

放射線関係法規 5

Regulations for radiation protection

平成22年 国家試験

解答 5

X線CTの被検者の線量限度はどれか。

1. 1 mSv
2. 10 mSv
3. 100 mSv
4. 1,000 mSv
5. 規定なし

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。

放射線の影響でしきい値があるのはどれか。

2つ選べ。

1. 脱毛

4. 白血病

2. 肺癌

5. 遺伝的影響

3. 白内障

細胞には**DNA障害の修復機能**がある。

DNA障害箇所の修復が**不可能**な場合は、**細胞死**となり、**しきい値のある障害の原因**となる(**非確率的影響**、**確定的影響**)。

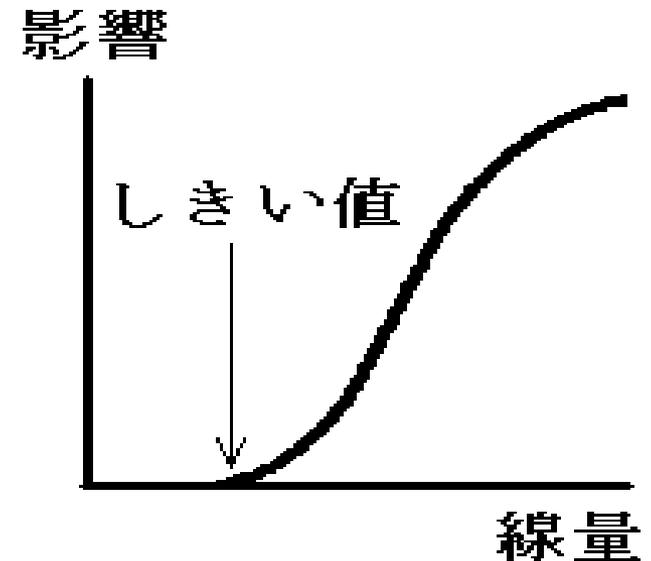
DNA障害箇所の修復が**不完全**な場合、**誤った情報を伴うDNAを持った突然変異細胞**が生じ、**しきい値のない障害の原因**となる(**確率的影響**)。

しきい値のある障害(非確率的、確定的影響)

細胞死が多量に生じない線量では、生存している細胞が組織や臓器の機能を代償し、症状として現れない。

非確率的影響は、しきい値以下の被曝線量であれば障害(症状)は発生しない。

例：
白内障(水晶体上皮細胞の損傷、繊維化)、
皮膚、生殖細胞、骨髄細胞の損傷など

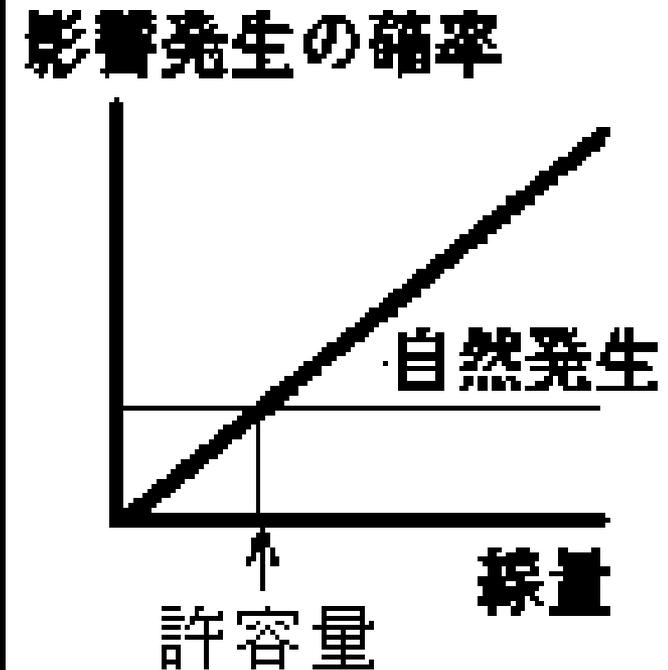


しきい値のない障害(確率的影響)

突然変異細胞がたとえ1個でも発生すれば、**発癌**や**遺伝的影響**の可能性が生じる。

被曝線量が増えると影響発現の**確率**は増加する。

確率的影響は、
低線量被曝に対しても
安全を保障できないことを
意味する。



各組織の**幹細胞**は分裂を繰り返し、分化度の高い**機能細胞**になる。

組織や臓器の機能を担っている機能細胞は細胞分裂せず、**一定期間の寿命を経て消滅**。

機能細胞の放射線感受性は低い。

(ただし **リンパ球** は例外。アポトーシスする。)

