

放射線関係法規 3

Regulations for radiation protection

平成24年 国家試験 解答 4

放射線診療従事者の放射線防護体系に対する考え方の順序で正しいのはどれか。

1. 防護の最適化 → 個人の線量限度 → 行為の正当化
2. 防護の最適化 → 行為の正当化 → 個人の線量限度
3. 行為の正当化 → 個人の線量限度 → 防護の最適化
4. 行為の正当化 → 防護の最適化 → 個人の線量限度
5. 個人の線量限度 → 防護の最適化 → 行為の正当化

ICRP（国際放射線防護委員会）から提案された 放射線防護体系の三原則

（1）行為の正当化

放射線被ばくを伴ういかなる行為も、その導入が
プラスの便益を生むこと

（2）防護の最適化

社会的・経済的要因を考慮に入れながら合理的に
達成できる限り低く被ばく線量を制限すること

（3）個人の線量限度

医療被曝を除くすべての計画被曝状況（放射性廃棄物の処分など）では線量限度を超えないように。

組織荷重係数(ICRP 2007 年勧告)が
0.1 を超えるのはどれか。 2 つ選べ。

1. 肺
2. 食 道
3. 乳 房
4. 甲状腺
5. 唾液腺

2007年ICRP勧告から
Weighting factor の翻訳は
加重係数と表記されることになった。
荷重係数の表記は誤り。

等価線量を算出するのに必要なのはどれか。
2つ選べ。

1. 組織重量
2. 線質係数
3. 組織荷重係数
4. 放射線荷重係数
5. 組織の平均吸収線量

2007年ICRP勧告から
Weighting factor の翻訳は
加重係数と表記されること
になった。
荷重係数の表記は誤り。

臓器や組織の感受性の違いを補正する**組織加重係数 W_T** (**tissue weighting factor**)という係数があり、1人の人間が受けた線量(実効線量と呼ばれる)は各組織の受けた生物学的効果に比例する量の合計として定義される。

組織荷重係数 (2007 年勧告)

組織・臓器	組織荷重係数 W_T
乳房	0.12
骨髄(赤色)	0.12
結腸	0.12
肺	0.12
胃	0.08
生殖腺	0.08
甲状腺	0.04
食道	0.04
肝臓	0.04
膀胱	0.04
骨表面	0.01
皮膚	0.01
脳	0.01
唾液腺	0.01
残りの組織・臓器	0.12

線量等量 (Sv) = 吸収線量 (Gy) x 線質係数 Q

等価線量 (Sv) = 組織の平均吸収線量 (Gy)
x 放射線加重係数 W

実効線量 (Sv) = Σ (等価線量 (Sv) x 組織加重係数 W_T)

放射線加重係数W_R 線質計数 Q

放射線の種類とエネルギー範囲	放射線加重係数W _R	線質計数Q
光子，すべてのエネルギー	1	1
電子およびμ粒子，すべてのエネルギー	1	1
中性子エネルギー：En		10
En < 1 MeV	$2.5 + 18.2e^{-[\ln(En)]^2/6}$	10
1 MeV ≤ En ≤ 50 MeV	$5.0 + 17.0e^{-[\ln(2En)]^2/6}$	10
En > 50 MeV	$2.5 + 3.25e^{-[\ln(0.04En)]^2/6}$	10
陽子および荷電パイオン，すべてのエネルギー	2	10
α粒子，核分裂片，重原子核	20	20

平成24年 国家試験 解答 2、3

診療放射線技師法で正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 医師の指示の下に、放射性同位元素を人体内に挿入することができる。
2. 免許を取り消された者は、10日以内に、免許証を厚生労働大臣に返納しなければならない。
3. 医師又は歯科医師の具体的な指示を受けなければ、放射線を人体に対して照射してはならない。
4. 免許証を失い、再交付を受けた後、失った免許証を発見したときは、旧免許証を30日以内に、厚生労働大臣に返納しなければならない。
5. 多数の者の健康診断を一時に行う場合において、100万電子ボルト未満のエネルギーを有するエックス線を照射するときは医師の立会いを必要としない。

診療放射線技師法

（免許証） 第八条

免許証を失い、又は破損した者は、申請により免許証の再交付を受けられる。

免許証の再交付を受けた後、失った免許証を発見したときは、旧免許証を**十日以内**に、厚生労働大臣に返納しなければならない。

（免許証の返納） 第十一条

免許を取り消された者は**十日以内**に免許証を厚生労働大臣に返納しなければならない。

診療放射線技師法（定義）

第二条

2 この法律で「診療放射線技師」とは、厚生労働大臣の免許を受けて、**医師又は歯科医師の指示の下に、放射線を人体に対して照射**（撮影を含み、照射機器又は放射性同位元素（その化合物及び放射性同位元素又はその化合物の含有物を含む。）を**人体内に挿入して行なうものを除く。**以下同じ。）することを業とする者をいう。

