

第 65 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5年3月16日

第1問 以下の用語について、簡潔に説明せよ。

- (1) W 値
- (2) 放射線加重係数
- (3) 安定ヨウ素剤とその効果
- (4) オーバーパック (放射性廃棄物の処分に関連して)
- (5) LD50/30

第2問 以下の問いに答えよ。

(1) 次の用語について、簡潔に説明せよ。

①半価層

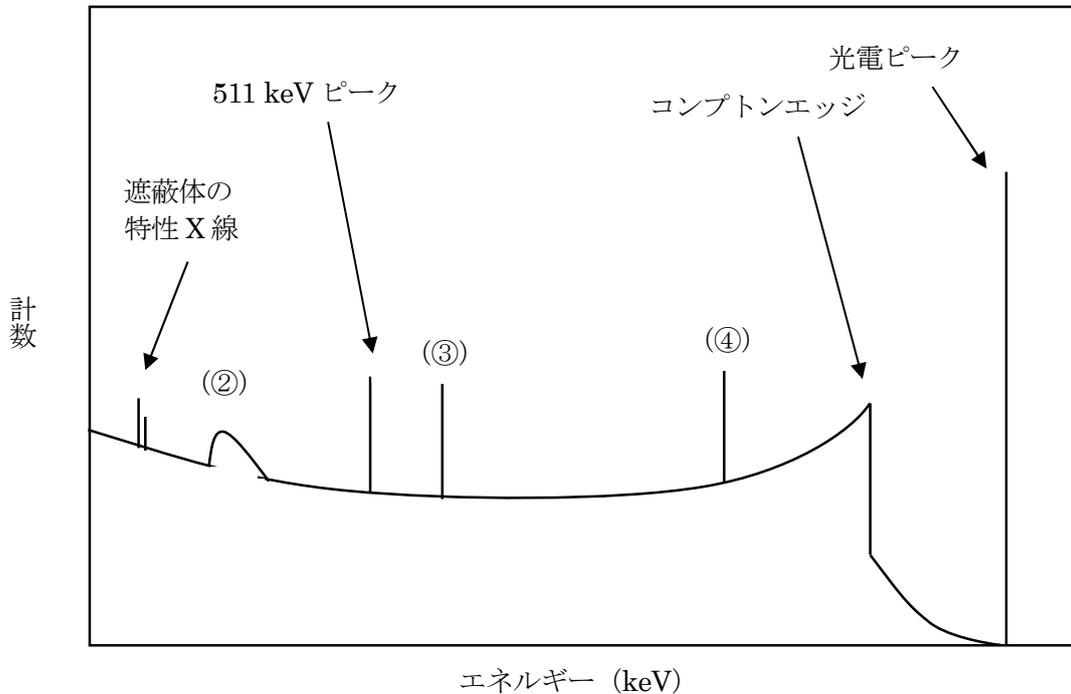
②線減弱係数

③ビルドアップ係数

(2) 3.7×10^3 MBq の ^{60}Co 点線源から空気中で 1 m 離れた位置に、厚さ 1 m のコンクリート遮蔽壁が設置されている。コンクリートを透過した位置における実効線量率 [$\mu\text{Sv/h}$] を、計算式を記載して有効数字二桁で求めよ。ただし、 ^{60}Co の実効線量率定数を 0.305 (本定数は問題文中の単位を換算せずに適用可能)、1 m のコンクリートの実効線量透過率を 1.52×10^{-4} とし、散乱線は考慮しないこととする。

(3) ^{137}Cs 点線源からの γ 線を 1/4 以下に減衰させるためには、コンクリートの厚さは何 cm 以上必要となるか、計算式を記載して整数で求めよ。ただし、 ^{137}Cs からの γ 線に対する質量減弱係数は $0.06 [\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}]$ 、コンクリートの密度は $2.35 [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}]$ 、 $\ln 2 = 0.693$ とし、散乱線は考慮しないこととする。

第3問 以下の図は、遮蔽体内で線源を測定した際にゲルマニウム半導体検出器内に生ずるエネルギー分布の概略図の例である。以下の問いに答えよ。



- (1) 図中の次の用語について簡潔に説明せよ。その際、各用語に付した () 内に記載するキーワードを使用すること。
- (a) 光電ピーク (キーワード：検出器有感部、軌道電子、光電子)
 - (b) コンプトンエッジ (キーワード：検出器有感部、散乱角、連続エネルギー分布)
 - (c) 511 keV ピーク (キーワード：検出器、鉛遮蔽体等周辺物質、電子対)

- (2) 以下の文章中の に入る適切な語句を番号とともに記せ。なお、 ② から ④ については、上記のエネルギー分布図におけるピークの名称として適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑥－東京

ゲルマニウム半導体検出器により測定した γ 線スペクトルに関する核種の同定は、検出されたピークのエネルギーと解析用核データライブラリを照合して行う。通常、ソフトウェアで自動解析された帳票が出力されるが、検出された放射性核種の γ 線ピークに

ついて以下の事項について確認することが重要である。

- 1) ベースライン計数の ① に伴う検出の可能性
- 2) ② ピーク、 ③ ピーク、 ④ ピーク、サムピークの可能性
- 3) 試料中の水により減速された ⑤ との相互作用ピークの可能性

第4問 以下の文章中の〔①〕から〔⑳〕に入る最も適切な語句又は数値を【選択肢】からそれぞれ選び、対応する番号とともに記せ。なお、同じ番号の〔 〕には、同じ語句等が入る。

