

第 48 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) 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。

平成 28 年 3 月 15 日

第1問 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、同じ番号の□には、同じ語句又は数値が入る。

〔解答例〕 ① 東京

- (1) ①線のエネルギー範囲は、4MeV から7MeV 程度であり、空気中の②は5 cm 程度である。
- (2) ③線は①線や γ 線と異なり、スペクトルが④分布であるため、検出器で得られる波高分布もピーク状態とはならない。
- (3) γ 線がシンチレータに入射すると、⑤効果や⑥効果あるいは電子対生成により、エネルギーを失う。これらの相互作用により運動エネルギーを得た⑦電子、⑧電子などでシンチレータを⑨させる。
- (4) ③線のスペクトルは①線同様に自己吸収や検出器の⑩窓による吸収を受けやすい。③線の測定において③線の最大⑪より測定試料が⑫くになると、測定される計数率は単位質量の放射能に⑬する。このような試料を⑭層厚の試料といい、この試料により標準試料を製作しておけば、⑮層厚の未知試料による計数率から放射能濃度が決定でき、未知試料の総放射能も計算できる。
- (5) 放射能を測定する場合は、未知試料と既知試料との比較測定が行われるが、放射能標準試料を用いることなく、得られた計数率に⑯的効率、散乱、吸収効果などの⑰を行って放射能を決定する方法を⑱測定という。
- (6) 外部標準線源法では、測定試料に外部から γ 線を照射し、試料中の溶媒との相互作用で⑲電子を発生させ、この電子によるシンチレーション・パルス波高分布が⑳によって変移することを利用している。
- (7) 宇宙線や大地からの自然放射線による環境中の計数率において、鉛の5 cm、10 cm それぞれの遮へい厚により測定される自然計数率は、㉑、㉒程度に低下する。しかし、鉛には㉓系列の ^{210}Bi による③線(最大; 1.16MeV)が含まれている可能性が大きい。したがってこの③線からの㉔放射線による自然計数率の増加に注意が必要となる。

第2問 次の(1)～(10)のうち、 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等を記せ。

〔解答例〕 (11) ○、 (12) × 大阪

- (1) レムカウンタで中性子を測定する場合、熱中性子のエネルギーから 20MeV のエネルギーまでの範囲で、1 cm 線量当量率が直読できる。
- (2) 原子核の中の陽子が壊変し、中性子に変わり、陽電子とニュートリノが放出されるが、このような壊変を β^- 壊変という。
- (3) 質量の大きな原子核の中には、自然に核分裂を起こす核種がある。その際、2つの原子核に分裂時に中性子を数個放出する。これを核異性転移という。
- (4) 希土類元素は、互いに化学的特性が似ているが、分離効率が高い方法として、イオン交換樹脂による分離法がある。
- (5) 反跳エネルギーを付与された反応性に富む放射性原子はG値と呼ばれる。
- (6) ZnS(Ag)シンチレータのシンチレーション効率は大きく、光に対する透過性は低いものの、厚く加工できるので γ 線の測定に使用する。
- (7) 熱ルミネセンス線量計(TLD)はトラップされた電子を解放するために熱を加えるが、OSL線量計の場合は、532nmのレーザー光を照射する。
- (8) 円形端窓型GM計数管の窓の厚さは35keVの β 線の最大飛程に相当するので、少量のトリチウムの測定には限界がある。
- (9) GM計数管が劣化すると計数開始電圧が上昇し、プラトー部分が長くなり、更には傾斜が小さくなる。
- (10) 分解時間0.2msのGM計数管で計測した時に1分間当たり24,000カウントの計数値を得た。この時の数え落としによる誤差は4.8%となる。

第3問 次の問いに答えよ。また、計算式も示して解答せよ。

- (1) $3.2 \times 10^{-2} \text{C/kg}$ の照射線量に相当する空気吸収線量(Gy)を求めよ。ただし、電子に対する空気のW値を34eV、1eVは $1.6 \times 10^{-19} \text{J}$ とする。
- (2) ある放射性物質から放出される0.32MeVの γ 線をNaI(Tl)シンチレーション・スペクトロメータにより10分間測定した結果、全吸収ピークとして5,400カウントが得られた。全吸収ピークの計数効率を2.4%として、また、この放射性物質の1壊変あたりの γ 線放出率を9.8%とした場合に放射能(Bq)はいくらとなるか。

第4問 放射線の被ばく線量に関する次の文章中の□に入る適切な語句又は数値を番号とともに記せ。なお、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) 外部被ばく量の計測では、通常は体幹部への□①な被ばくを想定し、妊娠可能な女子を除いて□②部での実測を行う。この実用量としては、□③から入射した放射線の深さ位置に関連した1cm線量当量ならびに□④ μm 線量当量が採用されている。□⑤性が高い熱中性子では、双方の線量当量がほぼ等しい値を示すため、□⑥側である1cm線量当量を代表値として利用する。
- (2) 空気中の ^{222}Rn を吸入すると、その娘核種が□⑦に沈着して継続的な被ばくを引き起こす。その壊変に伴って□⑧線と β 線を放射するが、生物効果は□⑧線の方が高く、その放射線荷重係数は β 線に比較して□⑨倍に見積もられている。 ^{222}Rn の年間吸収線量が0.60mGyであるとき、肺の組織荷重係数を0.12とすると、年間の実効線量は□⑩mSvとなる。

第5問

(I) 放射線の被ばく影響に関する次の(1)～(7)について、正誤を示し、誤りがある場合にはその箇所を訂正せよ。

〔解答例〕 (8) ○、 (9) × 急性影響により、 → 晩発影響により、

- (1) 自然発生する突然変異と放射線が誘発する突然変異は、遺伝子上における変異した部位の違いから区別される。
- (2) 100mSv 以下の被ばく線量では、染色体異常は生じない。
- (3) 不安定型の染色体異常である環状染色体や二動原体染色体の形成は、がんの発生に直接関係している。
- (4) 外部被ばくと内部被ばくでは、遺伝子に作用する機構に違いはない。
- (5) トリチウムが水として人体に取り込まれると、特定臓器への蓄積はないものの、構成細胞の細胞質へ移行した場合には、近傍の DNA を損傷することがある。
- (6) 胎児の放射線影響は発達時期によって大きく異なり、着床前期では胎児期に比較して奇形が起こりやすい。
- (7) 化学的防護剤は、放射線に被ばくした直後に投与することによって最大の効果が得られる。

(II) 下記の一覧に含まれる組織の中から、放射線に対して感受性の非常に高い組織を3つ選択せよ。

筋肉、骨髄、肺、子宮、心臓、リンパ組織、肝臓、骨、甲状腺、生殖腺、腎臓、脂肪組織、神経繊維

第6問 放射線防護の観点から、以下の語句について簡潔に説明せよ。

- (1) 防護の最適化
- (2) DNA 損傷
- (3) 線量・線量率効果係数 (DDREF)
- (4) マイクロドジメトリ
- (5) 高 LET 放射線の生物影響