診療放射線技師は、令和3年度から
静脈穿刺ができるようになった。
医師、看護師によって既に静脈穿刺が
実施されている静脈に、造影剤を注入
する作業もできる。RIは投与できない。

検査終了後の抜針も可能になった。
(最近法改正された。)

放射線技師も針刺し事故の危険あり。
(肝炎やH I V感染に注意が必要。)

診療放射線技師法 第二十六条

（業務上の制限）

診療放射線技師は、**医師又は歯科医師の具体的な指示を受けなければ、放射線を人体に対して照射してはならない。**

診療放射線技師は、病院又は診療所以外の場所においてその業務を行ってはならない。

ただし、次に掲げる場合は、この限りでない。

一 医師又は歯科医師が診察した患者について、医師又は歯科医師の指示を受け、出張して百万電子ボルト未満のエネルギーを有するエックス線を照射する場合。

二 多数の者の健康診断を一時に行う場合において、胸部エックス線検査（コンピュータ断層撮影装置を用いた検査を除く。）その他の厚生労働省令で定める検査のため百万電子ボルト未満のエネルギーを有するエックス線を照射するとき。

三 多数の者の健康診断を一時に行う場合において、医師又は歯科医師の立会いの下に百万電子ボルト未満のエネルギーを有するエックス線を照射するとき。

医療法施行規則におけるエックス線診療室の構造設備基準はどれか。2つ選べ。

1. 人が常時出入りする出入口は1か所とする。
2. エックス線診療室である旨を示す標識を付す。
3. 主要構造部は耐火構造とする。
4. エックス線発生時に自動的にその旨を表示する装置を設ける。
5. 画壁の外側を人が通行する可能性がある場合は、画壁の遮へい能力を 1 mSv / 週 以下とする。

医療法施行規則 構造設備 第30条の4

エックス線診療室の構造設備の基準は、次のとおりとする。

(1) 天井、床及び周囲の画壁（以下『画壁等』という。）は、その**外側**における実効線量が**1週間につき1ミリシーベルト**以下になるように遮蔽することができるものとする。ただし、その外側が、人が通行し、又は停在することのない場所である画壁等については、この限りでない。

(2) エックス線診療室の**室内には、エックス線装置を操作する場所を設けない**こと。ただし、第30条第4項第3号に規定する箱状の遮蔽物を設けたとき、又は近接透視撮影を行うとき、若しくは乳房撮影を行う等の場合であっても必要な防護物を設けたときは、この限りでない。

(3) エックス線診療室である旨を示す**標識を付すること**。

医療法施行規則 構造設備 第30条の6

診療用放射線照射装置使用室の構造設備の基準。

- (1) 主要構造部は、耐火構造又は不燃材料を用いる。
- (2) 画壁等は、その外側における実効線量が1週間につき1ミリシーベルト以下になるように遮蔽できるものとする。ただし、その外側が、人が通行し、又は停在することのない場所である画壁等については、この限りでない。
- (3) 人が常時出入りする出入口は、1箇所とし、当該出入口には、放射線発生時に自動的にその旨を表示する装置を設けること。
- (4) 診療用放射線照射装置使用室である旨を示す標識を付すること。

^{131}I を 37 MBq 投与された直後の患者と 2 m の距離で 1 時間同席した場合、同席者の被ばく線量 [μSv] に最も近い値はどれか。

^{131}I の 1 cm 線量当量率定数は $0.065 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ とする。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| 1. 0.3 | 3. 1.2 | 5. 4.8 |
| 2. 0.6 | 4. 2.4 | |

