

令和 7 年度

第 2 種放射線取扱主任者試験

問題と解答例

実務

解答例は公益社団法人日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会が解答の一案として作成したものです。

本解説例では、「[改訂版 よくわかる放射線・アイソトープの安全取扱いー現場必携！教育訓練テキストー（日本アイソトープ協会）](#)」は、「教育訓練テキスト（JRIA）」と、「[10 版 放射線取扱の基礎【第 1 種放射線取扱主任者試験の要点】（日本アイソトープ協会）](#)」は「第 1 種試験の要点（JRIA）」と記載します。

次の問1から問10について、5つの選択肢のうち適切な答えを1つだけ選び、また、問11、問12の文章の□の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを1つだけ選び、注意事項に従って解答用紙に記入せよ。

問1 ICRP2007年勧告における放射線の種類と放射線加重係数に関する次の組合せのうち、正しいものはどれか。

	電子	陽子	α 粒子	重イオン
1	1	2	10	20
2	1	2	20	20
3	1	5	10	20
4	2	5	10	40
5	2	5	20	40

〔解答〕2

〔解説〕放射線加重係数は α 粒子、核分裂片、重イオンが最も高く、係数は20である。

問2 放射線の遮蔽に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 5 MeV の α 線は0.3 mm 程度の厚さの紙で遮蔽できる。
B ^{32}P が放出する β^- 線の遮蔽では制動放射線を考慮する必要がある。
C 0.1 MeV の γ 線に対する遮蔽効果は物質の元素組成に依存しない。
D 熱中性子の遮蔽に対しては、 B_2O_3 含有ポリエチレンブロックは有効である。
- 1 ABD のみ 2 AB のみ 3 AC のみ 4 CD のみ 5 BCD のみ

〔解答〕1

〔解説〕

- A：正 5 MeV の α 線は数十 μm ～数百 μm 程度で遮蔽できるので、0.3 mm で十分遮蔽できる。
B：正 ^{32}P が放出する β^- 線の最大エネルギーはおよそ1.7MeV と非常に高い。高エネルギーの β^- 線は物質を透過する際に制動放射線を発生させるが、原子番号が高い物質ほどその影響は顕著になる。そのため、鉛よりもアクリルなどの軽い元素で遮蔽することが重要である。
C：誤 0.1 MeV 程度のエネルギー域では、主に光電効果およびコンプトン散乱により減衰し、特に光電効果は原子番号に依存するため、元素組成を考慮する必要がある。
D：正 熱中性子の遮蔽にはホウ素(B)やカドミウム(Cd)が効果的であり、かつ中性子を減速させるために水素(H)も有効である。ホウ素(B)を含む酸化ホウ素(B_2O_3)と水素(H)を豊富に含むポリエチレンブロックは、熱中性子の遮蔽材として有効である。

問3 ある光子に対する鉛の線減弱係数が 0.70cm^{-1} のとき、この光子の鉛における平均自由行程[cm]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.35 2 0.48 3 0.70 4 1.0 5 1.4

〔解答〕5

〔解説〕平行自由行程 λ は、線減弱係数 μ に対して

$$\lambda = 1/\mu$$

となる。

鉛の線減弱係数が 0.70 cm^{-1} と与えられているので、この光子の鉛における平行自由行程は

$$\lambda = 1/0.7$$

$$= 1.42$$

となる。

問4 密封線源の事業所外の輸送に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 密封線源の輸送では、表面汚染密度の測定は不要である。
B L型輸送物では、車両標識が必要である。
C L型輸送物を、公共交通機関を利用して運搬する。
D 輸送物表面における 1cm 線量当量率を電離箱式サーベイメータで測定する。

- 1 ACD のみ 2 AB のみ 3 BC のみ 4 D のみ 5 ABCD すべて

〔解答〕4

〔解説〕

A：誤 表面汚染密度限度を超えない必要があるため、測定が必要である。

B：誤 車両標識が必要なのは A 型および B 型である。

C：誤 放射性同位元素を輸送する際、公共交通機関（路線バス、鉄道、旅客機など）の利用は原則として禁止されている。

D：正

問5 密封線源とその線源の使用時に携帯するサーベイメータを構成する検出器との関係として、正しいものの組合せは、次のうちどれか。

- A ^{90}Sr — GM 管
B ^{137}Cs — 電離箱
C ^{147}Pm — ZnS(Ag)シンチレーション検出器
D $^{241}\text{Am-Be}$ — ^3He 比例計数管

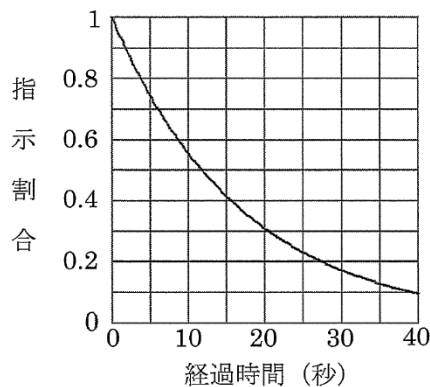
- 1 ABD のみ 2 AB のみ 3 AC のみ 4 CD のみ 5 BCD のみ

