

第 68 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 8 年 3 月 18 日

第1問 次の用語について、簡潔に説明せよ。

- (1) 光子線のビルドアップ
- (2) 線阻止能と質量阻止能及びそれぞれの単位
- (3) 緊急時被ばく状況
- (4) 比例計数管
- (5) 人体に対する放射線の間接作用

第2問 以下の問いに答えよ。算出の過程についても、用いた式とともに説明すること。

- (1) 単一エネルギー光子の細い線束に対する単一元素金属の半価層が 0.400 mm の時、同じ線束に対する 1/10 価層 [mm]を有効数字2桁で求めよ。ただし、 $\ln 2=0.693$ 、 $\ln 10=2.30$ とする。

- (2) 放射線管理における個人モニタリングにおいて、不均等被ばくによる実効線量 E は下式で算出することができる。

$$E=0.08H_a+0.44H_b+0.45H_c+0.03H_m$$

H_a : 頭頸部^{けい}における 1 cm 線量当量

H_b : 胸部及び上腕部^{たい}における 1 cm 線量当量

H_c : 腹部及び大腿部^{たい}における 1 cm 線量当量

H_m : 頭頸部^{けい}、胸部・上腕部^{たい}及び腹部・大腿部^{たい}のうち線量当量が最大となるおそれのある部位における 1 cm 線量当量

鉛エプロンで頭頸部^{けい}を除いた体幹部^{けい}を覆い、頸部^{けい}に1台、鉛エプロン外側の胸部に1台、鉛エプロン内側の腹部に1台の計3台の線量計を装着した。それぞれの1 cm 線量当量が $2.0 \mu\text{Sv}$ 、 $2.5 \mu\text{Sv}$ 、 $0.10 \mu\text{Sv}$ であった時、不均等被ばくによる実効線量 E を求めよ。

- (3) γ 線放出率が1秒当たり 1.20×10^8 である等方点線源から 100 cm の位置に有効面積が 1.00 cm^2 の検出器 A を設置し、 γ 線を測定したところ、60.0 秒間の測定値は 18000 カウントであった。また、線源を取り除いた場合の測定値(バックグラウンド測定値)は、300 秒間で 150 カウントであった。このとき、正味の計数率を統計誤差(1標準偏差)とともに有効数字3桁で求めよ。また、測定器 A の検出効率を有効数字2桁で求めよ。線源から放出された γ 線は線源から検出器の間で相互作用を起こさず、また、検出器 A の検出効率は γ 線のエネルギーに依らないものとする。 $\sqrt{2}$ 、 $\sqrt{3}$ 、 $\sqrt{5}$ 、円周率はそれぞれ、1.41、1.73、2.24、3.14 とする。

第3問 以下の問いに答えよ。

(1) 次の表は、発電用原子炉施設（PAZ 及び UPZ 設定を要する）について、平常時モニタリングの目的ごとに最低限対象とすべき核種を整理したものである。□に入る適切な核種を番号とともに記せ。なお、同じ番号の□には同じ核種が入る。

[解答例] ⑬-Xx-400

[表] 発電用原子炉施設（PAZ 及び UPZ 設定を要する）を対象とした平常時モニタリングの対象核種

目的	調査項目	対象核種
周辺住民等の被ばく線量の推定及び評価	大気中の放射性物質の濃度	①、②、Cs-134、 ③
	環境試料中の放射性物質の濃度	①、Sr-90、②、 Cs-134、③
環境における放射性物質の蓄積状況の把握	環境試料中の放射性物質の濃度	③
緊急事態が発生した場合への平常時からの備え	環境試料中の放射性物質の濃度	H-3、①、Sr-90、 ③、④、 Pu-239+240

(2) 放射性ダストモニタに関する以下の文章について、□に入る適切な語句又は数値を選択肢から選び、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] ⑬-東京

ダストモニタは、放射性ダスト□⑤に放射線検出器を装着し、ろ過捕集方法によって空气中に浮遊する粒径□⑥ μm 以上の□⑦ 状物質を捕集し、放射線測定器による測定によって空气中の浮遊□⑦ 状物質による放射能濃度を算出し、指示値が設定値を超えたときに□⑧を発生する機能をもつ。

- 施設の作業環境における空气中の放射能濃度の測定
- 施設から環境中に排出される□⑨中の放射能濃度の測定
- 施設の周辺環境における空气中の放射能濃度の測定

【選択肢】				
・ サンプラ	・ 警報器	・ ろ紙	・ 0.3	・ 0.5
・ 1	・ バルク	・ 粒子	・ 液体	・ メール
・ 警報	・ におい	・ 排水	・ 排気	・ 固体

- (3) 放射性ストロンチウムについての次の文章中の□に入る適切な語句を番号とともに記せ。

[解答例] ⑬－東京

放射性ストロンチウムは主に U-235 等の核分裂により□^⑩され、その核分裂収率が□^⑪ことが知られている。体内に入ると□^⑫に沈着する。そのため、大気圏内核実験や原子力発電所事故等により環境中に放出されると放射性ヨウ素や放射性セシウムとともに、被ばく線量評価上重要な核種としてモニタリングする必要がある核種である。

- (4) 原子力施設の周辺において実施される平常時モニタリングにおいて、 γ 線を測定対象とした空間放射線量率の測定が行われる。この空間放射線量率は、自然現象、大気圏内核実験、医療・産業用の放射線源の影響、原子力施設の運転状況の変化、測定器の特性変化等により変動する。この変動原因のうち、自然現象による例を1つ挙げ、その変動のパターンを簡潔に説明せよ。

