

第 46 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。
- (ハ) 第 3 問は (1) ~ (4) と (5)、(6) は別の解答用紙を使用すること。

平成 26 年 3 月 11 日

第1問 次の文章の□の部分に入る適切な語句又は式を番号とともに記せ。なお、同じ番号の空欄には同じ語句、数値又は式が入る。

〔解答例〕 ㉑—β線

- (1) γ (X)線が物質を通過する時、□①効果、□②、□③、にその物質にエネルギーを伝えることで減弱して行く。
- (2) コリメートされた細い線束での γ 線が x cmの物質に入射する場合、入射する前の強度を I_0 とし、物質の線減弱係数を μ とした場合、物質を通過した後の強度を I とした場合、
 $I = \square$ ④の式で表すことができる。
- (3) γ 線が広い線束の場合には、物質中で□②された散乱線の寄与も考慮する必要がある。この場合、寄与する係数を B で表し、□④式は、 $I_0 e^{-\mu x}$ と表すことができる。このとき B のことを□⑤係数という。
- (4) γ (X)線の放射線量を物質によって遮へいし、 $1/2$ の放射線量とする物質の厚さのことを□⑥といい、□④の式から、 $x_{1/2} = \ln 2 / \mu = \square$ ⑦/ μ となる。
- (5) 中性子線の遮へいでは、原子核に衝突した際、核反応を起こさせないで、玉突きのような状態となり、方向だけが変わる場合がある。これを□⑧散乱といい、標的となった原子核にその運動エネルギーが伝わることで、エネルギーを失うことになる。この場合、効果的なのは、中性子と標的核の質量が□⑨ときに標的核に与えるエネルギーが最も□⑩くなる。
- (6) 中性子が標的原子核と衝突し、標的原子核を□⑪し、入射した中性子のエネルギーは減少する。この場合、□⑪した標的原子核が□⑫や□⑬線を放出することで基底状態に移る反応を非弾性散乱と呼ぶこともあり、□⑭中性子の遮へいにはこの効果を利用し、多くは□⑮を用いて遮へい体としている。
- (7) 中性子が標的原子核に□⑯されることで、□⑫や□⑬線を放出することを□⑰反応と呼ぶ。この場合、熱中性子の□⑯反応の断面積は物質の種類によって大きく異なる特徴がある。
- (8) □⑱粒子を放出する反応は中性子の□⑲としても用いられ、□⑳を多く含む減速材に用いることで熱中性子を効率的□⑱粒子に変換し、遮へいすることが可能となる。

第2問 次の(1)～(10)のうち、___印の部分について、正しい場合は○印を、間違っている場合は×印を番号とともに記せ。ただし、×印を記したものについては、適切な語句又は数値を記せ。

〔解答例〕 (11) - ○ 〔解答例〕 (12) - × 大阪

- (1) 熱ルミネッセンス線量計 (TLD ; thermoluminescence dosimeter) に使われる実効原子番号は人体軟組織に近いので、人体組織等価物質として使われている。
- (2) β 線の制動放射線の発生は、鉄よりアルミニウムの方が大きい。
- (3) β 線の遮へいとしては、透過力が弱いので、手に触れる部分については薄いゴム手袋の着用で充分である。
- (4) 高エネルギーの β 線を遮へいする時には、 β 線の相互作用を考慮した特性X線による放射線を考慮する必要がある。
- (5) 荷電粒子が気体中でイオン対を1個生成するのに必要な平均エネルギーをG値という。
- (6) 密封線源として良く用いられる ^{241}Am -Be 中性子線源から放出される中性子のエネルギー範囲は、0～6.5MeV(平均 2.35MeV)である。
- (7) 一般的に線源の小型遮へい容器には、内側に鉄、次に厚さ 10cm 程度のポリエチレンを外側には鉄又は鉛を使うことが多い。
- (8) 検出器及び分析器は有限な分解時間(不感時間) τ を持つ。分解時間内に入射した放射線及び入力信号は数え落としたことになる。計数率が高いときには、波高分析器では数え落としが問題にはならない。
- (9) ZnS(Ag) シンチレーション検出器、Si 半導体検出器、比例計数管又は固体比例計数管、固体飛程検出器で測定される線種は中性子線である。
- (10) 端窓型 GM 計数管式サーベイメータは、電離箱型サーベイメータに比べて β 線に対する感度は高い。

第3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。(ただし、(1)～(4)と(5)、(6)は、別の解答用紙に記入すること。)