〔解答〕1

〔解説〕

- A：正 ^{90}Sr は ^{90}Y と放射平衡の関係にあり、ともに β 線放出核種である。
B：正 ^{137}Cs は β 壊変して $^{137\text{m}}\text{Ba}$ となり 0.662 MeV の γ 線を放出する。
C：誤 ^{147}Pm は β 線および γ 線を放出するため GM 管を用いる。
D：正 ^{241}Am から放出される α 線が ^9Be に照射されると中性子が発生するため、中性子検出器である ^3He 比例計数管での測定が適切である。

問 6 線源と GM 管式サーベイメータの距離を変えずに測定を始めた。時定数に比べて十分長い時間経過した後（この時の値を初期値とする。）、線源を素早く十分遠くに離れた場合の指示割合（初期値に対する指示値の割合）の変化を下図に示す。ただし、指示割合は、最終的に 0 になったとする。



このグラフより、この測定器の時定数[秒]として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、自然対数の底 e の値は 2.7 とする。

- 1 8 2 11 3 14 4 17 5 20

〔解答〕 4

〔解説〕

解法 1

時定数：指示値の割合が初期値の $1/e$ になるまでの時間

$$1/e = 1/2.7 \div 0.37$$

グラフから指示割合が 0.37 となるのは約 17 秒である。

解法 2

指示割合を $R(t)$ 、経過時間を t 秒、時定数を T とした場合、指数関数的減衰の近似式は

$$R(t) = \exp\left(-\frac{t}{T}\right) \text{ となる。}$$

半減期 $t_{1/2}$ は $R(t_{1/2}) = 0.5$ を満たす時間でありグラフよりおよそ 12 秒である。これを式に代入すると、

$$0.5 = \exp\left(-\frac{t_{1/2}}{T}\right)$$

$$\frac{t_{1/2}}{T} = \ln(0.5) = \ln 2$$

よって

$$T = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cong \frac{12}{0.693} \cong 17.3$$

となる。

問7 線量計と検出素子の材質の関係として、正しいものの組合せは、次のうちどれか。

- | | | | |
|---|------------|---|------------|
| A | 蛍光ガラス線量計 | — | 銀活性リン酸塩ガラス |
| B | OSL 線量計 | — | 酸化アルミニウム |
| C | 熱ルミネセンス線量計 | — | ポリカーボネート |
| D | 固体飛跡検出器 | — | フッ化リチウム |
- 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

〔解答〕2

〔解説〕

A：正

B：正

C：誤 熱ルミネセンス線量計は結晶性物質を加熱することで発光する現象を利用しており、フッ化リチウムなどが用いられる。

D：誤 固体材料中を通過した荷電粒子の飛跡を化学処理により検出する方法であり、ポリカーボネートなどのプラスチックが用いられる。

問8 NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータに関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 放射線による NaI(Tl)結晶内の発光を電気信号に変換して測定する。
B β 線の測定に適している。
C 感度が高く、環境中バックグラウンド測定に用いられる。
D NaI(Tl)は潮解性がある。
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

〔解答〕3

〔解説〕

A：正 NaI(Tl)結晶内で発生する光を光電子増倍管で電気信号に変換している。

B：誤 NaI(Tl)結晶は潮解性があるため、アルミニウムのケースに入れられているので、 β 線を

測定することはできず、 γ 線を測定する際に用いられる。

C：正

D：正

問9 密封線源を線源から0.50 mの距離で60分間取り扱ったところ、 $160 \mu\text{Sv}$ の被ばくがあった。

線源からの距離を1.0 mとし、30分間で取扱う計画に変更すると、予測される被ばく線量[μSv]として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、散乱線の影響はないものとする。

- 1 5 2 10 3 20 4 40 5 160

〔解答〕3

〔解説〕被ばく量は線源からの距離の2乗に反比例し、時間に比例する。

$$\begin{aligned}\text{被ばく線量} &= 160 \mu\text{Sv} \times (1/2)^2 \times 1/2 \\ &= 20\end{aligned}$$

問10 照射装置からの線源の脱落によって、放射線業務従事者が線量限度を超えるおそれのある外部被ばくをした場合の措置に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 必要な措置を行う者以外の照射室への立入りを禁止する措置をとる。
B 周囲に事故の発生を知らせる。
C 事故が発生したことを、直ちに原子力規制委員会へ報告する。
D 線量限度を超えるおそれのある被ばくをした放射線業務従事者に対し、遅滞なく健康診断を受けさせる。

- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

〔解答〕5

〔解説〕

A：正

B：正

C：正 照射装置は ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{192}Ir 等の放射性同位元素が使用される。これらの放射性同位元素はRI規制法（放射性同位元素等の規制に関する法律）により規制され、事故の際には原子力規制委員会への報告が直ちに必要となる。

D：正

問11 密封線源の非破壊検査への利用に関する次のⅠ～Ⅲの文章の□の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを1つだけ選べ。

Ⅰ 原子力発電所やプラントでの非破壊検査において透過能力がX線では不足する対象物に対して、Aや ^{60}Co 等の放射性同位元素が利用されている。Aは半減期73.8日で約95%がB壊変

