESRA規格 X線診療室の管理区域  
漏えい線量測定マニュアル

→JIS Z 4716の公示/制定にあわせ  
改訂版を発行。

→JESRA TR-0040\*B-2019

X線診療室の管理区域漏えいX線量  
測定マニュアル

→JIS Z 4716の内容を基に漏えいX線  
量測定方法を詳細に解説している。

(一社) 日本画像医療システム工業会規格

JESRA TR-0040\*B 2019

制定 2013年 3月 29日  
改正 2016年 2月 16日  
改正 2019年 4月 1日

X線診療室の管理区域漏えいX線量測定マニュアル

Instruction manual for measurement of leakage X-ray from controlled areas

(一社) 日本画像医療システム工業会

ご注意ください

法令での表記は、  
→ 「エックス線」， 「エックス線診療室」

JIS規格や工業分野での表記は、  
→ 「X線」， 「X線診療室」と記述します。  
→ JIS Z 4001 原子力用語で「X線」が定義されているため、工業分野では「X線」を用います。

「エックス線」(法令) = 「X線」(工業分野)

## 本日の内容

- サーベイメータについて
- ファントムについて
- 測定箇所について  
→漏えいX線量、散乱X線量
- 測定方法について  
→線量率モード、積算モード
- 測定後の記録について

## サーベイメータ

- (1) JIS Z 4333に準じたサーベイメータまたは同等以上の性能を有するサーベイメータ  
→性能が保証されたサーベイメータを用いる。
- (2) 測定可能な線量(率)範囲とエネルギー範囲  
→線量評価が適切に行えるかどうか。
- (3) 方向特性  
→漏えいX線に対して適切な方向を把握して使用する。
- (4) JIS Z 4511に則った校正がなされているサーベイメータ  
→適切な校正を行っているサーベイメータを用いる。
- (5) 持ち歩いても安定に動作

## サーベイメータの種類

### (1) 電離箱式サーベイメータ

→ X線診療室の漏えいX線量の測定に広く用いられる。  
診断領域のX線について、望ましいエネルギー特性、  
線量(率)範囲を持っている。

### (2) GM管式サーベイメータ

→ 高感度であるが取扱いが難しい。放射能汚染検査に  
広く用いられる。

### (3) シンチレーション式サーベイメータ

→ 高感度であり、環境放射線の測定に広く用いられて  
いる。

### (4) 半導体式サーベイメータ

→ 適切な校正を行っているサーベイメータを用いる。

## サーベイメータ

また、JIS Z 4716では、漏えいX線量測定に用いるべきサーベイメータの線量(率)の測定範囲として、下記が定められている。

- 線量率モードによる測定で $1.0\mu\text{Sv/h}$ 、又は、積算モードによる測定で $0.3\mu\text{Sv}$ が測定可能なサーベイメータ。



現在、X線診療室の漏えいX線量測定において広く使用されている電離箱式サーベイメータの精度で十分測定可能な範囲とした。

(参考)

X線診療室自体を管理区域とみなした場合、隔壁外側での線量限度は $1.3\text{mSv}/3\text{m}$ (単純に計算を行うと $100\mu\text{Sv}/\text{w}$ )である。

X線診療室の稼働を $40\text{h}/\text{w}$ とすると、 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ が線量限度となる。

線量率モードによる測定では $1.0\mu\text{Sv}/\text{h}$ を測定可能であれば、線量限度を担保しうるか判断可能であると考えられた。

## サーベイメータの精度管理について

- (1) サーベイメータを保管する際は、説明書に記載のある湿度、温度、気圧条件等の範囲内で保管を行う必要がある。特に、電離箱式サーベイメータは、湿度による影響を受けやすいため、デシケータ(除湿庫)等の低湿度環境下で保管することが望ましい。
- (2) サーベイメータの精度維持のため1年に1回、サーベイメータの校正事業者での整備点検及び校正を行う。
- (3) サーベイメータの校正を行った際には、トレーサビリティ証明書入手することが望ましい。
- (4) チェッキング線源を有する事業者では、1月に1回程度、JIS Z 4511：2018附属書JB(規定)「**实用測定器の簡素化した校正及び機能確認**」に規定される「**实用測定器の機能確認**」を行う。

## 実用測定器の機能確認

校正定数が確定した測定器について、ある期間経過後、継続して校正が有効であるかを確認するための方法。(新たに校正定数を確定するための校正ではない。)

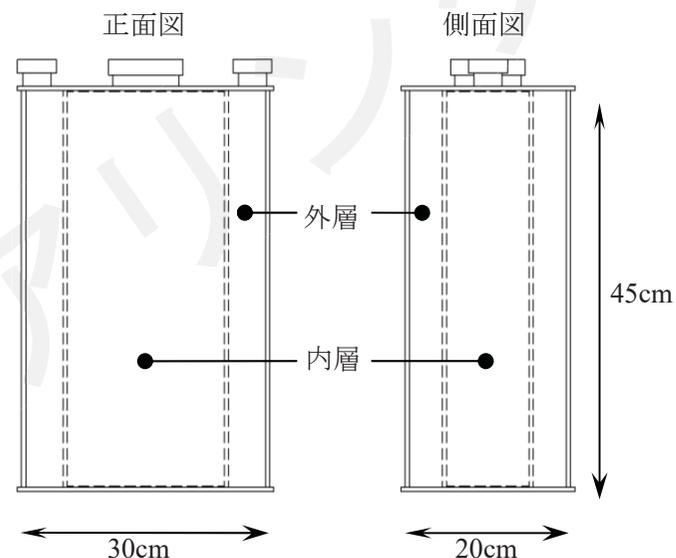
測定器について校正定数が確定した際に、 $^{137}\text{Cs}$ 等のチェック線源で指示値(校正時指示値)を求めたのち、ある期間経過後に、校正時指示値を求めた際と同一の照射条件にて測定器の指示値を求める。特別な理由がない場合は、その指示値と校正時指示値との差が $\pm 10\%$ (が望ましいとされている)内であれば引き続き校正が有効であると判断される。