〔解答例〕 ① — α線

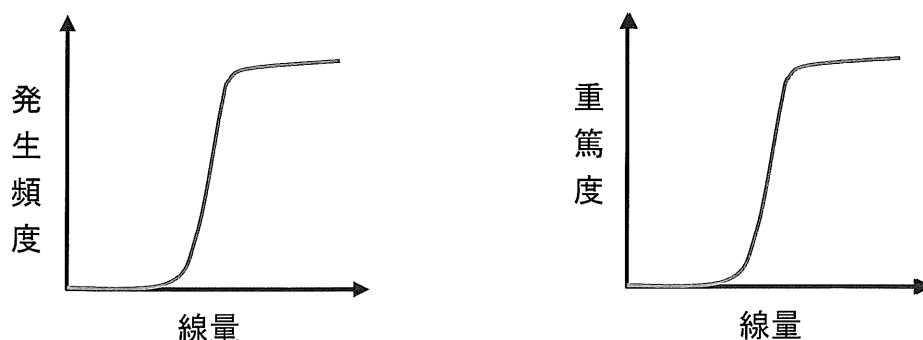
- (1) 事故発生を未然に防止するためには、過去に起きた事故の原因を究明し、防護の対策を考えることが重要である。取り扱う物に原因がある□①原因や取り扱い方に問題がある□②原因。そして取り扱う人に問題がある□③原因の3つに分けることができる。
- (2) 事故が起きた場合に取りかねばならぬ措置には、□④措置と□⑤の措置がある。これらは誰が何を行わなければならないかをあらかじめ定め、□⑥等を通じて関係者との間で周知しておく必要がある
- (3) □④措置の原則としては、人の生命や身体の安全を第一に考え、人命救助を優先とし、物的損失を第二とする考え方の□⑦の保持である。事故発生時には□⑧に事故が起こったことを知らせ、事故現場からの避難を行う。
- (4) 続いて、事故が起きた区域や被ばくに関する人数や被ばく量の□⑨防止をする必要がある。この時、被ばく量、事故現場の区域、被ばくした人、汚染発生については□⑩評価する必要がある。
-
- (5) 放射線障害の現れ方や程度は、生物学的な修飾要因と放射線源に関係する修飾要因によって左右される。放射線障害を□⑪するためには、各要因を考慮して対策されるべきである。生物学的な要因には、年齢、□⑫、□⑬的素因、健康状態などがある。一方、線源に関わる要因として、線量、□⑭、線量率および□⑮が挙げられる。一般的には、吸収線量が同じときには、線エネルギー付与(LET; linear energy transfer)が□⑯ほど、あるいは線量率が□⑯ほど障害が大きくなる傾向にある。
- (6) 空気中に放出された放射性物質を吸入した場合、その摂取量は、空気中に含まれる放射能□⑰から求めることになる。基本的には、作業者が吸入した□⑱量に対して、実測された放射能□⑰を乗じて求める。しかしながら、放射能を□⑲している場所が離れているときや、時間経過に伴う不確定さが避けられないときには、得られる推定値については□⑳側に適用されるべきである。

第4問 放射線障害に関わる(1)～(3)の文章中の□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。また、(4)の問いに答えよ。

〔解答例〕 ⑰—東京

- (1) 生体への放射線影響を考える上で最も重要な標的はDNAである。DNAには□①情報が含まれており、その一次構造である□②配列に変化が生じると□③や突然変異が誘発される。突然変異が体細胞の異常な□④を促すと、発がんなどの原因となる。一方、□⑤細胞に突然変異が起こると、子孫に伝達する遺伝的影響が想定される。しかしながら、ほとんどのケースでは、□⑥から胚・胎児期を経て、出生までの過程で、有害な遺伝子事象は□⑦されるので、ヒト集団の中に伝播する確率は低い。
- (2) DNAと□⑧が結合・凝縮して出来た巨大な分子構造体が染色体である。その高次構造における大きな変化は染色体異常として検出される。染色体は主に細胞周期の□⑨期に観察される。緊急時の被ばく線量の推定では、□⑩染色体や2動原体染色体などの不安定型構造の出現頻度が利用されることが多い。これらの形成は、正常な細胞分裂を阻害して□③に至らしめる。一方、がんの誘発には、□⑪などの安定型染色体異常が関与する。この型の異常の検出には、Gバンド法(ギムザ染色法)や□⑫法が有用である。
- (3) 物理的・化学的な原理に基づいた個人線量評価が困難であるときには、生物学的な線量測定が検討される。その利用に際しては、(1)□⑬依存性、(2)□⑭を区別出来ない、(3)検体の収集、□⑮、解析における手間と費用、(4)不安定型染色体異常のように□⑯とともに変動(減少)する場合などへの配慮が必要である。
- (4) 確定的影響に関して、被ばく線量に対する発生頻度の関係を以下に図示している(左図)。これを参考に、その重篤度(悪性度)が線量とどのような関係にあるのかを{記入例}図を参考に示せ。また確定的影響について、典型的な障害例を2つ挙げよ。

{記入例}



第5問 放射線防護の観点から、下記の対になった語句の違いを簡潔に説明せよ。

- (1) 「等価線量」と「実効線量」
- (2) 「亜致死損傷 (SLD) 回復」と「潜在的致死損傷 (PLD) 回復」
- (3) 「分裂死」と「間期死」
- (4) 「細胞再生系」と「(細胞) 非再生系」
- (5) リスク推定における「バイアス」と「交絡因子」