幹細胞の放射線感受性が、各組織や臓器の放射線感受性を決定する。

機能細胞の放射線感受性は低いので、
被曝を受けた直後は組織や臓器の機能
は保たれており、症状は出ない。

被曝後の幹細胞の死滅に伴い、
数日～数ヶ月後に機能細胞が不足し、
症状が出現する（非確率的影響）。

・各組織の急性障害（0.25～5 Sv 程度の被曝）

250 mSv 以下の被曝では症状は出ない。

白血球減少	250～1000	mSv
（被曝 1～2週で減少。リンパ球は 3ヶ月で回復。）		
脱毛	1000～3000	mSv
永久脱毛	3000～5000	mSv
皮膚紅斑	3000	mSv
水晶体混濁	2000	mSv
女子一時不妊	650～1500	mSv
男子一時不妊	1500	mSv

1mSvで、50万人に1人が一生の間に
白血病で死亡する。

被曝後3年で増加、**7年**でピークになる。

その他の癌の潜伏期は**20~30年**。

1mSvで男性は10万人に1人、
女性は1.5人が一生の間に**癌**で死亡する。

**自然被曝の量も考慮すると、どこまでの放射
能除染が安全かは決められない。**

胎児の障害

受精～9日目 胚の死亡 50 mSv

8週～15週 精神発達遅延 200 mSv

(8週～15週は神経細胞が増加する時期)

数十年前は胎児被曝100mSv以上は奇形発生が問題となり、中絶の適応を検討する必要あり、とされてきたが、

原爆被曝者の調査では胎児被曝による奇形や小児癌の増加は確認されていない。

遺伝的影響とは、被曝者の**次世代**における性比、発育、発癌頻度、死亡率の異常、奇形、染色体異常。

原爆被曝者の調査では遺伝的影響の**有意な増加は確認されていない**。

今後30年間の福島**の被曝者遺伝子追跡調査**が重要な結果を提供すると期待される。

少量被曝によるダウン症増加が報告されているが、本調査で確認されると思われる。

平成22年 国家試験 解答 3、4

診療放射線技師の行為で正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 緊急時には医師又は歯科医師の指示なしに放射線を人体に照射できる。
2. 医師の指示によって人体内に診療用放射線照射器具を挿入し照射を行う。
3. 診療放射線技師籍の登録事項に変更が生じたら 30 日以内に訂正を申請する。
4. 診療放射線技師でなくなった後も業務上知り得た人の秘密を漏らしてはならない。
5. 100 万電子ボルト未満のエネルギーを有する放射線を病院又は診療所以外の場所で照射する。

診療放射線技師法施行令 第五条

(登録)

免許は、試験に合格した者の申請により、**診療放射線技師籍に登録**することによって行う。

診療放射線技師法 第一条の四

(登録事項の変更)

診療放射線技師は、前条第二号の登録事項に変更を生じたときは、**三十日以内に、診療放射線技師籍の訂正を申請**しなければならない。

診療放射線技師法第二十九条

(秘密を守る義務)

診療放射線技師は、正当な理由がなく、その業務上知り得た人の秘密を漏らしてはならない。

診療放射線技師でなくなった後においても同様とする。

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（在宅医療におけるエックス線撮影の適用）。

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。

診療放射線技師法 第二条

(定義)

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。

在宅医療におけるエックス線撮影装置の安全な使用について

高齢化社会の進行、在宅医療の普及に伴い、患者の居宅におけるエックス線撮影の必要性が高まっていることから、今後、医療法施行規則第30条の14（使用場所の制限）において定めるエックス線装置がエックス線診療室以外で使用できる場合のうち、「特別の理由により移動して使用する」場所に、患者の居宅を含めることとしたので通知するものである。

平成22年 国家試験 解答 2、3

医療法施行規則で定められた場所と実効線量限度の組合せで正しいのはどれか。2つ選べ

1. 一般病室 _____ $250 \mu\text{Sv}/3 \text{ 月}$
2. 居住区域 _____ $250 \mu\text{Sv}/3 \text{ 月}$
3. 敷地境界 _____ $250 \mu\text{Sv}/3 \text{ 月}$
4. 管理区域境界 _____ $1 \text{ Sv}/3 \text{ 月}$
5. 人が常時立ち入る場所 _____ $1.3 \text{ mSv}/\text{週}$