$$0.065 \times 37 \times 1 / 2^2 = 0.6 \mu\text{Sv}$$

Basedow病 に対する ^{131}I 内服治療

^{131}I 内服量は、約10mCi (370 MBq)。

内服後患者からの放射能は $30 \mu\text{Sv/h/m}$ を超えないので、一般環境に出ても一般公衆に被曝はない。外来で内服可能。入院不要。

^{131}I は β 線と γ 線を放出する。

β 線で甲状腺組織を破壊する治療効果。

^{131}I 内服1～3ヶ月で、甲状腺縮小、甲状腺機能の正常化～低下を認める。

被曝線量は、

時間と比例する。

線源の放射能と比例する。

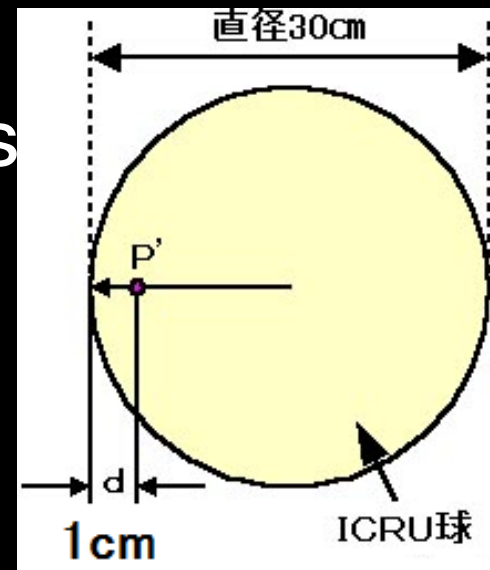
線源の1cm線量等量率定数と
比例する。

線源との距離の2乗と反比例する。

1cm線量等量率定数

線量指標の定義を α 線、 β 線などの透過力の低い放射線にも使えるように考慮した指標。
密度が $1\text{g}/\text{cm}^3$ 、直径30cmの人体軟組織等価球体モデル(ICRU球)の外側1cm厚の線量。

ICRUとは国際放射線単位・測定委員会
International Commission on
Radiation Units and Measurements



平成24年 国家試験 解答 (4)、5 (現在の法律では、4は誤り)

放射線診療従事者の線量限度の組合せで正しいのは
どれか。2つ選べ。

1. 実効線量 ————— 20 mSv/年
2. 女子の実効線量 ————— 2 mSv/3月
3. 皮膚の等価線量 ————— 300 mSv/年
4. 眼の水晶体の等価線量 ————— 150 mSv/年
5. 緊急作業における実効線量 — 100 mSv

医療法施行規則で定められた線量限度 第30条の27

放射線診療従事者等に係る**実効線量限度**は、次のとおりとする。

ただし、放射線障害を防止するための**緊急を要する作業**に従事した放射線診療従事者等（女子については、妊娠する可能性がないと診断された者及び妊娠する意思がない旨を病院又は診療所の管理者に書面で申し出た者。）に係る実効線量限度は、**100ミリシーベルト**とする。

(1) 平成13年4月1日以後**5年ごと**に区分した各期間につき**100ミリシーベルト**

(2) 4月1日を始期とする**1年間**につき**50ミリシーベルト**

(3)女子(妊娠する可能性がないと診断された者、妊娠する意思がない旨を病院又は診療所の管理者に書面で申し出た者及び次号に規定する者を除く。)については、前2号に規定するほか、4月1日、7月1日、10月1日及び1月1日を始期とする各3月間につき5ミリシーベルト

(4)妊娠中である女子については、第1号及び第2号に規定するほか、本人の申出等により病院又は診療所の管理者が妊娠の事実を知った時から出産までの間につき、内部被ばくについて1ミリシーベルト

放射線診療従事者等に係る等価線量限度

- (1) 眼の水晶体については、令和3年度から5年間で100ミリシーベルト。 および、50ミリシーベルトを超える1年があってはならない
- (2) 皮膚については、4月1日を始期とする1年間につき500ミリシーベルト（緊急放射線診療従事者等に係る皮膚の等価線量限度は、1シーベルト）
- (3) 妊娠中である女子の腹部表面については、前項第4号に規定する期間につき2ミリシーベルト

測定機器と測定対象の組合せで正しいのはどれか。

1. レムカウンタ ————— 排液中の放射性同位元素濃度
2. フリッケ線量計 ————— 個人被ばく線量
3. 個体飛跡検出器 ————— 排気中の放射性同位元素濃度
4. GM サーベイメータ ————— 作業台の表面汚染密度
5. ハンドフットクロスモニタ — 管理区域内の空間線量率

レムカウンタ 中性子検出器。

^3He や BF_3 ガスを封入した比例計数管。
核反応を利用し、**熱中性子**を測定

中性子のエネルギー領域は、熱中性子(0.025eV)から高速中性子(10MeV)まで広範囲であるが、レムカウンタは、検出部の材質や形状に工夫をこらし、直接的に線量当量率の単位で表示する。



GM計数管（ガイガー・ミュラー計数管）

円筒形の内部にHe、Ar等の不活性ガスが封入され、中心電極に約1000Vの電圧が加えられている。

γ (X) 線は、壁材と反応して内部に電子を放出させ、電子は内部のガスに電離を引き起こし、電離で生じたイオンがきっかけとなって管内に放電が起き、放電によるパルスを計測することにより測定が行われる。