第4問 個人被ばく管理に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 個人被ばく管理について、以下の①及び②を解答せよ。
- ① 「外部被ばく」において、「 α 線」、「 β 線」、「 γ 線」のうち、どの放射線の影響が大きいと考えられるかを記載し、その理由を簡潔に説明せよ。
- ② 「内部被ばく」は、放射性物質が体内に取り込まれることにより生じるものである。その摂取経路（「放射性医薬品の摂取」を除く。）から1つを選択し、放射性物質がどこから取り込まれるか、また、それを防ぐための方法を簡潔に説明せよ。
- (2) 被ばく線量の低減対策の手段として、最初の段階では工学的管理を行い、次の段階で、管理的対策を行い、これらの手段では合理的な被ばく線量の低減が十分でないときは、個人用防護具の使用が行われる。これらの手段に関する以下の文章について、に入る適切な語句を選択肢から選び、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〕⑪－東京

工学的管理の目的は、作業員から①を物理的に隔離し、外部被ばく等をなくすか低減することである。例えば、遮蔽板等の遮蔽材を①又は散乱体と従事者の②に設置するなどである。工学的管理は他の防護措置に③考慮されるべきである。

管理的対策では実施する④に基づき、環境測定やシミュレーション計算等により場の線量率と推定される⑤から被ばくの計画線量を事前に把握して、⑥、手法の改良や、場合によっては工学的管理の可能性を検討する。これには、模擬作業による具体的な⑥の確認と課題検討が有効である。これにより、被ばくを伴う作業場で、可能な限り円滑に作業を遂行することで⑤を短縮でき、被ばくを最小化することに役立つ。

個人用防護具を用いる場合、作業効率を⑦させ、その結果として⑤が⑧なる可能性や一般的な安全性に関する⑨も考えられるため、⑩防護具を選ぶことが重要である。

【選択肢】

- | | | | | | |
|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| ・線源 | ・容器 | ・遮蔽 | ・外 | ・間 | ・直上 |
| ・先立って | ・遅らせて | ・含めて | ・測定方法 | ・企画 | ・作業計画 |
| ・作業基準 | ・作業時間 | ・休憩時間 | ・作業手順 | ・時間割 | ・休憩場所 |
| ・低下 | ・向上 | ・長く | ・リスク減少 | ・リスク維持 | |
| ・リスク増加 | ・強い | ・弱い | ・適切な | | |

(3) プルトニウムを誤って吸入摂取した場合の内部被ばく線量の計算に必要なとなる摂取量の推定に最も高い検出感度を有している測定法を以下の①～⑥の中から選択し、番号を示せ。なお、飛散量は少ないものとする。

【選択肢】

- ① 表面汚染密度測定法
- ② バイオアッセイ法
- ③ 空气中放射性物質濃度測定法
- ④ 環境 γ 線測定法
- ⑤ OSL法
- ⑥ 体外計測法

第5問 下記の問いに答えよ。

- (1) 次の文章中の□に入る適切な語句又は数値を番号とともに記せ。なお、①、②については選択肢から選択せよ。

〔解答例〕 ⑨－東京

トリチウムは、半減期□①年、最大エネルギー□② keV の□③線放出核種である。

大気中に存在するトリチウムは、主に水蒸気状、□④状及び□⑤状の化学形態で存在する。

環境中のトリチウム濃度の測定として水試料を採取する場合は、□⑥水、□⑦水、□⑧水が対象となる。

【選択肢】 ①、②で使用				
5.3	12.3	13.5	14.4	18.6
28.8	30	60	186	511

- (2) 大気中にある水蒸気状のトリチウムの捕集方法について、方法名を3つ述べよ。
- (3) 捕集により得られた試料水に対して、液体シンチレーションカウンタによりトリチウムの測定が行われる。測定を阻害するクエンチングの要因を3つ述べよ。

第6問 下記の問いに答えよ。

- (1) 管理区域内において作業者は、呼吸用保護具を着用して放射線作業を実施していた。作業中は、作業環境測定として、移動型ダストモニタを使用して空气中放射能濃度の測定を実施していた。

次の条件を使用して、この呼吸用保護具の防護係数を有効数字2桁で求めよ。

- ・ 空气中放射能濃度の測定値 : 平均濃度で ^{60}Co : 10 Bq/cm^3
- ・ 作業時間 : 60 min
- ・ 作業者の呼吸量 : 20 L/min
- ・ 作業者の摂取量 : $6.0 \times 10^5 \text{ Bq}$
- ・ 作業者の呼吸域における空气中放射能濃度と移動型ダストモニタ設置位置における空气中放射能濃度との比 : 10
- ・ 吸入した ^{60}Co の体内残留量 : 100 %

- (2) 管理区域内の作業環境測定として空气中放射能濃度の評価のため、フィルタによる空气中の放射性物質の採取を実施した。採取したフィルタを測定器により測定したところ、 ^{131}I が検出された。

次の条件を使用して、作業環境測定時の ^{131}I の空气中放射能濃度 [Bq/cm^3] を有効数字2桁で求めよ。ただし、フィルタによる採取終了からフィルタの測定開始までの4日間は半減期による減衰を考慮し、これ以外の時間は半減期による減衰を考慮しない。

- ・ フィルタによる採取時間 : 60 min
- ・ フィルタによる採取流量 : 50 L/min
- ・ フィルタの測定開始 : 採取終了4日後に測定
- ・ フィルタの測定時間 : 10 min
- ・ フィルタの測定値 : 1310 カウント
- ・ バックグラウンド測定時間 : 20 min
- ・ バックグラウンド測定値 : 100 カウント
- ・ フィルタの捕集効率 : 20 %
- ・ 測定器の計数効率 : 50 %

【メモ】

【メモ】