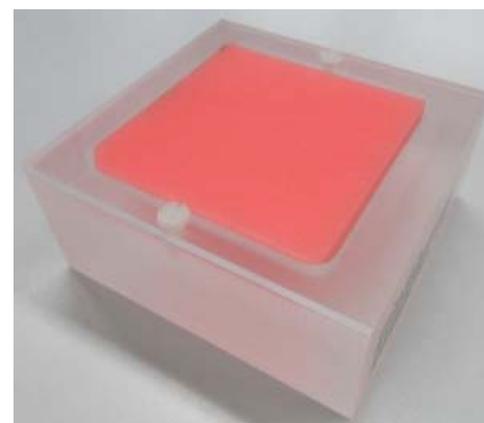
## ファントム

○当該 X 線診療室での撮影部位を想定したものを用いる。

- (1) 胸部及び腹部を想定する場合  
→ JIS Z 4915に規定される  
胸・腹部用 X 線水ファントム  
を用いても良い。



- (2) 乳房を想定する場合  
→ 精度管理用ファントム,  
又は, 4cm厚のメタクリル  
樹脂製(PMMA製)の板を用いる。



## ファントム

- (3) CT撮影装置・歯科用X線装置  
→ 頭部，又は，腹部を想定した  
円柱形水ファントムも用いら  
れる。



- (4) 骨塩定量分析装置  
→ 精度管理用ファントム，  
又は，人体厚のメタクリル  
樹脂製(PMMA製)の板を用いる。



## ファントム

### (5) 歯科用X線装置

→ プラスチック製円柱形水容器も用いられる。



### (6) その他

→ X線装置が専門・特殊なものであり，上記のファントムの使用が適当でない場合は，当該X線装置に適切と考えられるファントムを用いる。

## ファントムの取扱いについて

ファントムは、ひび割れ等の破損や水漏れがないか確認を行う。特に、長期間保管されているファントムについては、確認のため実際に水を入れ、破損、水漏れがないか定期的に確認を行う。

また、ファントムを測定に使用する際には以下に留意する。

### (ファントムの取扱い)

ファントムは落下させないように、移動、設置は慎重に行う。ファントムを移動、設置する際にX線診療室等の壁面や出入口部分、X線装置等に傷、破損を与えないよう十分注意する。

ファントムにつまずいて転倒する、もしくはファントムを倒すことのないよう、漏えいX線量測定作業員以外の他者にも配慮し作業中にファントムを置く位置、置き方にも留意する。

## 測定箇所

### ○ X線診療室の側壁面

- ・側壁面1面につき複数箇所を測定する。
- ・測定箇所について、床、又は、地面から1m程度の高さとする。
- ・壁面からサーベイメータの実効中心までの距離は10cm以内とする。

### ○ X線診療室の上階の床面

- ・上階の床面につき複数箇所を測定する。
- ・測定箇所について、上階の床面から壁面からサーベイメータの実効中心までの距離は10cm以内とする。

(参考)

放射線量測定について測定の高さは一般的に1m程度であり、生殖器官の防護の観点から、測定高さは1mとされている。

## 測定箇所

### ○ X線診療室の下階の天井面

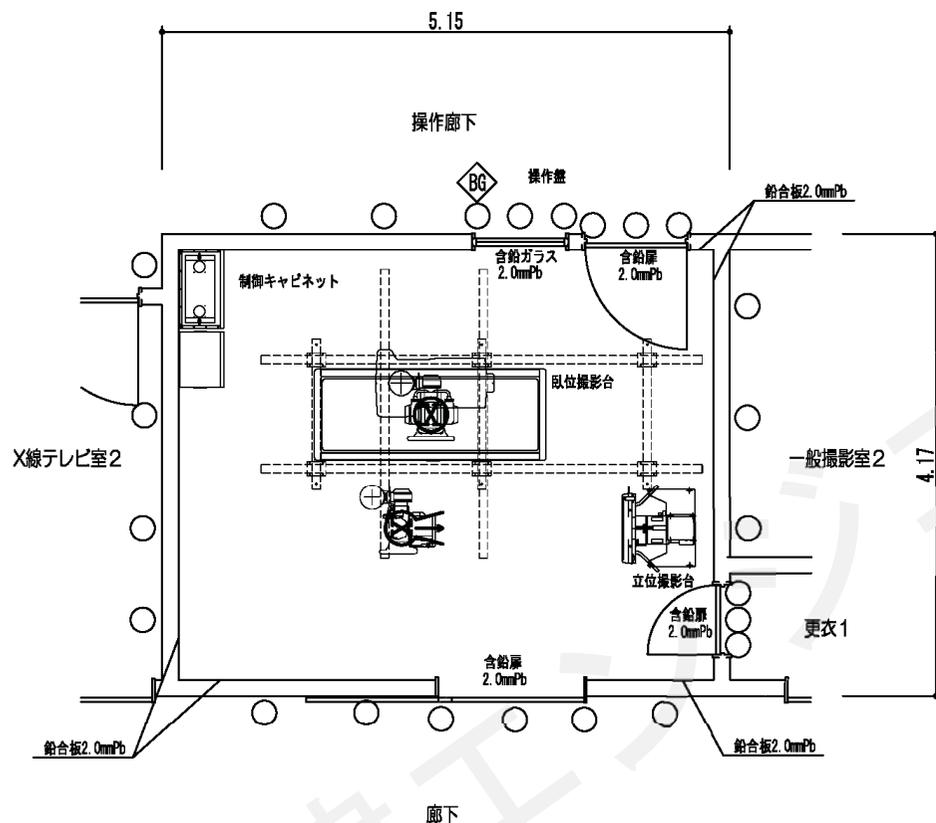
- ・ 下階の天井面につき複数箇所を測定する。
- ・ 測定箇所について，下階の床面から測定できる範囲でよい。