し、約5%が **C** 壊変する放射性核種であり、壊変過程で主に 296~468 keV の **D** 線を複数本放出する。 ^{60}Co は、半減期 5.27 年で **B** 壊変する放射性核種である。 ^{60}Co からは、**B** 線の放出に引き続き、**E** の励起状態から **ア** MeV の2本の **D** 線が、壊変当たりそれぞれおおよそ100%の割合で放出される。

<A~Eの解答群>

- | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1 $^{191\text{m}}\text{Ir}$ | 2 ^{192}Ir | 3 ^{193}Ir | 4 $^{193\text{m}}\text{Ir}$ | 5 ^{194}Ir |
| 6 α | 7 β^- | 8 β^+ | 9 γ | 10 EC |
| 11 IT | 12 ^{60}Cu | 13 ^{60}Fe | 14 ^{60}Ni | 15 ^{60}Zn |

<アの解答群>

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| 1 0.32 及び 0.48 | 2 0.61 及び 0.79 | 3 1.17 及び 1.33 |
| 4 1.37 及び 1.63 | 5 1.66 及び 1.83 | |

〔解答〕I A—2 B—7 C—10 D—9 E—14 ア—3

〔解説〕

A, B, C, D: 非破壊検査における γ 線源としては、主に ^{192}Ir 、 ^{60}Co と ^{169}Yb が利用されている。 ^{192}Ir は、半減期 73.8 日で約 95%が β^- 壊変し、約 5%が軌道電子捕獲 (EC) 壊変する核種であり、296~468 keV の γ 線を複数本放出する。 ^{192}Ir は中程度のエネルギーの γ 線源として厚さ 1 cm 程度の鋼管などの検査に利用される。

参考: 教育訓練テキスト (JRIA) -54 ページ

E, ア: ^{60}Co は、半減期 5.27 年で β^- 壊変する核種であり、 β^- 線の放出に続き、 ^{60}Ni の励起状態から 1.17 及び 1.33 MeV の γ 線が放出される。 ^{60}Co は γ 線のエネルギーが高いため、非破壊検査において、厚さ 5~10 cm 程度の鋼製品の検査に利用される。

参考: 教育訓練テキスト (JRIA) -15 ページ

8版 密封線源の基礎—第2種・第3種放射線取扱のために—176 ページ

II ある事業所では、370 GBq の **A** 線源を用いた非破壊検査装置 1 台を所有している。この事業所では、放射能が初期値の約 60%に減衰したら線源を交換するため、約 **イ** 日ごとに交換することとなる。なお、 $\ln 2$ 、 $\ln 3$ 、 $\ln 5$ をそれぞれ 0.69、1.1、1.6 とする。

この事業所では、事業所外のプラント等で非破壊検査を行っている。使用の場所の一時的変更は、**F**、**G** に届け出なければならない。1 日当たりの作業時間、検査対象物の状況等を考慮し、最大撮影枚数 (照射回数) を見積もり、その状況で 3 月間業務を実施した場合の実効線量が **ウ** mSv を超えるおそれがある範囲を **H** として設定する。この **H** は標識によって明示するとともに、プラント内のほかの作業者に周知徹底し、不用意に関係者以外の作業者が立ち入らないように管理を行う。**H** の空間線量率のモニタリングには **I** 式サーベイメータを使用する。**I** 式サーベイメータは、放射線と **J** との相互作用で生じた **K** を測定することで放射線を計測する。検出器壁材にプラスチックなど **J** と等価な材質を用いることで、広いエネルギー範囲にわたってエネルギー依存性が小さい特性を有する。このため、**I** 式サーベイメータ

は、非破壊検査の作業場のように、L線の線量寄与が問題となり得る場所のモニタリングに適している。

<イ、ウの解答群>

- | | | | | |
|------|-------|------|------|-------|
| 1 1 | 2 1.3 | 3 3 | 4 5 | 5 10 |
| 6 25 | 7 32 | 8 44 | 9 53 | 10 60 |

<F、Gの解答群>

- | | | |
|-----------------|-------------|-------------|
| 1 あらかじめ | 2 使用開始後速やかに | 3 使用開始後遅滞なく |
| 4 使用開始後 10 日以内に | 5 国土交通大臣 | 6 国家公安委員会 |
| 7 労働基準監督署 | 8 原子力規制委員会 | 9 環境大臣 |
| 10 文部科学大臣 | | |

<Hの解答群>

- | | | | |
|--------|----------|--------|--------|
| 1 監視区域 | 2 立入禁止区域 | 3 管理区域 | 4 制限区域 |
| 5 注視区域 | | | |

<I~Kの解答群>

- | | | |
|-----------------------|-------------------|---------|
| 1 ^3He 比例計数管 | 2 NaI(Tl)シンチレーション | |
| 3 ZnS(Ag)シンチレーション | 4 GM 管 | 5 電離箱 |
| 6 PR ガス | 7 Q ガス | 8 空気 |
| 10 電気放電 | 11 電子なだれ | 12 空気抵抗 |
| | | 13 電離電流 |

<Lの解答群>

- | | | | |
|--------|--------|------|--------|
| 1 制動放射 | 2 特性 X | 3 散乱 | 4 消滅放射 |
|--------|--------|------|--------|