GMサーベイメータは、約 $0.1\mu\text{Sv/h}$ の線量当量率から測定できるので感度が高く応答も速いので使いやすい。

β 線による表面汚染の検査には、**大面積端窓型GM計数管**を用いる。



電離箱検出器 ion chamber (IC)

プラスチックで作られた円筒形の容器に空気やアルゴンガスが入っており、中心電極と壁材の間に電圧を加えておき、電離箱内に電場を作っている。この中に γ (X) 線が入射すると、空気が陽イオンと陰イオンに電離され、電極にイオンが集められ電極間に電位差が生じて電流が発生する。この微小電流を増幅して表示する測定器。

電離箱式サーベイメータは、感度は低いが($1 \sim 1000 \mu\text{Sv/h}$)、30keV以上の光子に対しエネルギー特性が良好で、精度の高い測定ができる。方向特性も良好であり、散乱線の測定に適する。



シンチレーション検出器

放射線が入射するとシンチレータは微少な光を発し、この光を光電子増倍管で電流に変換して増幅し、得られるパルス電流を計数することにより放射線を測定する。主として γ (X) 線用ではNaI(Tl)シンチレータが用いられる。

γ (X) 線用のシンチレータの感度は、GM管式や電離箱式より優れている($0.05 \sim 30 \mu\text{Sv/h}$)。

一般環境等の微少な放射線測定に有効(**空間線量率測定**など)。



管理区域から退出する際は、
ハンドフットクロスモニタで、
手足(靴、スリッパ)、作業衣等
に汚染がないことを検査する。

履物は脱がずに汚染検査する

万一、手足(靴、スリッパ)等に
放射性汚染が検出された時は、
準備されている除染剤を使っ
て洗浄し、汚染を除去する。



化学線量計

10Gy以上の高線量の測定(穀物照射など)に使う。

フリッケ線量計 (鉄線量計)

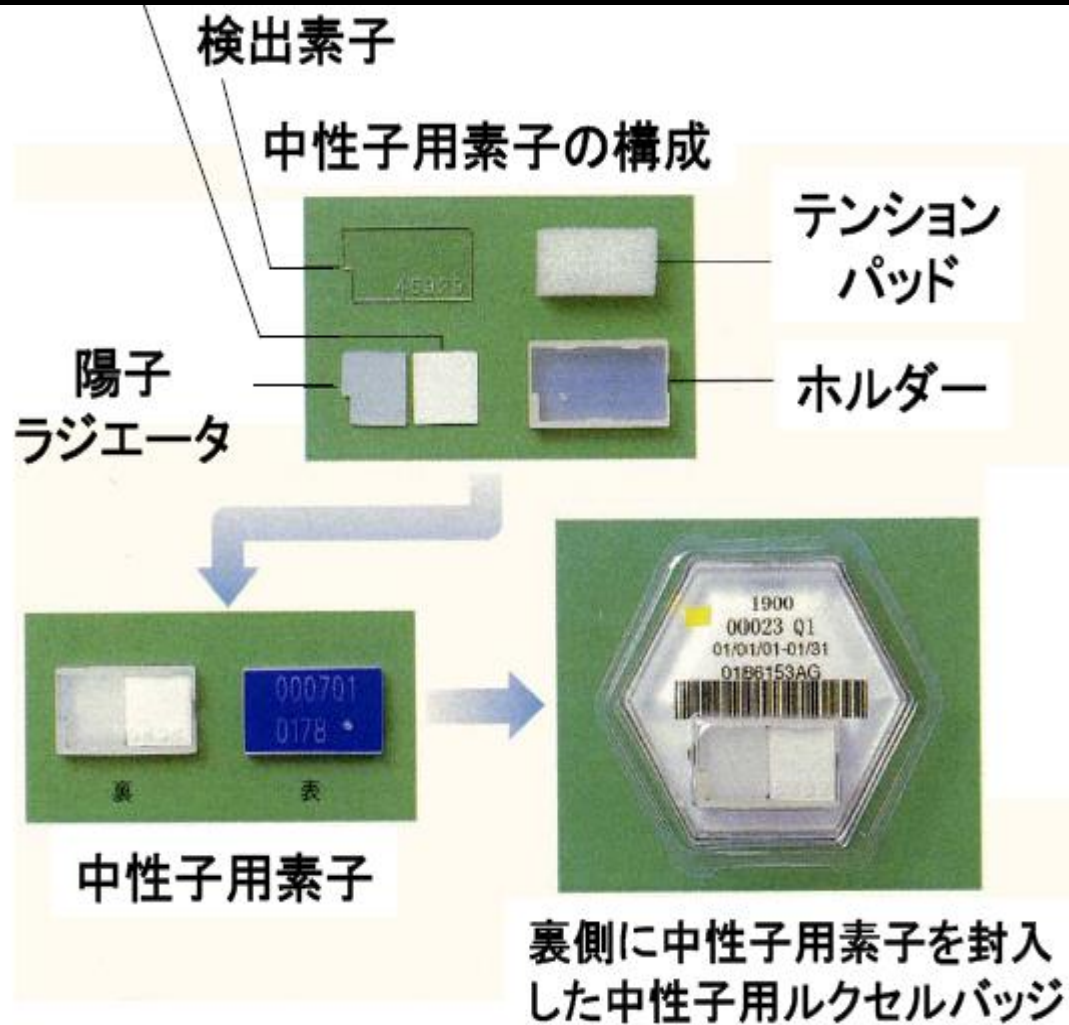
二価の鉄イオン Fe^{2+} が放射線で三価 Fe^{3+} になる酸化反応を利用した線量計。

