

第 45 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。

平成 25 年 3 月 15 日

第1問 (1)～(6)については、文章中の□の部分に入る適切な語句、数値又は式を番号とともに記せ。なお、同じ番号の□には同じ語句、数値又は式が入る。また、(7)の設問は計算式を示して記せ。

〔解答例〕 ⑪—東京

- (1) 原子核から放出される光子をガンマ線といい、□①の運動で発生する光子を□②線という。ガンマ線と□②線はどちらも電磁波の種類であり、物理的には同じものである。
- (2) □③効果とは、軌道電子が外界からエネルギーをもらって飛び出すことをいい、この飛び出た電子を□④電子という。
- (3) エネルギーを  $E_\gamma$  とし、軌道電子の結合エネルギーを  $E$  とすると、放出される□①のエネルギーは□⑤で表すことができる。
- (4) □⑥散乱は光子と電子の散乱のことであり、エネルギー保存の法則と運動量保存の法則によって散乱光子、□⑦のエネルギーを求めることができる。
- (5) 光子のエネルギーが電子の質量の2倍にあたる□⑧ MeV を超えると電子対生成が起こる。
- (6) 光子が物質中にはいると、□③効果、□⑨散乱、電子対生成の過程で減衰することになる。線源から放射される光子がコリメートさせられたとき、入射する光子密度が、物質中で半減する厚さのことを□⑩という。
- (7) 2m 離れた位置で  $\gamma$  線を放出する放射線源の1時間あたり照射線量が  $3.2 \times 10^{-5} \text{C/kg}$  であるときに、この放射線源から10m離れた位置に相当する空気吸収線量率[Gy/h]はいくらになるか計算せよ。

また、放射線源から10m離れた場所で1週間(40時間)作業したときの集積される被ばく線量はいくらになるか。

ただし、電子に対する空気のW値は34eVとする。

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、適切な語句および式を記せ。

〔解答例〕 (11)－○、 (12)－× 大阪

- (1) 親核種および娘核種の原子数をそれぞれ  $N_1$ 、 $N_2$ 、壊変定数を  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、半減期を  $T_1$ 、 $T_2$  とすると、過度平衡では、 $\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2$ 、 $N_1/T_1 = N_2/T_2$  となる。
- (2) 放射平衡にある  $^{90}\text{Sr}$ – $^{90}\text{Y}$  から  $^{90}\text{Y}$  を完全に分離して除去すると、 $^{90}\text{Sr}$  の半減期は  $^{90}\text{Y}$  の半減期より短いので再び  $^{90}\text{Y}$  は生成しない。
- (3) ラジオコロイドでは、水酸化物の生成する中性からアルカリ性で電荷の大きいイ

オンで起こりやすい。

- (4) プラスチックシンチレータは、放出粒子、生成核の質量の逆比に Q 値が付与される。
- (5) 絶対測定には、 $\beta$ - $\gamma$  同時計測法、定立体角法、 $4\pi$  計数法、 $2\pi$  計数法、サンプラー法、カロリメータ法がある。
- (6) 直接希釈法では、比放射能の値は既知でなければならない。
- (7) ロングカウンタは  $\alpha$  線の計測に用いられ、広い範囲のエネルギーに有効とされるので検出効率是一定であるため、エネルギー測定には向かない。
- (8) Ge 半導体検出器の  $\gamma$  線ピークの分解能は 0.2%程度である。
- (9) 中性子放射化分析法とは、 $^{129}\text{I}(n, P)^{130}\text{I}$ により生成する  $^{130}\text{I}$  の放射能測定によって  $^{129}\text{I}$  を定量できる有効な方法の一つである。
- (10) GM 計数管は、 $^3\text{He}$  を充填ガスとして用いて、 $^3\text{He}(n, P)^3\text{H}$  (Q=0.76 MeV) 反応を利用している。

