

## 第 67 回

原子炉主任技術者試験（筆記試験）

### 放射線測定及び放射線障害の防止

6問中5問を選択して解答すること。（各問20点：100点満点）

（注意）（イ） 解答用紙には、問題番号のみを付して解答すること。

（指示がない限り問題を写し取る必要はない。）

（ロ） 1問題ごとに1枚の解答用紙を使用すること。

令和7年3月19日

第1問 次の用語について、簡潔に説明せよ。

- (1) 酸素効果
- (2) 特性 X 線
- (3) 放射平衡
- (4) 急性影響
- (5) アポトーシス

第2問 国際放射線防護委員会(ICRP)のPublication 103 (2007年勧告)で示されている放射線防護体系に関する以下の説明について、に入る適切な語句を番号とともに記せ。なお、同じ番号のには同じ語句が入る。

[解答例] ㉑ー東京

- (1) 放射線防護体系は、第一に①の健康を防護することを目的としている。これは、電離放射線による被ばくを管理し、制御すること、その結果、②影響を③し、④影響のリスクを⑤に達成できる程度に減少させることである。④影響においては、引き続き⑥モデルを採用している。
- (2) 3つの原則、すなわち、⑦の原則、防護の⑧の原則、⑨の適用の原則は放射線防護体系の基本である。⑦の原則、防護の⑧の原則は、⑩関連でありすべての被ばく状況に適用される。⑨の適用の原則は個人関連で、⑪被ばく状況に適用される。
- (3) 放射線防護体系では、個人線量を制限するための制限値として、⑨、⑫及び参考レベルがあり、被ばくの種類や状況に応じて、下表のとおり用いられる。

被ばくの種類 被ばく状況	<input type="text"/> ⑭被ばく	<input type="text"/> ⑮被ばく	医療被ばく
<input type="text"/> ⑪被ばく	<input type="text"/> ⑨ <input type="text"/> ⑫	<input type="text"/> ⑨ <input type="text"/> ⑫	(略)
<input type="text"/> ⑬被ばく	参考レベル <sup>a)</sup>	参考レベル	(略)
現存被ばく	— <sup>b)</sup>	参考レベル	(略)

a) 長期的な回復作業は⑪された⑭被ばくの一部として扱うべきである。

b) 長期的な改善作業や影響を受けた場所での長期の雇用によって生じる被ばくは、たとえその線源が“現存する”としても、⑪された⑭被ばくの一部として扱うべきである。

(4) ICRP が採用している防護量には、とがある。はの加重和である。とは人体の組織中で直接測定することができない。したがって、防護体系には、測定が可能でとが評価できるが含まれている。エリアモニタリングでは、を評価するとしてを用いる。

第3問 個人線量計に関する以下の問いに答えよ。

(1) 個人線量計の蛍光ガラス線量計と OSL 線量計について、以下の①及び②を回答せよ。

- ① 素子が受けた放射線による積算量を0の状態にする方法(アニーリング処理)、及び素子が受けた放射線量の情報を読み出す方法を、それぞれの線量計について簡潔に説明せよ。
- ② 蛍光ガラス線量計に関し、素子から放射線量を速やかに測定するため事前に実施する処理について、理由を付して説明せよ。

(2) 個人線量計の固体飛跡線量計と電子式線量計について、以下の①及び②を回答せよ。

- ① 国内で主に使用されている検出器の種類(固体飛跡線量計については素子の一般名称または素材名)を、それぞれの線量計について述べよ。
- ② ①の検出器により低速中性子(熱中性子を含む。)及び高速中性子を感度よく検出するため、固体飛跡線量計と電子式線量計に共通して使用されている方法を、「素材」及び「中性子と原子核の反応の種類」を含めて低速中性子と高速中性子のそれぞれについて説明せよ。

(3) 個人線量計の着用に関する以下の文章について、に入る適切な語句等を番号とともに記せ。なお、同じ番号のには同じ語句等が入る。

〔解答例〕 ⑪—東京

①(頭部・頸部、胸部・②、腹部・③)の均等被ばくの場合は、胸部(女子は腹部、ただし④と診断された者、⑤のない旨を原子炉設置者等に書面で申し出た者等を除く。)に着用した個人線量計により⑥線量当量を測定して実効線量を評価する。鉛エプロン等を着用して①不均等被ばくになる場合は、⑦放射線にさらされるおそれのある部位(鉛エプロン等で⑧部位)に追加で個人線量計を着用する。また、①以外の⑨(手、足、くるぶし等)については、⑦放射線にさらされるおそれのある部位に線量計(手部の場合は⑩線量計)を着用する。

第4問 以下の問いに答えよ。

- (1) 950 [MBq]の $^{60}\text{Co}$ 点線源から空気中で $X$  [m]離れた地点Aにおいて、ガンマ線用サーベイメータで測定したところ、指示値は $90 [\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}]$ であった。ガンマ線用サーベイメータの校正定数が0.93の場合について、以下の問いに答えよ。