#### (参考)

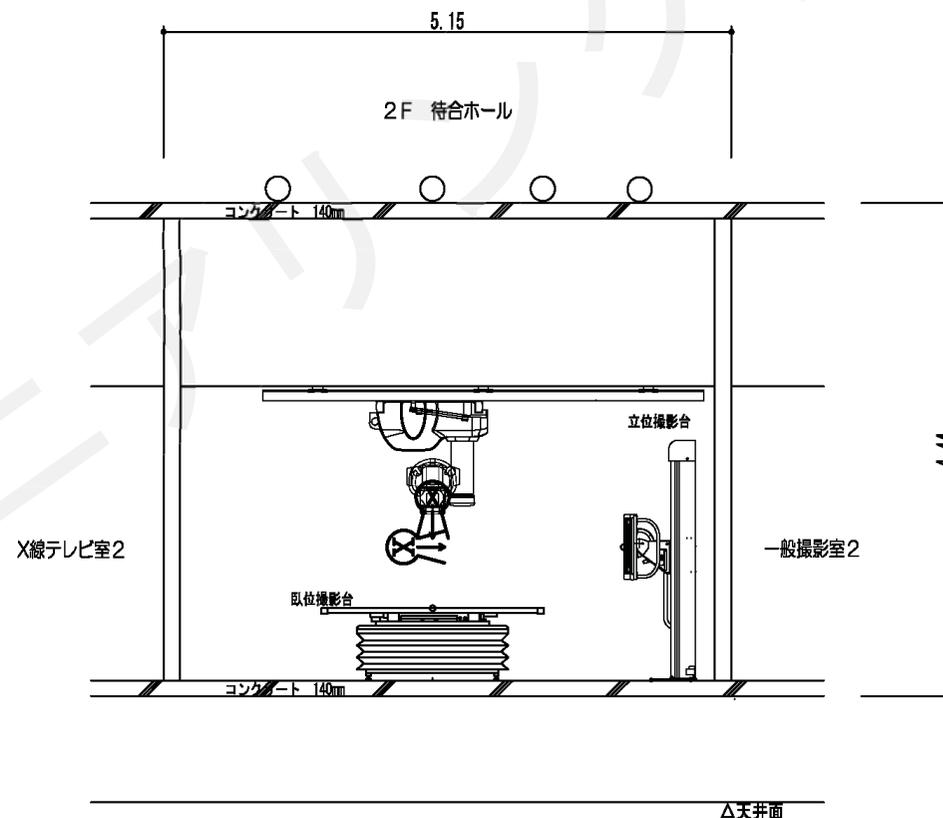
下階の天井面の測定について，例えば下階が電気室や機械室等では，床面から天井面まで相当な距離がある場合があり，天井面に近い箇所を測定しようとした場合，測定者は相当な高さのはしご等を用いて測定箇所に近づく必要がある。測定者に転落事故等の危険が生じることが予想されたため，下階の床面から測定できる範囲(危険がなくできるだけ高い位置でという意味合いを意図した)としている。