第3問 次の文章中の□の部分に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ㉑—東京

- (1) 汚染防護のための用具類については、ピペット類を使用する場合には□㉑摂取の恐れがあるのでその対策が必要となる。身体の汚染防止の観点からは、作業着の着用、手袋の使用が必要となり、肌の□㉒を最小にする事が大切である。これにより□㉓からの摂取防止を図ることとなる。次に経気道からの放射性物質の摂取防護を図るための方法としては、適切な□㉔の選択と着用のほか、フードの使用を行うことが効果的となる。
- (2) 放射性物質を取り扱う上で、コールドランの有効性としてあげられるのは、□㉕に慣れ、作業方法や作業手順、作業□㉖が確認できるほか、必要な実験器具が確認できることである。また、効率的な手順が作業を通じて確認できることから、□㉗の推定ができることになる。このほか必要な安全取り扱い器具類の確認や確保ができ、有効な事故予防の措置も図ることができることである。
- (3) 放射線事故の対策として、まずは安全保持である。これは人の□㉘及び身体の安全を考え、人命救助を優先することである。事故により現場が危険な状況にある場合には、事故現場から□㉙することが大切となる。次に通報の観点からは、近くで作業をしている者へ事故が起こったことを直ちに知らせることが必要である。事故の状況に応じて危険の程度を判断し、放射性物質の適切な□㉚を行うことは、放射性物質による汚染の拡大防止につながる。

(4) わが国の放射線防護に関する法令では、 勧告に準拠して個人の被ばく線量の限度値が定められている。確率的影響の場合、その発生頻度が線量にすると仮定して、そのリスクを社会的にできるレベルまで低減するように実効線量の限度値が決められている。外部被ばくによる皮膚と目の水晶体への的影響に関しては、それぞれのを考慮して線量を用いた年間の限度値が示されている。また、妊娠している女子については、表面における線量限度が別途定められている。

(5) 内部被ばくの実効線量は、放射性物質の量[Bq]と核種に応じた実効線量係数[mSv/Bq]とのによって算出される。また得られた実効線量[mSv]を係数で除すると吸収線量[mSv]が求められる。

第4問 次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。

〔解答例〕 ㉑—東京

(1) 放射線によって細胞内の主要な標的であるが損傷を受けると、染色体異常などが誘発され、多核やの形成などの異常形質をもった細胞が高頻度で発生する。これらの細胞生物学的な変化が出現するや頻度は、生物学的に線量を推定するための有効な指標となる。

(2) 生物学的線量測定においては、最も性が高く、適用しうるが広いのは染色体異常の解析である。検査対象として、被ばく後 24 時間経過した後のに含まれるリンパ球を用いることが通例である。線量評価では、判別が容易な不安定型の染色体や環状染色体の出現が検査対象とされる。

(3) 全身被ばくの場合、人体に現れる急性障害は被ばく線量に応じて以下のような特徴を示す。0.25~0.5 Gy の被ばく線量では、リンパ球の一時的なが臨床的症状として認められるようになる。1~2 Gy では、吐き気や、嘔吐などを伴うと呼ばれる症状が見られる。ヒトの線量は 4 Gy 付近とされ、この線量では造血系の障害が顕著となり、症として、血球の変化、脱毛、食欲不振、倦怠、下痢などの症状が時間経過とともに順次にみられるようになる。7 Gy の被ばくでは、すべてのヒトが死に至る。また 10Gy 以上となると、系障害が主因となり死に至る。

(4) 高線量の放射線に外部被ばくしたときに、救命のために実施される代表的な医学的処置は以下のとおりである。

- ① 安静
- ② 感染症の
- ③ 血小板の
- ④ 造血刺激因子の投与
- ⑤ 骨髄細胞の

この中で、③は血小板の減少に対処するためであり、④は顆粒球の増加を促すために行われる。⑤の処置は、拒絶等の  学的反応を引き起こす可能性があるため、被ばくによって  機能が低下している場合に検討されるが、他の組織への障害が  的でないことも条件となる。⑤の骨髄細胞の代わりに、臍帯血や末梢血などに含まれる  細胞を用いることも可能な選択肢である。

**第5問** 放射線防護の観点から、次の事項を簡潔に説明せよ。

- (1) 生物学的半減期
- (2) 胎内被ばく
- (3) フリーラジカル
- (4) 晩発障害
- (5) 高 LET 放射線