線量限度

作業室

放射線業務従事者が常時立入る場所

線量限度は $1\text{mSv} / \text{週}$

(従事者が年間 50mSv 被曝しないように)

管理区域 $1.3\text{mSv} / 3\text{月}$ をこえるおそれ

病室の線量限度 $1.3\text{mSv} / 3\text{月}$

事業所の境界

線量限度は $250\mu\text{Sv} / 3\text{月}$

(部外者が年間 1mSv 被曝しないように)

医療法施行規則 第30条の17

(敷地の境界等における防護)

病院又は診療所の管理者は、放射線取扱施設又はその周辺に適当な遮蔽物を設ける等の措置を講ずることにより、病院又は診療所内の人が居住する区域及び病院又は診療所の敷地の境界における線量を第30条の26第4項に定める線量限度(250 μ Sv/3月)以下としなければならない。

医療法施行規則 第30条の19

(患者の被ばく防止)

病院又は診療所の管理者は、遮蔽壁その他の遮蔽物を用いる等の措置を講ずることにより、病院又は診療所内の病室に入院している患者の被ばくする放射線(診療により被ばくする放射線を除く。)の実効線量が3月間につき1.3ミリシーベルトを超えないようにしなければならない。

平成22年 国家試験 解答 1、3

医療法施行規則における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. 妊娠の意思がない女子 ————— 実効線量 50 mSv/年
2. 妊娠の意思がない女子 ————— 実効線量 150 mSv/5年
3. 妊娠可能な女子 ————— 実効線量 5 mSv/3月
4. 妊娠中の女子の内部被ばく ——— 実効線量 2 mSv/妊娠の申出から出産まで
5. 妊娠中の女子の腹部表面被ばく — 等価線量 1 mSv/妊娠の申出から出産まで

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、4月1日を始期とする1年間につき150ミリシーベルト（緊急放射線診療従事者等に係る眼の水晶体の等価線量限度は、300ミリシーベルト）
- (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

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(妊娠可能な) 5 mSv/3月

妊婦 内部被曝 1mSv/出産まで

等価線量限度 Equivalent Dose limit

水晶体 150 mSv/年

皮膚 500 mSv/年

妊婦腹部表面 2mSv/出産まで

放射線治療病室への一時立入者の個人被ばく測定に最も適しているのはどれか。

1. ガラスバッジ
2. ポケット線量計
3. サーベイメータ
4. フィルムバッジ
5. ハンドフットクロスモニタ

ポケット線量計

Pocket Dosimeter

半導体検出器 (CdTe) が使われている。

リアルタイムで線量が μSv 単位で表示される (直読式) ので、一時立入者に有効。

一時立入者には、 **$100 \mu\text{Sv}$** 以上の被曝をさせないようにする。

見学者、メンテナンス業者、清掃業者 など。



電子ポケット線量計

文部科学省告示 第十八条

一時的立入者であって放射線業務従事者でないものの測定に係る線量は、実効線量について**百マイクロシーベルト**とする。

一時的立入者の被曝は、
職業被曝ではない。
公衆被曝なので、年間1mSv以下。

組織荷重係数で正しいのはどれか。

1. 1 よりも大きい。
2. 放射線の種類によって異なる。
3. 確定的影響の線量評価に用いる。
4. 内部被ばくと外部被ばくとでは異なる。
5. 実効線量を定義するために導入された。

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。

組織加重係数は、
外部被曝と内部被曝の評価には
同じ値を使う。

臓器や組織の感受性の違いを補正する組織加重係数 (tissue weighting factor)

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) = 吸収線量 (Gy) x 放射線加重係数 W

実効線量 (Sv) = 等価線量 (Gy) x 組織加重係数 T

放射線荷重係数(2007年勧告)

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

個人被ばく線量計の装着で誤っているのはどれか。

1. IVR では頭頸部にも装着する。
2. プロテクタの内側に装着する。
3. 原則として男女ともに同じ位置に装着する。
4. 最も多く被ばくすると思われる部位にも装着する。
5. 指の局所被ばく測定にはリングバッジを装着する。

血管内治療 IVR

Interventional Radiology

大腿動脈（静脈）または肘動脈（静脈）に穿刺しカテーテルを病変血管内に挿入。造影剤を注入し血管撮影。さらに抗がん剤、塞栓物質を注入したり、ステントを留置して病変部位を治療。