# 測定箇所（一般撮影室）

○：測定箇所



平面図

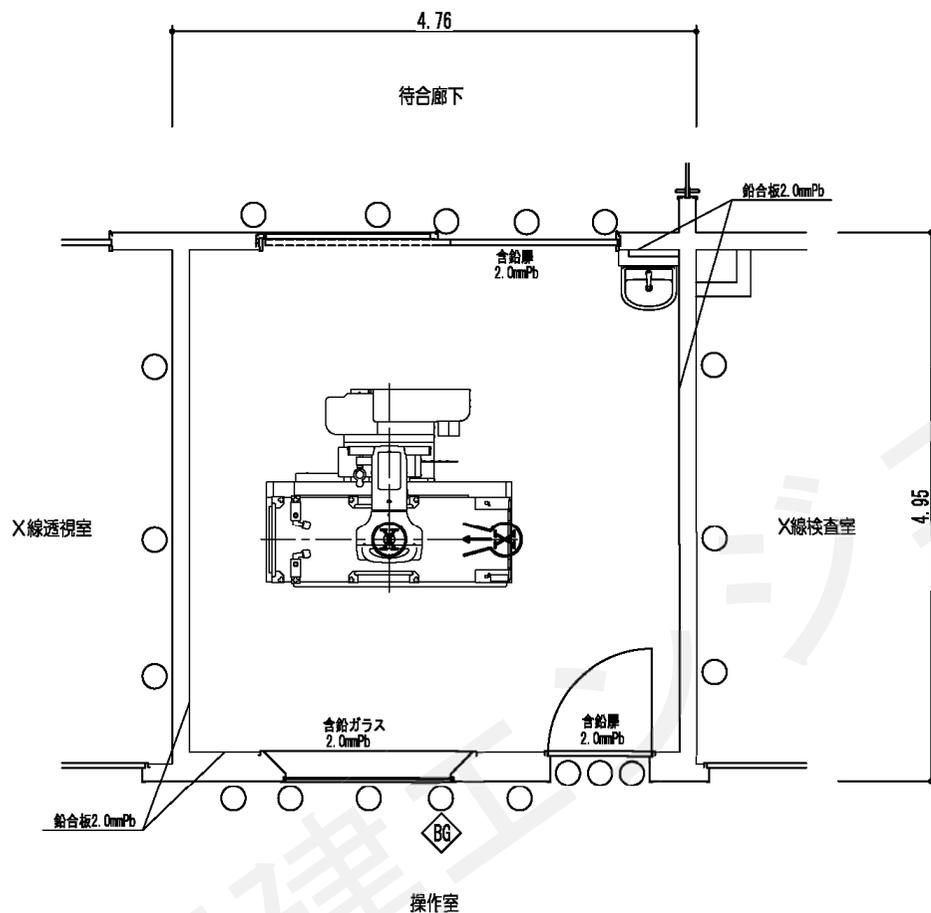


B1F 空調機械室

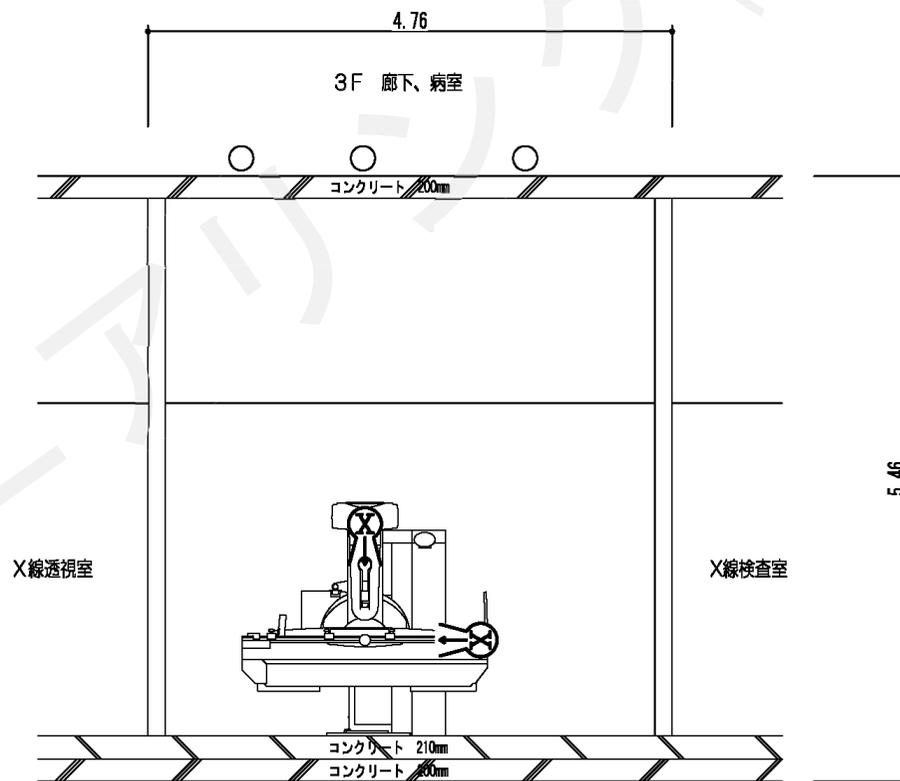
立面図

# 測定箇所（X線TV室）

○：測定箇所



平面図



○ ○ ○ △天井面

1F 診察室

立面図

## 測定箇所

○ X線診療室のその他漏えい X線量が高くなると考えられる箇所

→床，地面からの高さを問わず可能な限り測定を行う。

例)

- ・ 利用線束が向かう部分
- ・ X線源(X線管)に近い箇所
- ・ しゃへい扉，観察窓の周囲
- ・ 親子扉の召合せ(合わさる)部分
- ・ ケーブルピット(貫通部)
- ・ 換気扇などの開口部

# 漏えいX線量測定

(線量率モード 及び 積算モード について)

## ○線量率モード

→ 漏えいX線量率の測定

透視(パルス透視も含む)のように、連続して照射を行うX線装置について、漏えいX線の測定を行う場合は、線量率モードが適している。

## ○積算モード

→ 漏えいX線量の測定

一般撮影装置、乳房用X線装置のように、間歇的に照射を行うX線装置について、漏えいX線の測定を行う場合は、積算モードが適している。

(参考)

線量率モード、積算モードのどちらモードによる測定が適しているかは対象とするX線の照射時間が、使用する測定レンジに対応する時定数の3倍以上であるかどうか指標となる。

## 線量率モードによる測定について

時定数・応答時間を把握したうえで測定を行う必要がある。

→ 時定数・応答時間を理解していないと正確な測定値は得られない。

## 線量率モードによる測定について

(時定数)

最終指示値の63%の値に達するまでの時間。  
通常、サーベイメータの取扱説明書や仕様書に公表されている。

時定数  $\tau$  のサーベイメータを用いた場合、  
測定開始後  $t$  秒おける表示値は、 $1 - \exp(-t/\tau)$  で表される。

例) 時定数 = 10秒の場合(計算上)

