

第 51 回

核燃料取扱主任者試験

放射線の測定及び放射線障害 の防止に関する技術

- (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。
(問題を書き取る必要はない。)
- (ロ) 問題は全部で6問。1問題ごとに1枚の解答用紙を使用すること。
- (ハ) 第6問については、5問中4問を選択して解答すること。

平成 31 年 3 月 7 日

第1問 次の文章の□の部分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－東京

- (1) 軌道を回っている電子が□①に捕獲される現象を□②捕獲という。□②捕獲では、□①の□③が□④と□⑤に変化する。これを式で表すと、□⑥壊変の式で、陽電子の項を右辺から左辺に移項させたものに相当する。



□②捕獲では主に□⑦殻の軌道の電子が捕獲される。□⑦殻の軌道にできた□⑧を埋めるために□⑨の軌道から電子が移ってくるが、その際にそれぞれの軌道の□⑩エネルギーに差があるために、その差のエネルギーの□⑪X線が放出されることになる。

- (2) □①では□③と□④が、核種に固有なエネルギーの軌道に収まっている。通常、□①では最も低いエネルギーの軌道から収まっていることを□⑫状態にあるという。
- (3) □⑫状態に対して、核子が□⑫状態よりエネルギーが□⑬い軌道にあるとき、□①は不安定な□⑭状態にあるという。この不安定な状態からエネルギーを放出して□⑫状態となるために、□⑮線を放出する場合と、□②に□⑯エネルギーを与えて放出する場合の□⑰転換がある。
- (4) 希に□⑭状態のまま比較的□⑱な状態でとどまっていることがあり、このような□⑭状態にある□①を□⑲と呼び、□⑮線を放出して別なエネルギー状態に移ることを□⑳という。

第2問 次の文章の□の部分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－東京

- (1) γ 線のスペクトル測定には、高純度の①スペクトロメータや②シンチレーション・スペクトロメータが用いられる。分解能は①検出器が優れている。③効率②シンチレーション・スペクトロメータが有利である。
- (2) γ 線がそのエネルギーを失う効果としては、④効果、⑤効果、⑥がある。検出器の⑦部分に γ 線が入射すると、④効果、⑤効果、⑥の⑧作用により、電荷キャリアが作られ、出力信号となる。仮に単一エネルギーを持つ γ 線が⑦部分に入射しても、⑧作用の種類や⑨角などにより、出力パルスの⑩が異なるので複雑なスペクトルを得る。
- (3) ⑪線のエネルギーは4～7MeVの範囲にあり、エネルギー範囲が数桁に及ぶ⑫線や γ 線とは異なる。⑪線の⑬は空気中で5cm程度であり、試料を厚くすると、⑭吸収により、⑪線のエネルギーの一部が試料中で失われる。このため⑭吸収を避けるために、蒸着などによりごく⑮い測定試料とし、測定する際は、空気層による吸収を避けるために真空中で行い、検出器の入射窓を⑮くするか、内部試料計数法を用いるなどの手段をとる必要がある。
- (4) ⑫線放出核種を取り扱う作業では、厚さ1～1.5cm程度の透明なアクリル板が⑫線の遮へい用として用いられる。このとき重要なのは、⑫線のエネルギーが高くなると、遮へいされる際に⑯放射線が発生し、その放出割合は、⑫線のエネルギー及び遮へい物の⑰が大きくなるにつれて増加する。このため発生した⑯放射線を遮へいするには、アクリル板の外側をコンクリートや⑱などの高⑰の物質で覆う必要がある。
- (5) 液体シンチレーションカウンタの特徴としては、トルエンなどの溶媒中にPPOなどの溶質を溶かし込んだ有機シンチレータを用いている。これは測定試料を直接シンチレータに溶かし込むため、幾何学的検出効率は100%であり、⑫線測定の際に線源による⑭吸収、⑰散乱、検出器の入射窓による吸収などの影響はなくなる。よって⑳や ^{14}C の低エネルギーの⑫線計測には適している。