〔解答〕Ⅱ イー9 ウー2 Fー1 Gー8 Hー3 Iー5 Jー8 Kー13 Lー3

〔解説〕

イ：時刻 0 の放射能 A_0 ，時刻 t の放射能 $A(t)$ ，壊変定数 λ ，半減期 T とすると，

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \quad \lambda = \ln 2 / T$$

初期値の 60%，つまり $3/5$ であり，また ^{192}Ir の $T=73.8$ (日) なので，

$$\frac{3}{5} = 1 \times \exp\left(\frac{\ln 2}{73.8} t\right)$$

式の自然対数を取ると， $\ln 3 - \ln 5 = -\ln 2 / 73.8 \times t$

$\ln 2 = 0.69$ ， $\ln 3 = 1.1$ ， $\ln 5 = 1.6$ なので， $1.1 - 1.6 = -0.69 / 73.8 \times t$

よって， $t \doteq 53.5$ (日) となる。

参考：教育訓練テキスト (JRIA) -19~20 ページ

ウ，H：管理区域とは，外部放射線に係る線量が実効線量で 3 月間につき 1.3 mSv を超える恐れのある場所である。

参考：教育訓練テキスト (JRIA) -89 ページ

F，G：許可使用者は，使用の目的，密封の有無等に応じて政令で定める数量以下の放射性同位元素を一時的に使用する場合において，使用の場所を変更する時には，あらかじめ，その旨を原子力規制委員会に届け出なければならない。

参考：5 版 放射線安全管理の実践 -173 ページ

I: 管理区域の空間線量率のモニタリングは、法で定められた線量を超えていないことの証明であるため、エネルギー特性の良好な線量率計であることが必要である。一般には、電離箱式サーベイメータが用いられる。

参考: 教育訓練テキスト (JRIA) - 28 ページ

J, K: 電離箱は気体の電離作用を利用した測定器であり、充填ガスには空気やアルゴンなどが用いられる。放射線による電離作用によって生じた電離電流を測定することで放射線量を計測する。

L: 電離箱はその測定原理から測定感度のエネルギー依存性が小さく、非破壊検査の作業場のよう、散乱線の線量寄与が問題となる場所のモニタリングに適している。

参考: 教育訓練テキスト (JRIA) - 26 ページ

III この事業所では、放射線業務従事者の外部被ばくによる線量を測定するために蛍光ガラス線量計を用いている。蛍光ガラス線量計は、放射線照射された検出素子を **M** で刺激することにより生じる **N** を利用して線量を評価する **O** 検出器である。ただし、蛍光ガラス線量計はリアルタイムでの線量読み取りはできない。異常発生時での作業計画を超えた被ばくを防止するため、直読ができるアラーム付個人線量計を必ず併用する。

実効線量に対応した線量計による測定量は、**P** 線量当量であり、体幹部に個人線量計を着用する。皮膚の等価線量は、**A** 線源からの **D** 線については、**P** 線量当量を測定することで **Q** 線量当量の代替値とする管理が可能である。末端部（手部など）が体幹部より多く放射線を受けるおそれがある場合は、末端部にも個人線量計を着用する。末端部において測定すべき量は、**Q** 線量当量である。

<M~O の解答群>

- | | | |
|-------|--------|----------------|
| 1 熱 | 2 可視光 | 3 赤外線 |
| 4 紫外線 | 5 輝尽発光 | 6 ラジオフォトルミネセンス |
| 7 能動型 | 8 受動型 | 9 電子式 |

<P、Q の解答群>

- | | | |
|-------|-------|--------------|
| 1 1cm | 2 3mm | 3 70 μ m |
|-------|-------|--------------|

〔解答〕 III M-4 N-6 O-8 P-1 Q-3

〔解説〕

M, N: 蛍光ガラス線量計は、放射線の照射を受けた銀活性リン酸塩ガラスの蛍光作用を利用した線量計である。放射線照射により形成される蛍光中心は紫外線で刺激すると励起され、オレンジ色の蛍光を発生し元の蛍光中心に戻る。この現象はラジオフォトルミネセンス (RPL) と呼ばれる。

参考: 8版 密封線源の基礎-第2種・第3種放射線取扱のために-60 ページ

O: 放射線測定器には、放射線による物質の化学的な変化を捉える受動型 (パッシブ型)、および放射線による電離・励起やそれに伴って発生する電磁波の放出を電気信号として処理する能動型 (アクティブ型) がある。設問の蛍光ガラス線量計は受動型検出器である。

参考: 5版 放射線安全管理の実際-54~56 ページ

P：実効線量の評価方法については、体幹部均等被ばくの場合は、基本着用部位に着用した個人線量計の1 cm 線量当量をもって実効線量とする。

参考：5版 放射線安全管理の実践－27 ページ

Q：基本着用部位に着用した個人線量計の70 μm 線量当量をもって皮膚の等価線量とする。ただし、β線や30 keV以下の低エネルギーX・γ線による被ばくのおそれがない場合は、原理的に1 cm 線量当量と70 μm 線量当量がほぼ同じ値となるので、皮膚の等価線量は個人線量計の1 cm 線量当量とすることができる。よって、¹⁹²Irからのγ線については、1 cm 線量当量を70 μm 線量当量の代替値とする管理が可能である。