20秒の測定では、最終指示値の86%

30秒の測定では、最終指示値の95%

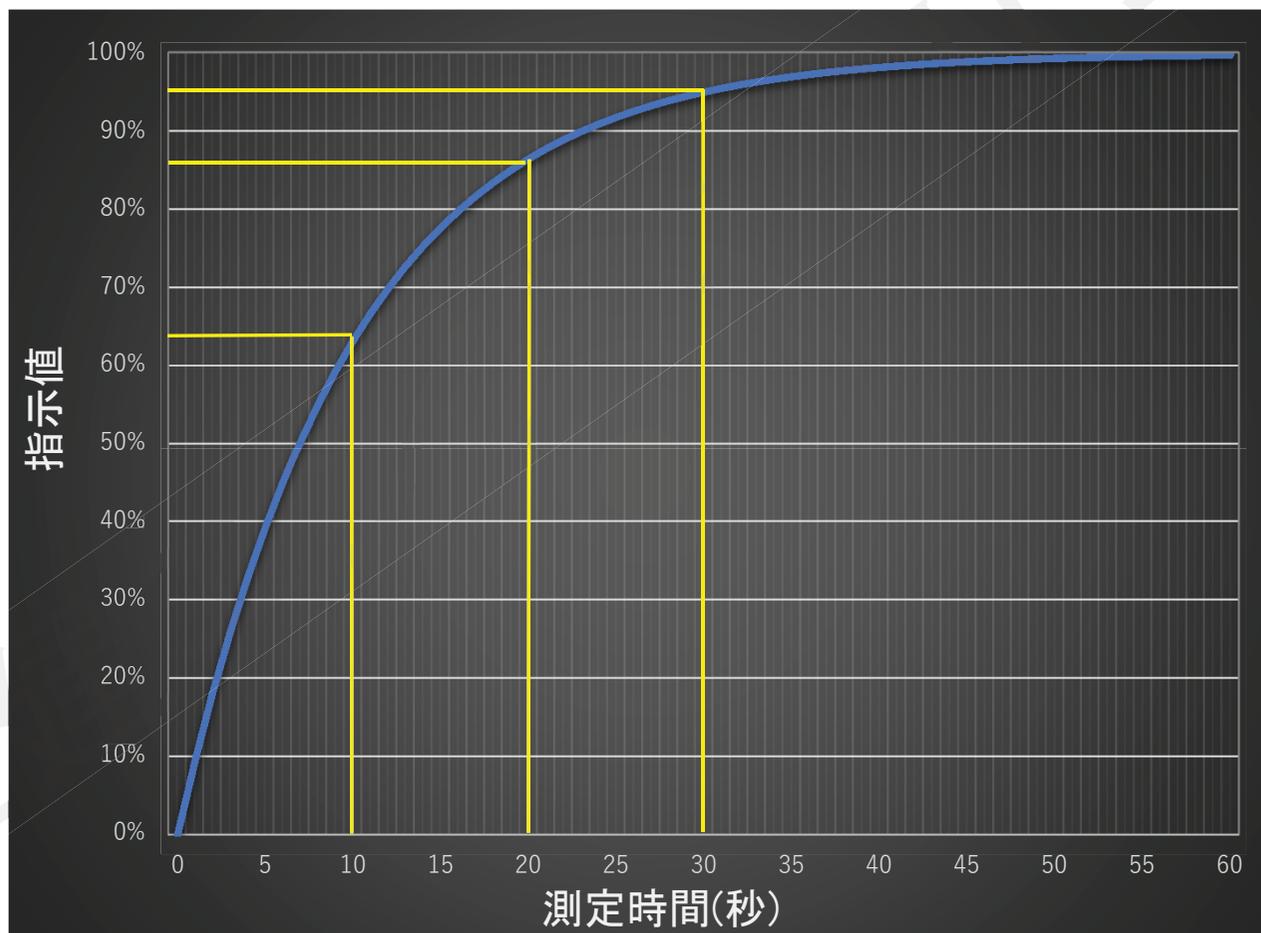
# 線量率モードによる測定について

例) 時定数=10秒の場合

10秒の測定では、最終指示値の63%

20秒の測定では、最終指示値の86%

30秒の測定では、最終指示値の95%



## 線量率モードによる測定について

(応答時間)

最終指示値の90%の値に達するまでの時間。  
通常、サーベイメータの取扱説明書や仕様書に公表されている。

応答時間は理論上、時定数の2.3倍の時間となる。

例) 時定数=10秒の場合 → 応答時間 = 23秒

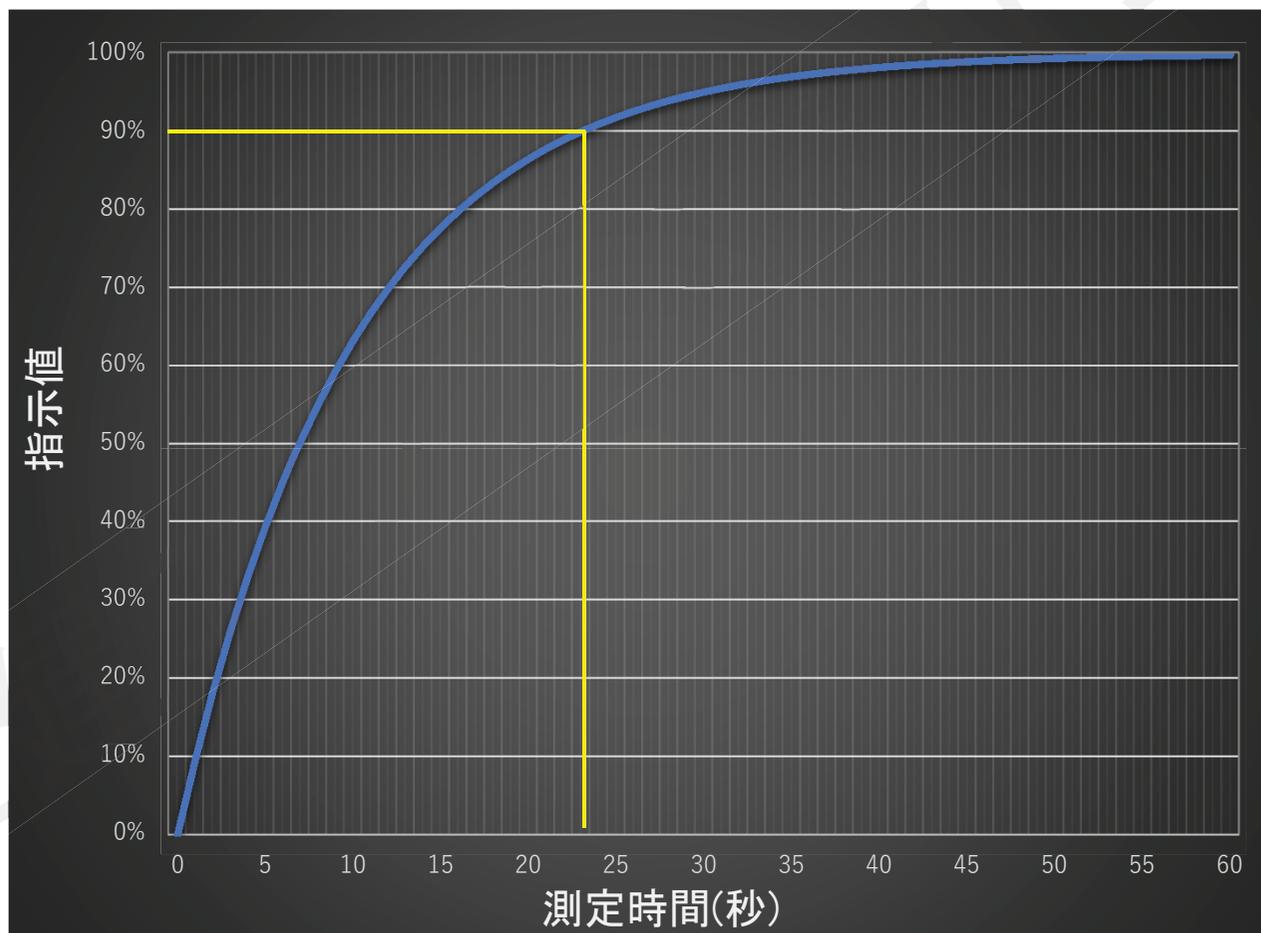
注意)