第3問 次の文章の□の部分に入る適切な語句又は数値を番号とともに記せ。なお、同じ番号の□には同じ語句又は数値が入る。

〔解答例〕 ⑪－東京

- (1) フリッケ線量計は 100eV 吸収されると約 15.6 個の Fe^{2+} が □ ① される。
- (2) 水の質量エネルギー吸収係数は広いエネルギー範囲で空気の約 □ ② 倍である。
- (3) 放射線測定器には、それぞれ固有の感度があるため、□ ③ 定数が与えられている。□ ③ 定数は測定器の □ ④ によって変化するおそれがあるため、定期的に求めておく必要がある。
- (4) 放射性物質による表面汚染には、□ ⑤ 性と □ ⑥ 性のものがある。□ ⑤ 性の場合、□ ⑦ 被ばくが問題となり、一方 □ ⑥ 性の場合、呼吸などからの □ ⑧ 被ばくが問題となる。サーベイメータを用いて、これらの表面汚染を測定する場合は、一般的には直接法や間接法を用いる。床汚染を引き起こした放射性物質が短半減期である場合、汚染箇所を □ ⑨ し、ビニールシートで養生し、放射性物質自身の □ ⑩ を待つのも効果的である。

第4問 内部被ばくに関する以下の問いに答えよ。

- (1) 以下に示した放射性核種について、体内において最も集積される部位を基準として、(a) から (d) に示した臓器別に分類せよ。

【放射性核種】

^3H ^{137}Cs ^{131}I ^{90}Sr ^{241}Am ^{40}K ^{45}Ca

- (a) 全身
- (b) 筋肉
- (c) 甲状腺
- (d) 骨

- (2) 次の文章の□の部分に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑦－東京

放射性核種の摂取経路には、□①器、消化器、皮膚、粘膜などが考えられるが、その侵入の程度は化学的性質に大きく依存する。一般的に、□②性の物質は、消化管から吸収される。一方、□③性の ^{131}I などでは、気道を通して吸収されやすく、また $^{239}\text{PuO}_2$ を含む□④状の物質は、気道粘膜への□⑤を特徴とする。通常、皮膚や粘膜によって、放射性核種の侵入は制限されるが、□⑥がある場合は取り込みが促進される。

第5問 放射線障害と放射線リスクに関する以下の文章について、の部分に入る適切な語句又は数値を番号とともに記せ。なお、同じ番号のには同じ語句又は数値が入る。

〔解答例〕 ㉑－東京

- (1) 単一細胞に生じた遺伝学的損傷とその後の細胞増殖が引き起こす確率的影響に対比すると、①的の影響は、細胞集団への致死性障害に起因する影響と見なされる。この場合、組織の被ばくが限定的であれば、残存する組織によって機能の②ができるため、臨床的な徴候が現れることなく耐えられる。これが③値線量が存在する理由とされる。
- (2) 組織や器官の放射線感受性は多様であり、感受性の高い部位には、卵巣や④、⑤、そして眼の⑥などがある。一般に、これらの組織における被ばく線量と発生率の関係をプロットすると⑦曲線になり、被ばく線量の増加に伴ってその影響は大きく変化する。
- (3) RBE は、着目する放射線と基準放射線の単位吸収線量当たりの生物学的影響の効果の⑧で表され、高⑨放射線ほどRBEが大きい。一般に、低線量では確率的影響のRBEよりも組織反応のRBEの方が⑩い。
- (4) 放射線誘発の⑪病は、被ばく後2、3年目から発生する。一方、⑫がんは、がん好発年齢になってから多発する。発がんのリスク推計では、⑬にわたる発生数を予測するために回帰モデルが利用されている。
- (5) 高・中線量の放射線による発がんのリスクは、全種類の⑭がんを合わせたリスクとして、線量に対して⑮又は直線－2次曲線の線量効果関係を示す。また、⑯病に関しては直線－2次曲線の線量応答を示す。
- (6) 放射線のリスク推計は⑰学の知見に基づいている。⑰学による観察結果は、様々な⑱や交絡因子の影響を受けることが常である。低線量におけるリスク評価は、がん等の発生率が相対的に低いため、その⑲的検出力に見合う規模の観察集団を設定できないために不確実性が大きい。

- (7) 放射線加重係数は、同じ吸収線量の γ 線やX線と比較して、光子、及び μ 中間子については1、陽子及び荷電 π 中間子では2、 α 粒子、核分裂片及び重粒子ではの値が与えられている。中性子では、の連続関数によって定義される。

第6問 放射線防護及び被ばく対応に関する以下の5つの語句の中から、4つを選択し簡潔に説明せよ。

- (1) 生物学的半減期を決定する要因
- (2) 預託線量
- (3) 生物学的な線量推定方法
- (4) 放射性物質の体外への排出方法
- (5) 造血器系障害に対する医学的処置