セリウム線量計

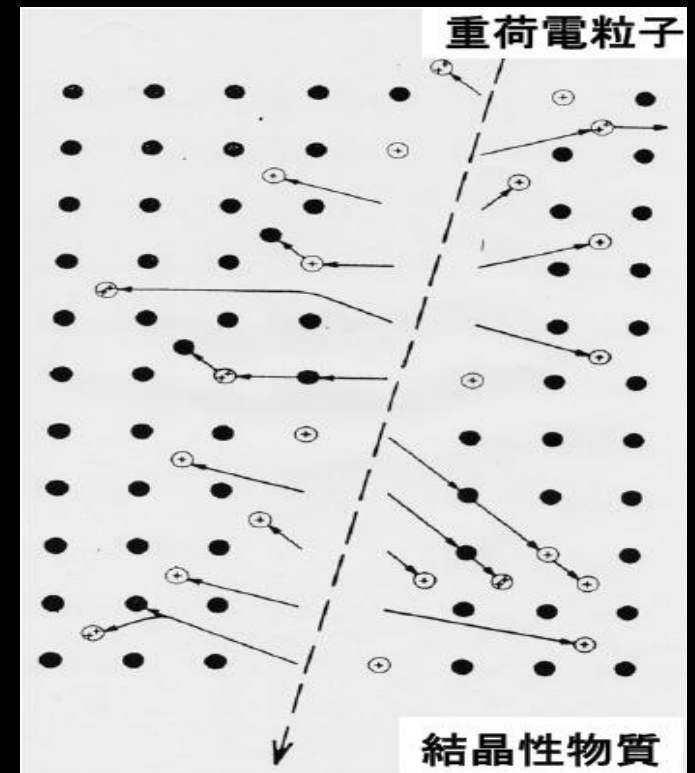
四価のセリウムイオン Ce^{4+} が放射線で三価 Ce^{3+} になる還元反応を利用した線量計。

フリッケ線量計より感度は低い。

固体飛跡検出器 Solid State Nuclear Track Detector



高エネルギーイオンの
通り道である飛跡を分
析して同イオンの核種
やエネルギーを同定す
る放射線検出器



固体飛跡検出器を使った
中性子線量計

表面汚染の管理で正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 傷口の汚染は直ちに温流水で洗い流す。
2. 体内摂取防止には乾式除染が有効である。
3. 皮膚の除染には消毒用エタノールを用いる。
4. 表面汚染の検出にはスミア法が有効である。
5. 表面密度限度の5分の1以下であれば
管理区域外へ持ち出してよい。

放射能汚染除去 除染作業 の原則

1. 早く除染する。 時間経過とともに除染は困難化。
2. 汚染範囲の拡大防止。汚染部分の明確化。
除染作業は汚染範囲の外側から内側へ実施。

汚染防護紙は吸水性のある側を表面に敷く。
(汚染液体が拡散する範囲を狭くできる。)
3. 湿式作業で行う。粉塵吸入(内部被曝)を防ぐ。
4. 除染作業で生じる放射性廃棄物を少なくする。

表面汚染検査 電離放射線障害防止規則

放射線施設内の人が常時立ち入る場所における物の表面密度限度が、 α 線を放出する核種について 4Bq/cm^2 、 α 線を放出しない核種について 40Bq/cm^2 と定められている。

また、管理区域から持ち出される物品は、放射線管理の手を離れ、一般公衆と直接接触する恐れがあることなどから、表面密度限度の $1/10$ （ α 線を放出する核種は 0.4Bq/cm^2 、 α 線を放出しない核種は 4Bq/cm^2 ）を越えるものはみだりに持ち出さない（ $1/10$ 以下であれば良い）。