応答時間について、メーカーで応答時間を求めた際の照射条件が漏えいX線量測定に比して高い線量(数十~数百  $\mu\text{Sv/h}$ )である場合がある。

→ この場合、漏えいX線量測定に応答時間を用いるのは適さない。メーカーに問い合わせが必要。

# 線量率モードによる測定について

例) 時定数=10秒の場合の応答時間  
最終指示値に対して90%になる時間  
→ 応答時間 = 23秒



## 線量率モードによる測定について

例) 漏えいX線量(率)の測定に広く用いられている、  
代表的な電離箱式サーベイメータの時定数

測定レンジ	時定数
～1 $\mu$ Sv/h	30秒
1～ 10 $\mu$ Sv/h	10秒
10～100 $\mu$ Sv/h	3秒
100 $\mu$ Sv/h～	1秒

線量率モードによる測定では、時定数の3倍以上(表示値が安定してから)の時間経過後に表示値を読み取ることとされている。

## ① 線量率モードによる測定方法

線量率モードでは，漏えいX線量率(単位： $\mu\text{Sv/h}$ )の測定を行う。

### ○線量率モードによる測定の対象

透視，パルス透視，一部の骨塩定量分析など，サーベイメータの測定レンジに対応する時定数の3倍以上の時間，連続して照射を行うもの。

## ① 線量率モードによる測定方法(要点)

### (1) 漏えいX線量率(単位： $\mu\text{Sv/h}$ )の測定

- 1) X線装置の通常使用時の患者位置にファントムを設置する。
- 2) X線装置の通常使用時に想定される照射方向，照射距離，照射条件，照射野を設定する。
- 3) 前述の測定箇所サーベイメータを配置する。その際は，サーベイメータの検出部を漏えいX線に対して最も検出効率が高くなる向きに配置する。
- 4) サーベイメータ配置後，X線を照射し，サーベイメータの時定数の3倍以上の時間経過後から，時定数の間隔で複数回(3回程度)，サーベイメータの表示値を読み取る。
- 5) 読み取ったそれぞれの表示値にサーベイメータの校正定数を乗じ，その平均値を測定箇所の測定値とする。

# ① 線量率モードによる測定方法(要点)

## (2) バックグラウンド放射線量率の測定

- 1) X線が照射されていない状態で、前述の測定箇所のうち、放射線量率が最も低いと考えられる箇所にサーベイメータを配置後、サーベイメータの時定数の3倍以上の時間経過後から、時定数の間隔で複数回(3回程度)、サーベイメータの表示値を読み取る。
- 2) 読み取ったそれぞれの表示値にサーベイメータの校正定数を乗じ、その平均値をバックグラウンド放射線量率とする。

(参考)

漏えい線量(率)は、測定箇所の平均値からバックグラウンド放射線量(率)を差し引いて求める。よって、安全側評価の観点から、バックグラウンド放射線量率の測定箇所は、X線診療室の近傍で、最も放射線量率が低いと想定される箇所としている。

## ① 線量率モードによる測定方法(要点)

### (3) 漏えいX線量率の算定

測定箇所の漏えいX線量率は，測定箇所の測定値から，バックグラウンド放射線量率を減じて求める。

(参考)

線量率モードによる測定では，表示値にばらつきが生じるため，表示値を複数回読み取り，その平均値を用いる。

線量率モードでのサーベイメータの表示値の読み取りについて，表示値の読み取りが恣意的にならないよう，あらかじめ決められた時間間隔をもって表示値を読み取る必要があり，JIS Z 4716では時定数の間隔で，複数回読み取りすることと規定されている。

# ① 線量率モードによる測定方法(要点)

サーベイメータを測定箇所に配置



時定数の3倍以上の時間経過後



表示値読み取り

(1回目)



時定数の時間経過後

1回目の表示値 × 校正定数



2回目

2回目の表示値 × 校正定数



時定数の時間経過後

3回目の表示値 × 校正定数



3回目

n 回目の表示値 × 校正定数



時定数の時間経過後

↓  
平均値



n 回目

↓  
測定箇所の測定値

## ② 積算モードによる測定方法

積算モードでは，漏えいX線量（単位： $\mu\text{Sv}$ ）の測定を行う。

### ○積算モードによる測定の対象

一般撮影，CT撮影，歯科撮影，透視装置・血管撮影装置での撮影，一部の骨塩定量分析など，サーベイメータの測定レンジに対応する時定数の3倍未満の時間，照射を行うもの。

## ② 積算モードによる測定方法(要点)

### (1) 漏えい放射線量の測定

- 1) X線装置の通常使用時の患者位置にファントムを設置する。
- 2) X線装置の通常使用時に想定される照射方向，照射距離，照射条件，照射野を設定する。
- 3) 前述の測定箇所サーベイメータを配置する。その際は，サーベイメータの検出部を漏えいX線に対して最も検出効率が高くなる向きに配置する。
- 4) サーベイメータ配置後，X線を照射し複数回(3回程度)照射後のサーベイメータの表示値を読み取る。
- 5) 読み取った表示値にサーベイメータの校正定数を乗じて，測定箇所の測定値とする。
- 6) 測定箇所毎にサーベイメータの積算時間を記録する。

## ② 積算モードによる測定方法(要点)

### (2) バックグラウンド放射線量率の測定

- 1) X線が照射されていない状態で、前述の測定箇所のうち、放射線量率が最も低いと考えられる箇所にサーベイメータを配置後、サーベイメータの時定数の3倍以上の時間経過後から、時定数の間隔で複数回(3回程度)、サーベイメータの表示値を読み取る。
- 2) 読み取ったそれぞれの表示値にサーベイメータの校正定数を乗じ、その平均値をバックグラウンド放射線量率とする。

