

第 49 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 29 年 3 月 14 日

第1問 次の文章の□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〕 ②－β線

- (1) 原子の構造は質量のほとんどを占める□①の電荷を持つ□②を中心に、その周りを□③が回っている模型で表される。
- (2) 原子の大きさは、およそ□④mで表される。
- (3) □⑤が増すにつれて□③と□②との間に働く□⑥力が増し、□③軌道のうち、□⑦側の軌道が引き寄せられるが、最外周の□③の半径はあまり変わらない。
- (4) □②は陽子と□⑧からなり、陽子の数は□⑤と等しい。
- (5) 独立した原子は□⑨的に中性で、□⑤と等しい□③が□②の周りに存在し、□②の半径は□⑩mである。
- (6) 荷電粒子が水などの媒体中で、その媒体中における□⑪よりも速い速度を持つと□⑫子を発生する。これを□⑬光という。
- (7) 1845年にレントゲンにより□⑭線が発見され、1896年にベクレルにより、□⑮化合物から放射線が出ていることを発見した。
- (8) 1898年にキュリー夫妻により□⑮化合物である□⑯からポロニウムとラジウムが発見された。
- (9) □⑤が90以上の□②は、□⑧や高エネルギーの荷電粒子と衝突すると、□⑰が、約95までと140までをピークとする□②に分裂し、□⑱が生成する。
- (10) 1940年に最初の超□⑮元素として、□⑤が93の□⑲が人工的につくられ、その後に□⑤が94の□⑳がつくられた。

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を記せ。

[解答例] (11) - ○、(12) - × 大阪

- (1) ^{210}Pb 線源から放出される α 線と β 線を分離計数するために、PRガスをフローガスとする窓無し2 π 比例計数管を用いることができる。
- (2) 熱中性子束を測定するためにプラスチックシンチレーション検出器を用いることができる。
- (3) 表面障壁型 Si 半導体検出器は主に β 線のエネルギー測定に向いている。
- (4) NaI(Tl)シンチレーション検出器は真空容器に入れ冷却する必要がある。
- (5) ダストを捕集し測定する場合に、天然のラドン・トロン及びそれらの壊変生成物の影響を受け
るが、ラドンの壊変生成物の半減期は10.6時間である。
- (6) 防護マスクを着用する場合の防護係数は透過率の逆数で表される。
- (7) 光子に対する個人被ばく線量計として、放射化箔検出器が有効である。
- (8) 蛍光ガラス線量計は酸化アルミニウムに青白色のレーザーを照射する方法で実用化された。
- (9) 固体飛跡線量計は、ポリマー中に分散されたフレオンなどの小さな加熱液滴が、放射線による
衝撃で突沸する現象を利用したもので、主に中性子の被ばく線量測定に用いられる。
- (10) 放射線荷重係数及び組織荷重係数のどちらも外部被ばく及び内部被ばくの両方の評価に用い
られる。

第3問 次の文章の□に入る適切な語句等を番号とともに記せ。なお、同じ番号の□には同じ語句等が入る。

〔解答例〕 ⑪－β線

- (1) 人間の五官に放射線は感じないので、□①との相互作用として電離作用、□②現象、化学作用として検出することができる。
- (2) 電離作用としては、放射線が気体中を通過すると気体が電離され、□③が生成されるので、電極を設けて電圧を印加すると、生成した□③はそれぞれ両極に集められる。したがって電気信号を電離電流として取り出すことができる電離型と、□④として取り出すことができる型に分けられる。
- (3) 1つの□③を作るために必要な放射線のエネルギーを□⑤値として表すが、充填ガスが空気の場合は、約34eVである。
- (4) BF₃比例計数管の特徴としては、充填したガスとして濃縮した¹⁰BをBF₃の化学形で封入する。□⑥反応により放出されるα線、Li核による電離作用を利用して低速中性子を測定する。熱中性子では90%の検出効率が得られるが、中性子のエネルギーが大きくなると急激に低下する。
- (5) 放射性物質による表面汚染の種類には□⑦性汚染と遊離性汚染の2種類がある。直接測定法の表面密度A(Bq/cm²)は、下式で表される。

$$A = (N - N_b) / (\epsilon_1 \times W \times \epsilon_2)$$

ただし、N : 測定された計数率 (s⁻¹)