表面密度の測定法は、汚染の形態をふまえ、**直接測定法**と**間接測定法**がある。

直接測定法は**サーベイ法**ともいい、対象物表面を直接、汚染検査用サーベイメータで走査しながら測定する方法。

遊離性と**固着性汚染**の和、すなわち全汚染量の測定ができる。この方法は、点状の汚染の検出や汚染の広がりの程度を調べるのに効果的であるが、**外部放射線の影響を受けやすく**、検出できる最小の表面密度（検出限界）が検出器の**窓面積で制限される**などの欠点もある。

間接測定法は、対象物表面の一定面積（通常 100cm^2 ）を、ろ紙、化学雑巾などでふき取り、付着した放射能を測定して間接的に**遊離性汚染**の程度を評価する方法（**スミヤ法**）である。

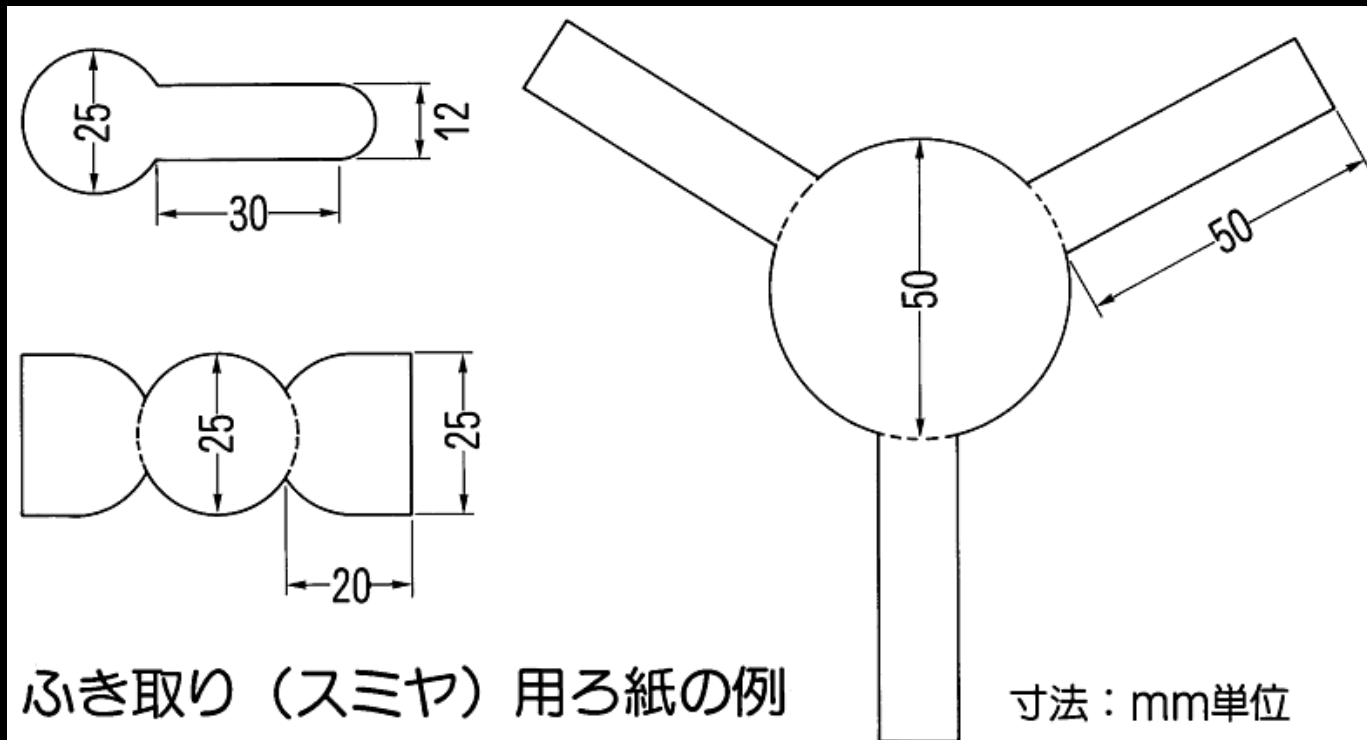
試料の測定には、GM計数管式、ガスフロー式あるいはシンチレーション式計数装置を用いる。