## ② 積算モードによる測定方法(要点)

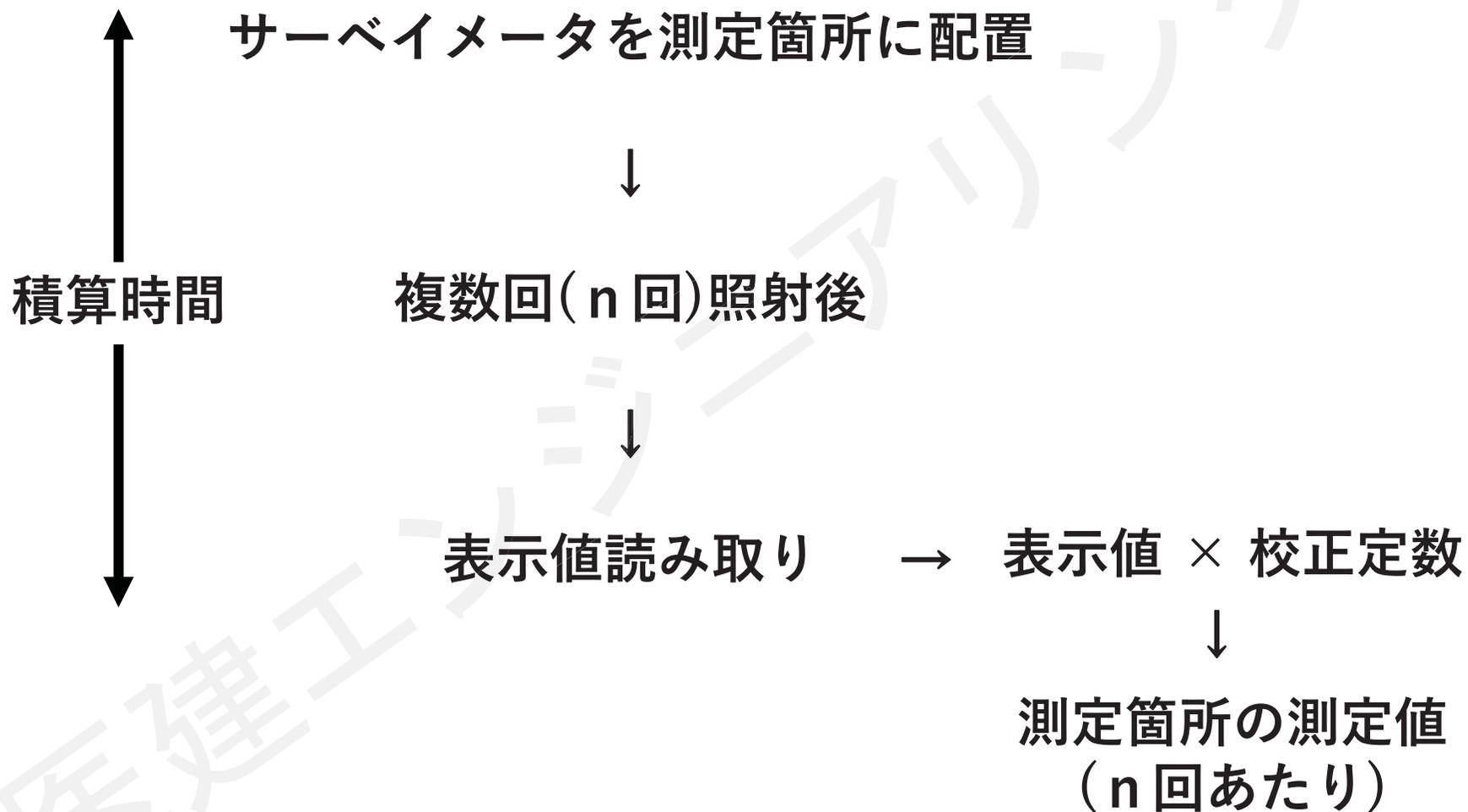
### (3) 漏えいX線量の算定

- 1) バックグラウンド放射線量率に測定箇所の積算時間を乗じ、バックグラウンド放射線量を求める。
- 2) 測定箇所の漏えいX線量は、測定箇所の測定値からバックグラウンド放射線量を減じて求める。
- 3) 1回照射当たりの漏えいX線量は、測定箇所の漏えいX線量を測定を行った際の照射回数で除して求める。

#### (注意)

- 1) 積算モードでの表示値は、測定開始から終了までの時間と同じ時間分のバックグラウンド放射線量も含まれるため、漏えいX線量は、測定値から積算した時間分のバックグラウンド放射線量を減じた値となる。
- 2) JIS Z 4716では、積算モードで、1回あたり5秒以上継続する照射を測定する場合は、1回の照射後に読み取ってもよいこととされている。