〔解答例〕 ㉑－東京

- (1) 放射性核種を体内に取り込むことによって生じる〔①〕には、主に〔②〕、〔③〕、〔④〕の3つの経路がある。このうち、〔②〕は主に肺から、〔③〕は〔⑤〕から放射性核種が取り込まれ、いずれも血流によって放射性核種が全身に運ばれるが、特に骨に沈着しやすい放射性核種の性質を〔⑥〕と呼び、代表的な核種に〔⑦〕、〔⑧〕などがある。放射線管理において、〔①〕の線量の算出には〔⑨〕が用いられる。職業被ばくの場合、〔⑩〕年間の被ばく線量を積算して扱うため安全側の評価になる。
- (2) 放射線被ばくは線量率によって〔⑪〕と〔⑫〕に分けられることがある。〔⑪〕は比較的高い線量率で短時間被ばくした場合、〔⑫〕は比較的低い線量率で長時間被ばくする場合を指す。〔⑪〕によって高い線量を被ばくすると、脱毛、紅斑等の〔⑬〕が発生する可能性がある。〔⑬〕はしきい線量があるが、しきい線量とは被ばくした集団において〔⑭〕パーセントの〔⑮〕が観察される線量と定義されている。
- (3) 1999年に発生した東海村JCO臨界事故では、〔⑯〕溶液が臨界となった。この事故は国際原子力事象評価尺度（英語略称で〔⑰〕）においてレベル4とされており、その2年前に旧動燃東海再処理工場内のアスファルト固化処理施設の火災・爆発事故はレベル〔⑱〕とされた。
- (4) 放射線の防護体系についてのガイダンスと勧告を出版物（Publication）として刊行している非営利団体は〔⑲〕である。放射線防護の三原則とは、正当化、防護の〔⑳〕、線量制限であり、特に線量限度は規制値としてわが国の法令にも取り入れられている。

【選択肢】

・ 1	・ 2	・ 3	・ 4	・ 5
・ 10	・ 20	・ 50	・ 70	・ 100
・ UNSCEAR	・ INES	・ ACRR	・ ICRP	・ IAEA
・ トリチウム水	・ 硝酸ウラニル	・ 酢酸ウラニル	・ 塩化トリウム	・ 初期被ばく
・ 慢性被ばく	・ 偏在性	・ 半減期	・ リスク管理	・ 遵守
・ 突然変異	・ 遺伝性影響	・ 確定的影響	・ 最小化	・ 急性被ばく
・ 性別	・ 膀胱	・ 胃腸管	・ 外部被ばく	・ 線量当量
・ 預託線量	・ LNT モデル	・ 経皮摂取	・ 慢性摂取	・ 吸入摂取
・ 余剰摂取	・ 潜伏期	・ 環境防護	・ 決定経路	・ 組織加重係数
・ 内部被ばく	・ 死亡	・ 発症	・ アブスコパル効果	
・ ^{60}Co	・ ^{90}Sr	・ ^{135}Cs	・ ^{45}Ca	・ 骨親和性
・ 線量率効果	・ 最適化	・ 経口摂取		

第5問 以下の問いに答えよ。

- (1) 平常時における環境放射線モニタリングにおける目的について、以下の文章中の 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〕 ⑥－東京

- 1) 原子力施設の周辺住民等の健康と安全を守るため、平常時から、環境における原子力施設起因の放射性物質又は放射線による周辺住民等の ① を推定し、評価する。
- 2) 原子力施設からの影響の評価に資するため、平常時から、原子力施設の運転により原子力施設から放出された放射性物質の環境における ② 状況を把握する。
- 3) 原子力施設から敷地外への予期しない放射性物質又は放射線の放出を検出することにより、原子力施設の ③ の早期発見に資する。また、原子力施設から予期しない放射性物質又は放射線の放出があった場合に、その影響を的確かつ迅速に評価するため、平常時モニタリングの ④ を把握しておく。
- 4) ⑤ が発生した場合に、 ⑤ におけるモニタリングへの移行に迅速に対応できるよう、平常時から ⑤ を見据えた環境放射線モニタリングの実施体制を備えておく。

- (2) (1) 1) の目的を実施するための下記の下記の3つの項目について、原子炉に由来する放射性物質又は放射線測定における測定対象(放射線の種類又は放射性核種)、測定頻度及び測定方法(測定機器、採取対象、採取方法)について述べよ。

- 1) 空間放射線量率の測定
- 2) 大気中の放射性物質の濃度の測定
- 3) 環境試料中の放射性物質の濃度の測定

第6問 以下の問いに答えよ。

- (1) 分解時間（不感時間） 0.2 ms の GM 計数管を用いて計数するとき、1 分間に $60,000$ のカウントが得られた。この場合の真の計数率 (min^{-1}) を求めよ。ただし、統計誤差を考慮しなくて良い。
- (2) 放射線計測装置を用いて線源を測定したところ、 $400\text{ (min}^{-1}\text{)}$ の計数率が得られた。統計誤差（標準偏差）で 5% の精度の測定に要する時間（分）を求めよ。
- (3) 640 MBq の ^{131}I 線源について、 40 日経過した時の放射能 (MBq) を求めよ。なお、半減期については整数とする。
- (4) $2,000\text{ Bq}$ の ^{137}Cs 線源について放射線計測装置を用いて、 100 秒間測定したところ、 $5,200$ のカウントを得られた。また、線源がない状態で 100 秒間測定したところ、 100 のカウントが得られた。この時の計測装置の計数効率 (%) を求めよ。
ただし、 ^{137}Cs 線源の γ 線エネルギーを 662 MeV とし、その γ 線の放出比は、 0.85 とする。また、統計誤差を考慮しなくて良い。

【メモ】

【メモ】