この方法は、試料の採取と測定を分離して行えるため**外部放射線の影響を受けることはない**が、局所的な汚染を見落とす可能性があるなどの欠点がある。

スミヤ法で表面密度を評価する場合には、**ふき取り効率**を考慮する必要がある。

その値は、試料採取前の**遊離性汚染**の放射能に対する1回のふき取りで試料に付着する放射能の割合で表され、種々の因子によって異なるが、

非浸透性の材料については**50%**、**浸透性**の材料については**5%**、両者の区分を設けないときには**10%**が用いられる。



公衆被ばくとみなされるのはどれか。

1. ジェット機のパイロットの被ばく
2. 放射線業務従事者の胎児の被ばく
3. X線撮影された患者の介助者の被ばく
4. X線を用いた臨床研究の志願者の被ばく
5. 放射性同位元素を利用する研究者の被ばく

対象による被曝の区分

放射線防護の観点から、被曝は

職業被曝、公衆被曝、医療被曝 の三つに分類される。

平成29年 国家試験 解答 3, 5

線量限度が適用される被ばくはどれか。2つ選べ。

1. 患者を介助する家族の被ばく
2. 生物医学研究の志願者の被ばく
3. 放射線施設の近隣住民の被ばく
4. 画像誘導放射線治療の患者の被ばく
5. 診療放射線技師の業務に伴う被ばく

線量限度が適用される被ばく

= 上限の設定がある。 職業被曝と、公衆被曝。

(医療被曝 は、線量の上限が設定されていない。)

職業被曝 Occupational exposure

放射線業務従事者または放射線診療従事者が、業務の過程で受ける被曝。職業被曝に対する防護の責任は、事業者と作業員自身にあり、職業被曝をする人々は被曝管理、健康管理、定期的な教育・訓練を受けることなどが義務づけられている。被曝線量に対しては、法令で線量限度が決められており、放射線業務従事者はサーベイメーターなどを装着し、線量限度を超えないようにしなければならない。

職業被曝の線量限度 Dose limit

実効線量限度 Effective Dose limit

男性 100 mSv/5年 (50 mSv/年)

女性 5 mSv/3月

妊婦 内部被曝 1 mSv/出産まで

等価線量限度 Equivalent Dose limit

水晶体 100 mSv/5年

皮膚 500 mSv/年 (緊急 1000)

妊婦腹部表面 2 mSv/出産まで

医療法施行規則で定められた線量限度 第30条の27

放射線診療従事者等に係る**実効線量限度**は、次のとおりとする。

ただし、放射線障害を防止するための**緊急を要する作業**に従事した放射線診療従事者等（女子については、妊娠する可能性がないと診断された者及び妊娠する意思がない旨を病院又は診療所の管理者に書面で申し出た者。）に係る実効線量限度は、**100ミリシーベルト**とする。

(1) 平成13年4月1日以後**5年ごと**に区分した各期間につき**100ミリシーベルト**

(2) 4月1日を始期とする**1年間**につき**50ミリシーベルト**

(3)女子(妊娠する可能性がないと診断された者、妊娠する意思がない旨を病院又は診療所の管理者に書面で申し出た者及び次号に規定する者を除く。)については、前2号に規定するほか、4月1日、7月1日、10月1日及び1月1日を始期とする各3月間につき5ミリシーベルト

(4)妊娠中である女子については、第1号及び第2号に規定するほか、本人の申出等により病院又は診療所の管理者が妊娠の事実を知った時から出産までの間につき、内部被ばくについて1ミリシーベルト

放射線診療従事者等に係る等価線量限度

- (1) 眼の水晶体については、令和3年度から5年間に付き100ミリシーベルト、およびその期間に、50ミリシーベルトを超える1年は認めない。
- (2) 皮膚については、4月1日を始期とする1年間に付き500ミリシーベルト（緊急放射線診療従事者等に係る皮膚の等価線量限度は、1シーベルト）
- (3) 妊娠中である女子の腹部表面については、前項第4号に規定する期間につき2ミリシーベルト