参考：5版 放射線安全管理の実践－27 ページ

問12 次のI及びIIの文章の□の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを1つだけ選べ。

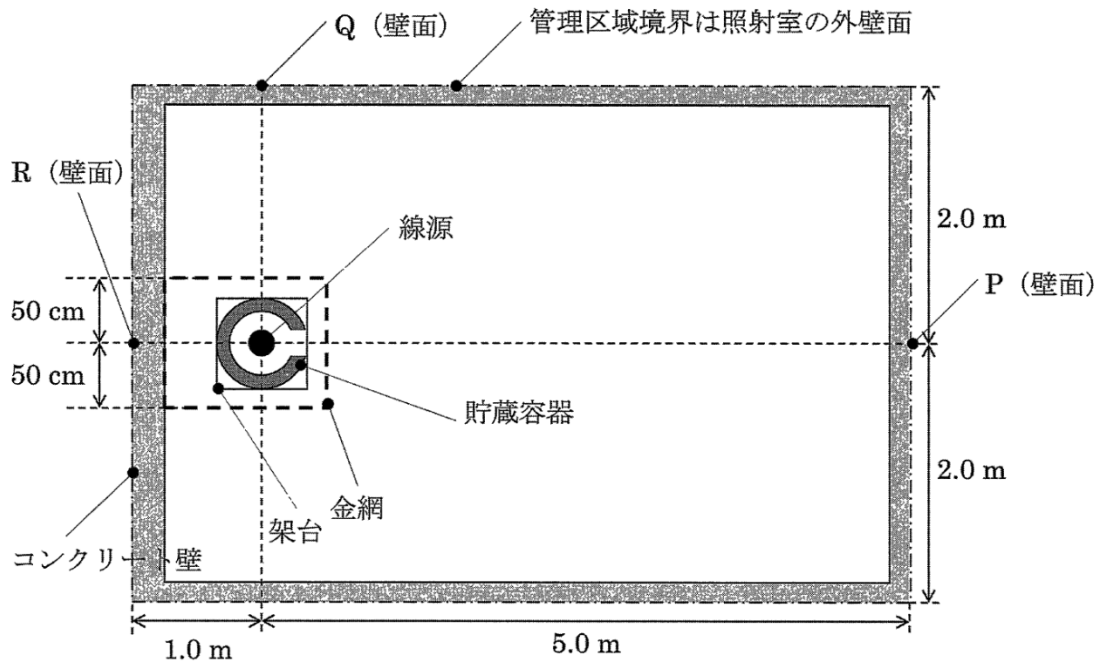
I ある校正事業者では、下図に示す放射線施設内の照射室において、新たに²⁴¹Am(100 GBq)の使用を開始する。使用の許可を受けるため、線量評価を行う。

線源は、照射装置に装備されている。照射装置は架台、円筒形の貯蔵容器、金網から構成され、線源は床から高さ1.5 mの位置に収納される。使用時は、遠隔操作によってシャッターを開放して照射する。貯蔵容器の天面、底面及び側面並びにシャッターは、厚さ5.0mmの鉄である。作業者が貯蔵容器に接近できないよう、金網で覆われている。金網は遮蔽に寄与しない。

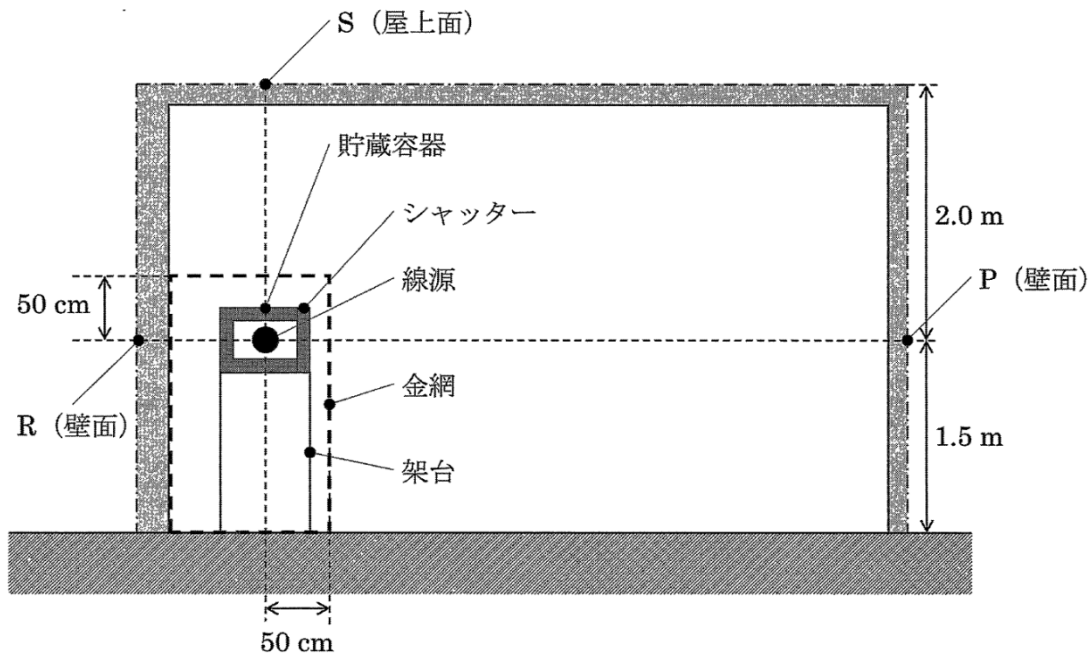
照射室は、地上1階建て（高さ3.5m）である。照射室の壁及び天井はコンクリート製であり、照射装置に近い壁のみ厚さ20 cm、それ以外の壁及び天井は厚さ10 cmである。管理区域の境界は、壁及び天井の外側面である。地下に人が立ち入ることのできる空間はないため、地下方向は検討しない。保管時は、線源は貯蔵容器の中央に位置するものとする。