クイクセルバッジは、プロテクタの内側に装着。



IVRに伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドライン

日本医学放射線学会、日本医学物理学会
日本放射線技術学会

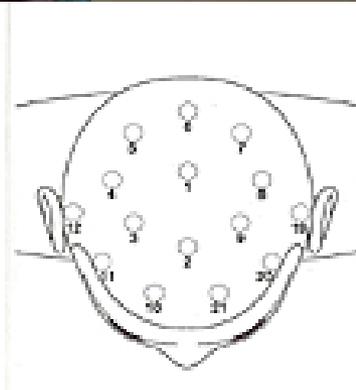
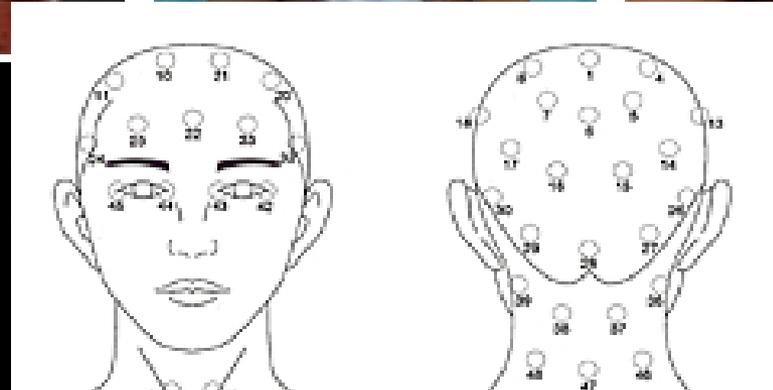
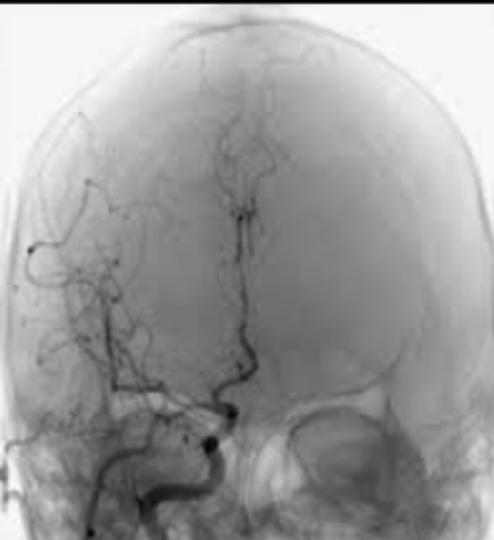
皮膚障害の影響線量をこえた患者への対応
患者皮膚への照射線量、部位はカルテに記載。