ただし、 $^{60}\text{Co}$ の1cm線量当量率定数を0.354（本定数は問題文中の単位を換算せずに適用可能）とし、散乱線は考慮しないこととする。

- ① 地点Aにおける1cm線量当量率の値 $[\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}]$ を四捨五入して有効数字2桁で求めよ。
- ② 有効数字2桁で求めた①を用いて、点線源から地点Aまでの距離 $X$  [m]を四捨五入して有効数字2桁で求めよ。

- (2) (1)の条件において、A地点から $^{60}\text{Co}$ 点線源の方向に厚さ1 [m]のコンクリートがある場合について、以下の問いに答えよ。

ただし、 $^{60}\text{Co}$ に対する1 mのコンクリートの1cm線量当量透過率を $5.20 \times 10^{-5}$ 、鉛の半価層を1 cm、1/10 価層を3.3 cmとし、散乱線は考慮しないこととする。

- ① コンクリートを通過した地点Aにおける1cm線量当量率 $[\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}]$ について、計算式を記述し、四捨五入して有効数字2桁で求めよ。
- ② ①で求めた線量率の値に対して、5.3 cm厚の鉛板で遮蔽した場合の1cm線量当量率 $[\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}]$ について、計算式を記載し、四捨五入して有効数字2桁で求めよ。

- (3) 物質に入射するガンマ線強度を $I_0$ 、物質の厚さを $x$ 、当該ガンマ線に対する物質の線減弱係数を $\mu$ としたとき、以下の問いに答えよ。

- ① 物質を通過後のガンマ線強度 $I$ を式で示せ。
- ② 線減弱係数について説明せよ。
- ③ ガンマ線の遮蔽能力を物質間で比較する際、線減弱係数よりも質量減弱係数を使用する利点について説明せよ。

第5問 下記の問いに答えよ。

- (1) 原子炉施設で想定される放射性物質の放出形態に関する以下の説明について、に入る適切な語句を番号とともに記せ。ただし、②には元素名が入る。

〔解答例〕⑥－東京

原子炉施設においては、多重の物理的防護壁が設けられているが、これらの防護壁が機能しない場合は、放射性物質が周辺環境に放出される。その際、大気へ放出の可能性のある放射性物質としては、気体状のクリプトンやキセノン等の放射性①、揮発性の放射性②、気体中に浮遊する微粒子（エアロゾル）等がある。これらは、気体状又は粒子状の物質を含んだ空気の一団（以下「③」という。）となり、移動距離が長くなる場合は拡散により濃度は低くなる傾向があるものの、風④方向の広範囲に影響が及ぶ可能性がある。

また、特に⑤がある場合には、地表に沈着し長期間とどまる可能性が高い。さらに、土壌やがれき等に付着する場合や冷却水に溶ける場合があり、それらの飛散や流出には特別な留意が必要である。

- (2) (1)の①、②及びエアロゾルに対するモニタリング手法（測定線種、測定方法、測定機器）についてそれぞれ述べよ。

第6問 以下の問いに答えよ。

- (1)  $^{137}\text{Cs}$  による一様な汚染が作業室の床に発生しており、汚染状況を間接測定法（スミア法）により GM 計数管を用いて測定した。下記の条件における作業室の床の表面密度は  $2.5 \text{ Bq/cm}^2$  であった。このときのスミア試料の拭き取り効率 (%) を求めよ。
- ・スミア試料の拭き取り面積 :  $100 \text{ cm}^2$
  - ・GM 計数管の計数効率 : 30%
  - ・GM 計数管の窓面積 :  $20 \text{ cm}^2$
  - ・バックグラウンド計数率 :  $200 \text{ min}^{-1}$
  - ・スミア試料の計数率 :  $2000 \text{ min}^{-1}$
  - ・GM 計数管の測定に数え落としはしない。
- (2) 測定試料  $5 \text{ cm}^3$  を放射能測定装置で3分間測定したところ、4800 カウント得られた。この放射能測定装置の計数効率は50%であり、バックグラウンド計数率は  $100 \text{ cpm}$  であった。このときの放射能濃度 ( $\text{Bq/cm}^3$ ) を求めよ。
- (3)  $1000 \text{ MBq}$  の  $^{60}\text{Co}$  線源について、30年経過した時の放射能 ( $\text{MBq}$ ) を求め、小数点以下を四捨五入して整数で答えよ。なお、半減期についても、小数点以下を四捨五入して整数として扱ってよい。
- (4) 体重が  $50 \text{ kg}$  の成人の体内に含まれる  $^{40}\text{K}$  の放射能 ( $\text{kBq}$ ) を有効数字2桁で求めよ。ただし、 $^{40}\text{K}$  の同位体存在比は  $0.012 \text{ atm}\%$ 、半減期は  $4.0 \times 10^{16}$  秒、体内の体重 ( $\text{kg}$ ) 当たりの  $\text{K}$  の質量は  $2.0 \text{ g}$ 、 $\ln 2 = 0.69$ 、アボガドロ数は  $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  とする。

【メモ】

【メモ】