線源を使用しないときは、常に貯蔵容器のシャッターは閉鎖されているものとする。作業者が線源に最も近づくのは金網表面であり、線源の中心から金網表面までの距離は50 cmとする。評価時間は、人が常時立ち入る場所については1週間につき40時間、管理区域境界については3月間につき500時間とする。本評価において、散乱線及びスカイシャインの影響は無視できるものとする。次の表に示す条件を用いて評価する。

線源	実効線量率定数	実効線量透過率		
	[μSv・m ² ・MBq ⁻¹ ・h ⁻¹]	鉄 (厚さ5.0 mm)	コンクリート (厚さ10 cm)	コンクリート (厚さ20 cm)
²⁴¹ Am	5.8×10 ⁻³	8.6×10 ⁻³	1.3×10 ⁻²	1.1×10 ⁻⁴



照射室の平面図（貯蔵容器のシャッターを開放した状態）



照射室の立面図（貯蔵容器のシャッターを閉鎖した状態）

はじめに、人が常時立ち入る場所における実効線量を評価する。照射中は、照射室内に人が立ち入らないため、使用時に作業者の1時間当たりの実効線量が高くなる可能性がある場所は、照射室側面の点P、点Q及び点R並びに屋上の点Sである。ただし、点Qと点Sは線源からの距離及び遮蔽の条件が同一のため、点Sの計算は省略する。点Pは、 $\boxed{\text{ア}}$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、点Qは $\boxed{\text{イ}}$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、点Rは $\boxed{\text{ウ}}$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ である。保管時に作業者が線源に最も接近する条件は、金網表面であるため、作業者の1時間当たりの実効線量は $\boxed{\text{エ}}$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ である。したがって、人が常時

立ち入る場所における実効線量が最も高くなるのは、線源を保管した状態で、管理区域内において、1週間当たり40時間作業したときで、 μSv である。これは、法令で定める人が常時立ち入る場所における実効線量の線量限度である1週間につき mSv を超えない。

次に、管理区域境界における実効線量を評価する。先ほどの人が常時立ち入る場所における検討を基に、線源の使用時間を500時間として評価すると、3月間の管理区域境界における実効線量は、点Pにおいて μSv となる。これは、法令で定める管理区域の設定に係る実効線量である3月間につき mSv を超えない。事業所境界までは十分な距離があるため、法令で定める事業所の境界に係る実効線量の線量限度である3月間につき μSv を超えない。

この照射室で取り扱う密封線源は、法令で定める GBq 以上の数量ではないため、自動表示装置を設置する必要はない。また、法令で定める TBq 以上の数量ではないため、インターロックを設置する必要もない。

<ア～ウの解答群>

- | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1 5.5×10^{-4} | 2 2.8×10^{-3} | 3 4.8×10^{-3} | 4 5.6×10^{-3} | 5 6.4×10^{-3} |
| 6 1.7×10^{-2} | 7 7.5×10^{-2} | 8 8.2×10^{-2} | 9 8.9×10^{-2} | 10 9.6×10^{-2} |
| 11 1.6×10^{-1} | 12 3.1×10^{-1} | 13 2.1×10^0 | 14 2.6×10^0 | 15 3.1×10^0 |

<エ、オの解答群>

- | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 1 1.3×10^0 | 2 1.8×10^0 | 3 2.3×10^0 | 4 2.8×10^0 | 5 3.3×10^0 |
| 6 6.4×10^0 | 7 2.0×10^1 | 8 6.4×10^1 | 9 3.2×10^2 | 10 8.0×10^2 |

<カの解答群>

- | | | | | |
|-------|-------|-----|-------|-------|
| 1 0.1 | 2 0.5 | 3 1 | 4 1.3 | 5 3.7 |
|-------|-------|-----|-------|-------|

<キの解答群>

- | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 1.6×10^2 | 2 2.0×10^2 | 3 4.0×10^2 | 4 6.0×10^2 | 5 8.0×10^2 |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|

<ク、ケの解答群>

- | | | | | |
|-------|-------|-------|---------|----------|
| 1 0.1 | 2 0.5 | 3 1 | 4 1.3 | 5 2.5 |
| 6 100 | 7 250 | 8 500 | 9 1,000 | 10 1,300 |

<コの解答群>

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 100 | 2 200 | 3 300 | 4 370 | 5 400 |
|-------|-------|-------|-------|-------|