1回～数回のIVRにて、3Gy以上の照射部位
があると皮膚障害の閾値を越えるので
1～2週間後に皮膚紅斑が生じる可能性あり。

術者の手指もリングバッジ
を装着し被曝量を測定。



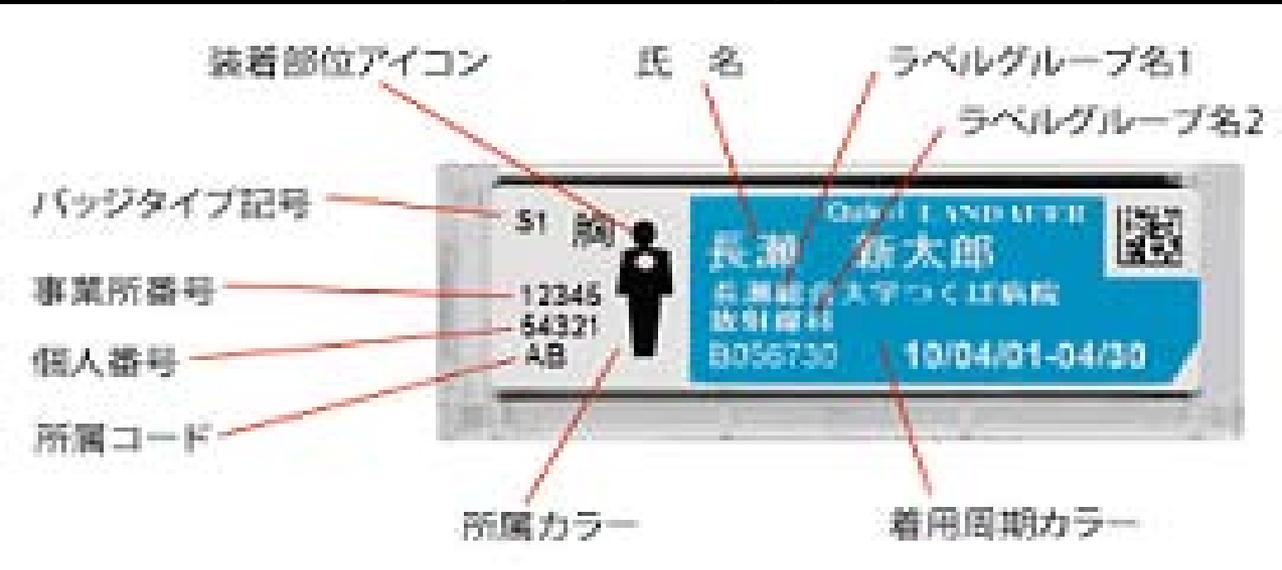
IVR用頭頸部被ばく線量計



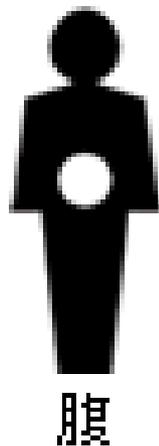
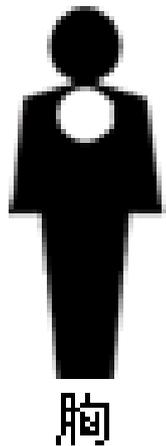
個人被ばく線量の測定に使う蛍光ガラス線量計 (PLD)を伸縮性のある繊維で作った帽子型の装着具に50個配置した一体型の測定装置。(頭頸部の皮膚線量を三次元的な部位を計測できる。

クイクセルバッジ、ルクセルバッジ

X, γ , β 線が同時に測定できる光刺激ルミネッセンス線量計 (OSL: Optically Stimulated Luminescence)。



クイクセル
バッジは、
プロテクタの
内側に装着。



装着部位は、**女性**は腹部、**男性**は胸部。
(組織加重係数の大きい臓器分布の違いによる)

放射能汚染除去で誤っているのはどれか。

1. 汚染箇所を明示する。
2. 化学的に活性な除染剤を優先する。
3. 皮膚の除染剤として中性石鹼を用いる。
4. 傷口が汚染された場合には出血を促す。
5. 汚染レベルの低い方から高い方に向かって除染する。

放射線事故対策の3原則

①安全保持の原則

人の生命および身体安全を第一に考え、人命救助を優先。

②通報の原則

近くで作業している者に事故が起こったことを知らせる。

火災等現場の状況が危険でない場合、管理担当者の指示を受けてから行動します。危険な状況では、直ちに退避。

③拡大防止の原則

線源の始末や汚染拡大の防止措置を行う。

汚染発生原因を除去し、汚染地点の密閉・閉鎖を行う。

現場への立入禁止、汚染物品の持出禁止を実施。

眼、外傷などの除染措置を行う。

緊急作業時での適切な保護具を着用するとともに、

被ばく時間の短縮に努める。

除染処置

皮膚の除染

中性石鹼や中性洗剤と、ぬるま湯でブラシ等で洗う。
アルコール等の有機溶剤は禁止(体内に浸透する)。

傷口は、多量の水で洗浄し、出血があれば傷周辺を
圧迫し出血を促し、汚染血液を体外へ。

汚染レベルの低い方から高い方に向かって除染する。
逆にすると汚染の高い方から低い方に放射能が移動。

除洗剤は、まず水で実施。

次に化学的活性度の弱い除洗剤から使用。

水 → 中性洗剤 → クエン酸 → 塩酸
→ DTPAなどのキレート剤(金属吸着材)

^{192}Ir 線源の放射能が $1/3$ に減衰したときに線源交換を行うこととした。交換日に最も近い日数はどれか。

ただし、 ^{192}Ir の半減期を 74 日とし、 $\log_e 2 = 0.693$ 、 $\log_e 3 = 1.099$ とする。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| 1. 100 | 3. 120 | 5. 140 |
| 2. 110 | 4. 130 | |