## ② 積算モードによる測定方法(要点)



### ③ 移動型 X 線装置の散乱 X 線量(率)の測定

JIS Z 4716では、移動型 X 線装置の散乱 X 線量の測定方法は規定されていないが、測定的機會も多いことから、JESRA規格では規定している。

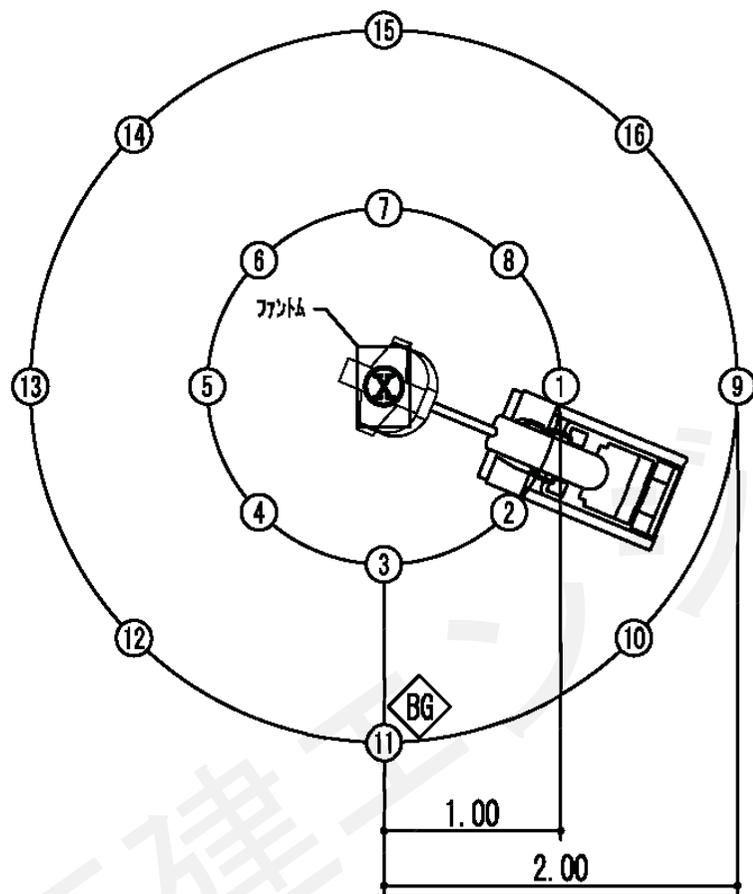
#### ○散乱 X 線量(率)の測定

- ・ 移動型透視用 X 線装置 → 散乱 X 線量率(線量率モード)を測定。
- ・ 移動型 X 線撮影装置 → 散乱 X 線量(積算モード)を測定。
- ・ X 線診療室内で X 線装置の操作を行う場合の操作位置での散乱 X 線量(率)の測定。(X 線診療室内で操作を行う骨塩定量分析装置については、必要であれば、X 線管焦点から 1m の散乱 X 線量(率)も測定を行う。)

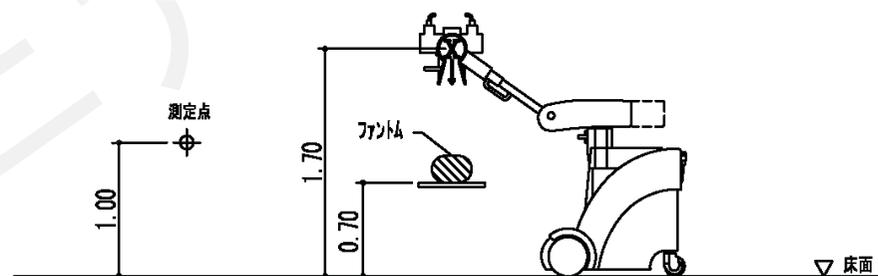
### ③ 移動型 X 線装置の散乱X線量(率)の測定方法 (要点)

- 1) 散乱X線量(率)の測定には必ず、被ばく防護用具(防護衣等)を着用し、できる限り線源から体幹を離すようにする。
- 2) 測定箇所は散乱X線の発生起点から周囲1 m及び2 mの円周状の45度間隔ごとし、床または地面から1mの高さとする。
- 3) サーベイメータを、説明書等を確認し、散乱X線の検出に対して最も適する向きに配置する。
- 4) その他方法については、前述の線量率モード、及び、積算モードと同様。

### ③ 移動型 X 線装置の散乱 X 線量(率) 測定箇所例



平面図



立面図

## 測定結果の記録

### ○漏えいX線量(率)の測定結果

- ・測定施設名称及び室名称
- ・測定責任者名
- ・X線装置の製造業者名，型式及び製造年月及び製造番号
- ・ファントムの種類及び寸法
- ・サーベイメータの製造業者名，種類，型式及び校正年月
- ・測定日時，気温及び気圧
- ・測定条件(管電圧，管電流，照射時間，照射方向及び照射距離)
- ・測定箇所を明示した平面図及び立面図
- ・測定箇所ごとの放射線量(率)の測定値
- ・バックグラウンド放射線量(率)の測定値又はバックグラウンド放射線量
- ・測定箇所ごとの漏えいX線量率又は1回照射あたりの漏えいX線量
- ・JIS Z 4716を用いて漏えいX線量(率)の測定を行った旨の記録

(参考)

- ・医療法施行規則 第30条の22(放射線障害が発生するおそれのある場所の測定)
- ・電離放射線障害防止規則 第54条(線量当量率等の測定等)

## (参考)

○漏えいX線量の測定値の取扱いについて

JESRA規格では、統計学的手法を用いてサーベイメータの定量限界値を求め、測定記録とすることを推奨している。

統計学的に、複数回の測定から得られた測定値はある程度のばらつきを持つ。

得られた測定値が、統計学的に(バックグラウンドに起因する値ではなく)「漏えいX線に起因する値である」と判断されるしきい値を求め、その値以上の数値であれば定量性があり、逆に、その値未満の数値であれば(バックグラウンドに起因する値なのか)「漏えいX線に起因する値なのか不明確」であり、定量性がない旨を、測定記録に記述することを推奨している。

少々難解ですが、正確な測定値を得るために必要となります。  
詳細はマニュアルをご覧ください。

## ●JIS Z 4716 X線診療室の漏えいX線量の測定方法

- ・ JIS Z 4716は日本規格協会JSA Webdeskにて購入可能です。  
URL:<https://webdesk.jsa.or.jp/>
- ・ 日本産業標準調査会データベース検索サイトで閲覧のみ可能です。  
URL:<https://www.jisc.go.jp/app/jis/general/GnrJISSearch.html>

## ●X線診療室の管理区域漏えいX線量測定マニュアル

日本画像医療システム工業会発行 (JESRA TR-0040 \* B-2019)  
最新は2019年4月1日改正版  
日本画像医療システム工業会ホームページよりダウンロード  
可能です。

ご静聴ありがとうございました。