公衆被曝 Public exposure

職業被曝、医療被曝以外の被曝、すなわち、
原子力・放射線利用に伴う一般の人々の被曝
(例えば原子力施設の周辺の住民の被曝など)。

放射線業務従事者の胎児の被曝は、
胎児側の立場では公衆被曝。

一般公衆の実効線量限度は、 $1\text{mSv}/\text{年}$ 。

医療被曝 Medical exposure

医療現場における、患者の病気の診断や治療を目的とした意図的な放射線照射による被曝。

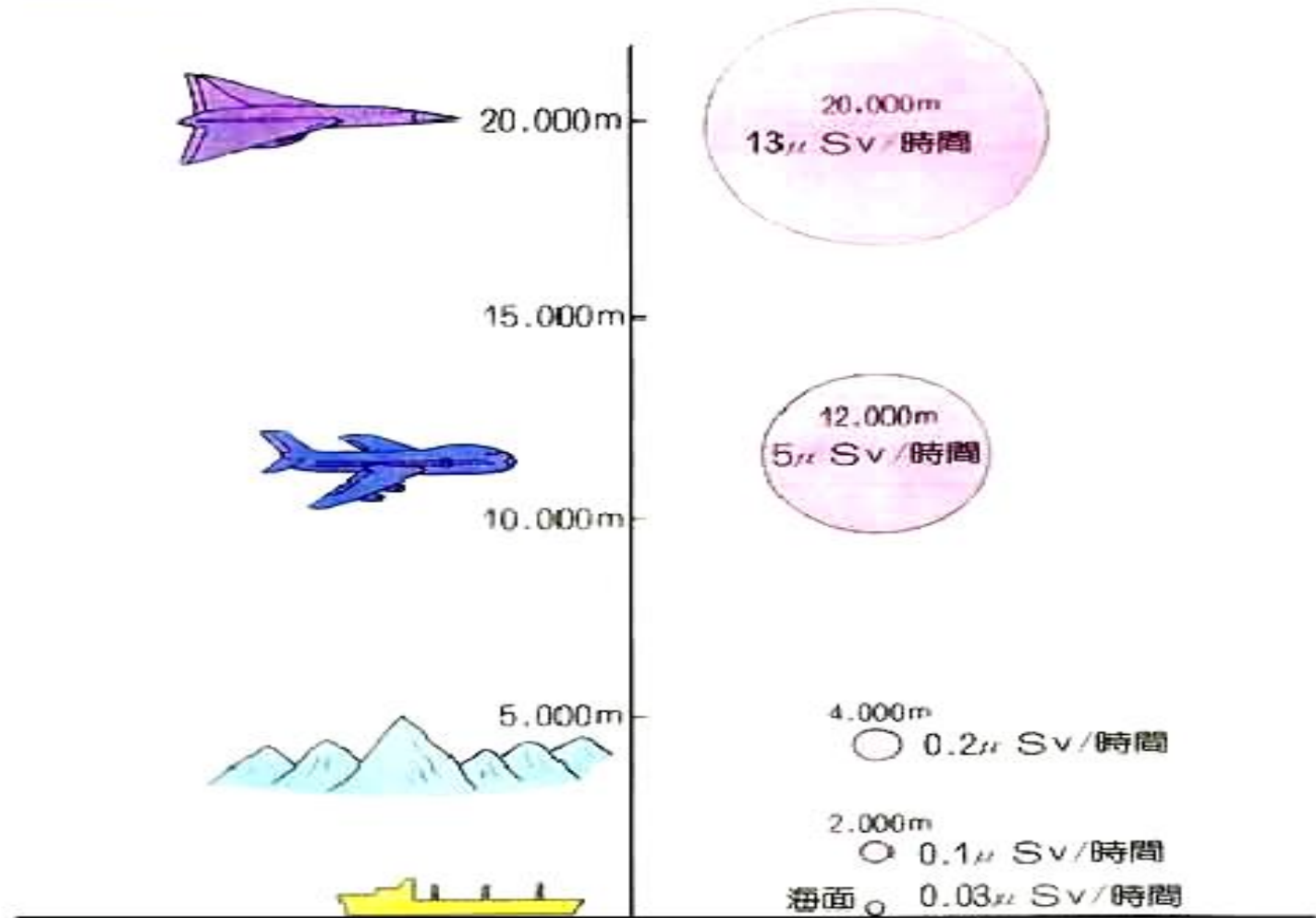
患者の介護者の(意図的な)被曝も医療被曝。
健常ボランティアの(意図的な)被曝も医療被曝。

医療被曝には、線量限度は存在しない。

法律で規制される被曝限度には、
医療被曝によるものは含まれない。

飛行機は宇宙線で 1 時間 $5\mu\text{Sv}$ の被曝。
乗務員は職業被曝。

宇宙線の高度変化



被ばくの分類について正しいのはどれか。

1. IVR 術者の被ばく ————— 医療被ばく
2. 航空機の客室乗務員の被ばく ————— 公衆被ばく
3. 患者の介護を行う家族の被ばく ————— 職業被ばく
4. 医学研究における志願者の被ばく ————— 職業被ばく
5. 母体が受けた医療行為に伴う胎児の被ばく — 医療被ばく

胎児被ばくは、公衆被曝とも考えられるが、**公衆被曝は年間 1 mSv を超えてはいけない**ので 1 mSv を超える場合、医療被曝と解釈しなければ医療従事者が犯罪者に扱われる。