<サの解答群>

- | | | | | |
|-----|------|-------|---------|----------|
| 1 1 | 2 10 | 3 100 | 4 1,000 | 5 10,000 |
|-----|------|-------|---------|----------|

〔解答〕 I アー12 イー6 ウー1 エー7 オー10 カー3 キー1 クー4 ケー7 コー5 サー3

〔解説〕

ア、イ、ウ：線量評価には実効線量率定数と遮蔽物の実効線量透過率、各点における距離を用いて計算し、値を切り上げて回答を選択する。

ア：使用時の ^{241}Am 線源 100 GBq ($=100 \times 10^3 \text{ MBq}$) から点Pにおける距離は 5.0 m 、貯蔵容器シャッターは解放されており、外壁コンクリートは厚さ 10 cm であることから

$$5.8 \times 10^{-3} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 100 \times 10^3 [\text{MBq}] \times \frac{1}{5.0^2} [\text{m}^{-2}] \times 1.3 \times 10^{-2} \\ \cong 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}]$$

イ：同様に点Qにおける距離は 2.0 m 、貯蔵容器シャッターの厚さ 5.0 mm 、外壁コンクリートは厚

さ 10 cm であることから

$$5.8 \times 10^{-3} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 100 \times 10^3 [\text{MBq}] \times \frac{1}{2.0^2} [\text{m}^{-2}] \times 8.6 \times 10^{-3} \times 1.3 \times 10^{-2} \\ \cong 1.7 \times 10^{-2} [\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}]$$

ウ：同様に点 R における距離は 1.0 m, 貯蔵容器シャッターの厚さ 5.0 mm, 外壁コンクリートは厚さ 20 cm であることから

$$5.8 \times 10^{-3} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 100 \times 10^3 [\text{MBq}] \times \frac{1}{1.0^2} [\text{m}^{-2}] \times 8.6 \times 10^{-3} \times 1.1 \times 10^{-4} \\ \cong 5.5 \times 10^{-4} [\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}]$$

エ：保管時の金網表面における距離は 50 cm (0.5 m), 貯蔵容器のシャッターは閉じていることから

$$5.8 \times 10^{-3} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 100 \times 10^3 [\text{MBq}] \times \frac{1}{0.5^2} [\text{m}^{-2}] \times 8.6 \times 10^{-3} \\ \cong 2.0 \times 10^1 [\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}]$$

オ：エで求めた 1 時間当たりの実効線量の値を用いて 40 時間作業をすると

$$2.0 \times 10^1 [\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}] \times 40 [\text{h}] = 8.0 \times 10^2 [\mu\text{Sv}]$$

カ：規制値として人が常時立ち入る場所（作業室）における実効線量は 1 週間につき 1 mSv 以下と定められている。

参考：教育訓練テキスト（JRIA）－87, 89 ページ

キ：アで求めた点 P における 1 時間当たりの実効線量の値を用いて 500 時間にて評価すると

$$3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}] \times 500 [\text{h}] = 1.6 \times 10^2 [\mu\text{Sv}]$$

ク：実効線量で 1.3 mSv/3 月を超えるおそれがある場所を管理区域として設定する必要がある。

参考：教育訓練テキスト（JRIA）－87, 89 ページ

ケ：事業所境界において外部放射線に係る線量限度は、実効線量で 250 μSv /3 月以下と定められており、事業所境界の外ではこの値を超えてはならない。

参考：教育訓練テキスト（JRIA）－87 ページ

コ：400 GBq 以上の密封された放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする室の人が通常出入りする出入口には、使用中である旨を自動的に表示する装置を設ける。

参考：第1種試験の要点（JRIA）－法 21 ページ

サ：100 TBq 以上の密封された放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする室の人が通常出入りする出入口にはインターロックを設ける。

参考：第1種試験の要点（JRIA）－法 21 ページ

II ある校正事業者は、 γ 線に対する放射線測定器の校正サービスを行っており、低エネルギー領域の試験には ^{241}Am の密封線源を使用している。 ^{241}Am は γ 線を放出する核種であると同時に、

A 線を放出する核種でもある。火災等の事故により、線源が破損して、密封性が損なわれたおそれがある場合、表面汚染の検出には、B 式サーベイメータを使用することができる。このサーベイメータは、検出器と放射線の相互作用で発生した C を光電子増倍管により電気信号へ変換することで放射線を検出する。放射線の量及び放射性同位元素による汚染の状況の測定に用いられるサーベイメータは、法令の規定により、点検及び D を 1 年ごとに適切に組み合わせて実施しなければならない。

線源の不適切な取扱いにより ^{241}Am 線源が破損し、床に汚染が検出されたとする。床の表面をろ紙でふき取り、そのろ紙を測定する E 法により汚染の有無を確認することを考える。表面汚染密