半減期 Half life $T_{1/2}$

$$N = N_0 \times (1/2)^{(t / T_{1/2})}$$

崩壊定数 λ

1秒間に原子核が崩壊する割合

$$dN/dt = -\lambda N$$

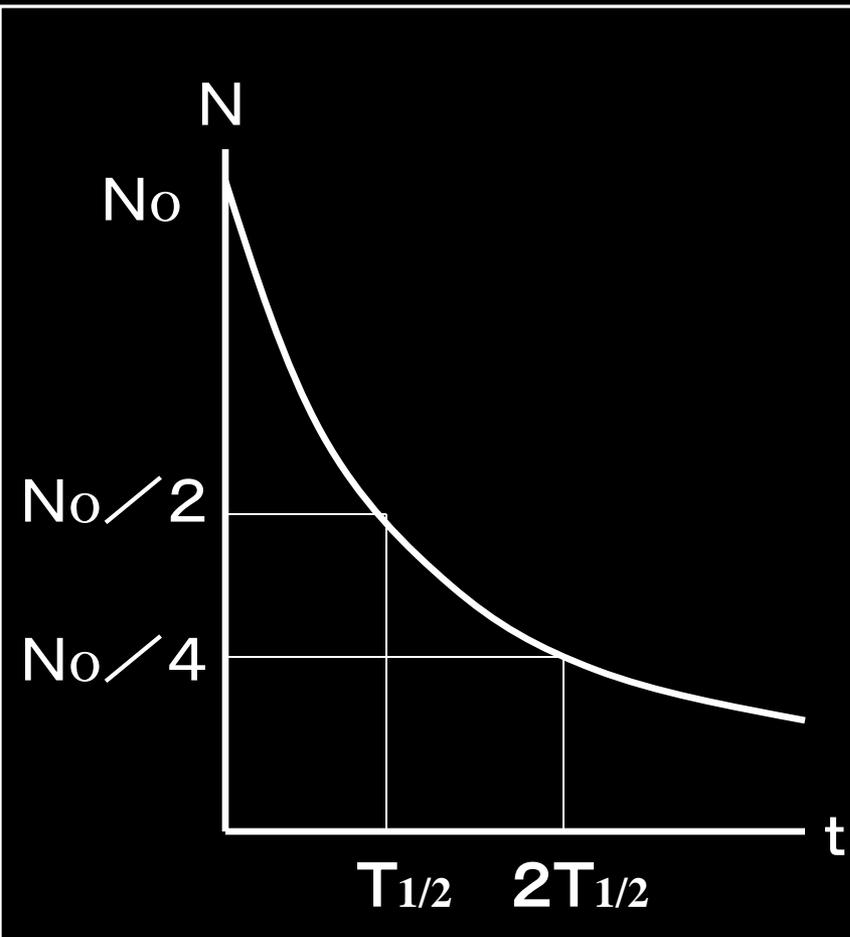
$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N_0/2 = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$1/2 = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\text{Log}(1/2) = \text{Log}(e^{-\lambda T_{1/2}})$$

$$\text{Log}2 = 0.693 = \lambda T_{1/2}$$



$$\log 2 = \lambda T_{1/2}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N/N_0 = e^{-t \log 2 / T_{1/2}}$$

$$1/3 = e^{-t \times 0.693 / 74}$$

$$\log(1/3) = -t \times 0.693 / 74$$

$$\log 3 = t \times 0.693 / 74$$

$$t = 1.099 / (0.693 / 74) = 117$$

1.2 Bq/cm³ の ⁵⁹Fe と 0.9 Bq/cm³ の ⁸⁹Sr を含む放射性廃液 5 トンを排水するための最小の希釈倍数はどれか。

ただし、排水中の濃度限度を

⁵⁹Fe は 0.4 Bq/cm³、⁸⁹Sr は 0.3 Bq/cm³ とする。

- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. 3 | 3. 12 | 5. 30 |
| 2. 6 | 4. 25 | |

それぞれの濃度限度比の和が 1 を超えてはいけない。

排水中に複数の放射性核種がある場合、それぞれの濃度限度比の和が1を超えてはいけない。

1.2 (Bq/ml) の ^{59}Fe を 6倍に希釈すると ^{59}Fe の濃度限度0.4 (Bq/ml)の1/2になる。

0.9 (Bq/ml) の ^{89}Sr を 6倍に希釈すると ^{89}Sr の濃度限度0.3 (Bq/ml)の1/2になる。

それぞれの濃度限度比を合計して1以下であれば排水できる。