度 $A[\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}]$ は、以下の式から評価する。

$$A = \frac{n - n_B}{\varepsilon_i \times F \times S \times \varepsilon_s}$$

ここで n は測定時の総計数率 [s^{-1}]、 n_B はバックグラウンド計数率 [s^{-1}]、 ε_i は線源に対して決められた幾何学的条件で測定したときの測定器の正味計数率 [s^{-1}] と線源の表面放出率 [s^{-1}] の比から求められる $\boxed{\text{F}}$ 、 F は 1 回のふき取りでふき取られた放射能とふき取る前に存在した $\boxed{\text{G}}$ 表面汚染の放射能との比から求められるふき取り効率、 S はふき取り面積 [cm^2]、 ε_s は線源からの表面放出率 [s^{-1}] と線源の中で放出される単位時間当たりの放射線粒子数 [s^{-1}] との比である $\boxed{\text{H}}$ である。 S を 100cm^2 、 ε_s を 0.25 、 F を 0.1 として、 ε_i が 0.4 の測定器を用いたとき、ろ紙測定時の総計数率は 14min^{-1} 、バックグラウンド計数率は 2min^{-1} であった。表面汚染密度は $\boxed{\text{シ}}$ $\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$ と評価される。

<A の解答群>

- | | | | | |
|------|-------|------------|-----------|------------|
| 1 電子 | 2 中性子 | 3 α | 4 β | 5 δ |
|------|-------|------------|-----------|------------|

<B、C の解答群>

- | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 1 反跳陽子比例計数管 | 2 ^3He 比例計数管 | 3 BF_3 比例計数管 |
| 4 $\text{ZnS}(\text{Ag})$ シンチレーション | 5 $\text{NaI}(\text{Tl})$ シンチレーション | 6 熱中性子 |
| 7 π 中間子 | 8 蛍光 | 9 暗電流 |
| 10 磁気 | | |

<D の解答群>

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 1 更新 | 2 確認 | 3 検査 | 4 認証 | 5 校正 |
|------|------|------|------|------|

<E の解答群>

- | | | | | |
|-------|---------|--------|--------|--------|
| 1 2線源 | 2 ミルキング | 3 比較測定 | 4 直接測定 | 5 間接測定 |
|-------|---------|--------|--------|--------|

<F~H の解答群>

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 線源効率 | 2 発光効率 | 3 校正定数 | 4 機器効率 | 5 反応効率 |
| 6 導電性 | 7 潮解性 | 8 固着性 | 9 遊離性 | 10 浸透性 |

<シの解答群>

- | | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| 1 1.0×10^{-2} | 2 5.0×10^{-2} | 3 2.0×10^{-1} | 4 4.0×10^{-1} | 5 2.0×10^0 |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|

〔解答〕Ⅱ A—3 B—4 C—8 D—5 E—5 F—4 G—9 H—1 シ—3

〔解説〕

A： ^{241}Am は半減期 432.2 年で、約 5.5 MeV の α 線を放出するが、 γ 線も放出する。 γ 線のエネルギーは非常に低く、僅か 0.06 MeV のため、優れた α 線源として厚さ計、煙感知器、 $\text{Am}-\text{Be}$ 中性子線源、水分計などに用いられる。また、低エネルギー γ 線源として蛍光 X 線分析装置、硫黄計、骨成分分析装置に用いられる。

参考：第 1 種試験の要点 (JRIA) — 管 50 ページ

B： $\text{ZnS}(\text{Ag})$ をシンチレータとして用いている α 線専用のサーベイメータで、非常に高感度で極微量の汚染でも検出が可能である。 α 線の空気中の飛程は 5 cm 以下であり、汚染検査の目的で使用する場合には、入射窓を対象部分に極めて接近させて測定を行う必要がある。

参考：第1種試験の要点（JRIA）－測20、31ページ

C：放射線エネルギーを吸収し、そのエネルギーの一部を直ちに蛍光として放出する物質をシンチレータとよび、シンチレータから放出される光子は光電子増倍管に導かれ、電気信号として処理される。

参考：第1種試験の要点（JRIA）－測16、21ページ

D：放射性同位元素等の規制に関する法律施行規則第20条第1項第5号により、測定に用いる放射線測定器については、点検及び校正を、一年ごとに、適切に組み合わせて行うこと、と定められている。

E： β 線のエネルギーが低い場合は直接検出できないため、スミア濾紙で表面をこすり、汚染を濾紙に移し取って測定する方法をいう

参考：教育訓練テキスト（JRIA）－46～47ページ

F：線源に対して一定の幾何学的条件で測定したときの α 線または β 線表面放出率に対するサーベイメータの正味計数率の比を機器効率という。 α 線、 β 線の線質やエネルギーによって変化し、機種および機器固有の値である

参考：JIS Z4329：2004，教育訓練テキスト（JRIA）－29ページ

G：容易に表面からはく離する遊離性の表面汚染がある。一方、表面からはく離しにくいものを固着性の表面汚染という。

参考：第1種試験の要点（JRIA）－管44ページ

H：線源（飽和層厚さ以上の線源は飽和層厚さ）の中で、単位時間あたりに放出する同じ種類の放射線の粒子に対する表面放出率の比を線源効率といい、線源の性質と状態で変化する。

参考：JIS Z4329：2004

シ：計数率の単位を $[\text{min}^{-1}]$ から $[\text{s}^{-1}]$ にし、表面汚染密度の評価式より

$$\frac{\frac{(14-2)}{60}[\text{s}^{-1}]}{0.4 \times 0.1 \times 100[\text{cm}^2] \times 0.25} = 2.0 \times 10^{-1}[\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}]$$

となる。