N_b : バックグラウンド計数率 (s⁻¹)

W : 測定器の□⑧面積

ε₁ : α線またはβ線の機器効率

ε₂ : 汚染の□⑨効率

- (6) 放射性物質を貯蔵・保管をする場合、盗難の防止、□⑩の防止、被ばくの低減、密封性の維持、密封性の確認が必要である。

第4問 放射能汚染源がある作業環境を前提に、被ばく線量の管理に関する下記の問いに答えよ。ただし、計算過程についても明記せよ。

- (1) 汚染環境での作業において、被ばく線量を 0.1 mSv 以下に管理する計画を立てている。当該の空間線量率が $50 \text{ }\mu\text{Sv/h}$ であるとする、実施可能な作業時間は最大何時間になるかを求めよ。
- (2) 作業区域において、 γ 線を放出する汚染源（点等方線源）が発見された。その線源から 1m 離れた地点における線量率が毎時 16mSv であるとする、線源から 4m 離れた地点で 30 分間の作業を行った場合に、被ばく線量は何 mSv になるかを計算せよ。
- (3) (2)の作業に際して、遮蔽のために金属製の衝立を設置することにした。使用する遮蔽体の半価層を 1.2 cm とすると、線源から 1m の地点での線量率を 2mSv/h 以下に減弱するためには、遮蔽体の厚さを何 cm 以上とすれば良いか算定せよ。なお、散乱 γ 線の寄与は無視してよい。
- (4) 作業環境がトリチウム水によって汚染されていたため、作業者が誤って $4.0 \times 10^7 \text{ Bq}$ を体内に取り込んでしまったとする。実効線量係数を $1.8 \times 10^{-8} \text{ mSv/Bq}$ としたときの作業者の預託実効線量を求めよ。

第5問 放射線被ばくの人体影響に関する各問いに答えよ。

- (I) 放射線の被ばく影響に関する以下の6つの記述について、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〕(7) 正しい

(8) 誤り : 身体的影響により、 → 遺伝的影響により、

- (1) 放射線によって引き起こされる遺伝子(DNA)損傷は、細胞が進化的に獲得した機構によって修復される。その過程には、複数の経路が存在し、細胞の分裂状態や、損傷の種類や程度によって使い分けられている。
- (2) 一般的に細胞の感受性は、細胞分裂が活発であるほど高く、また分化の度合いが進んでいるほど高くなる。
- (3) 骨髄における細胞再生系の放射線影響は、末梢血の検査によって評価される。
- (4) 被ばく線量の増加に伴って、確率的影響の発生確率は上昇し、それに伴い重篤度が増す傾向にある。
- (5) 生物学的な影響を考慮した単位であるシーベルト(Sv)は、線量だけでなく線量率の効果も反映されている。
- (6) 線量・線量率効果係数(DDREF)は、高線量・高線量率における被ばく影響のリスクを、より効果が低減して現れる低線量・低線量率の場合に外挿するために防護上利用される。この値は、がんの種類によって異なる値が採用されている。
- (II) 下記の一覧に示した放射線障害の中から、2 Gy 以下にしきい値をもつ確定的影響を4つ選択し、それらについて急性障害であるか晩発障害であるかを答えよ。

【障害名一覧】

皮膚の紅斑、白内障、脱毛、男性の永久不妊、女性の一時的な不妊、皮膚の水疱形成、嘔吐、皮膚の色素沈着、胎児奇形、潰瘍形成

第6問 放射線防護の観点から、下記の語句について簡潔に説明せよ。

- (1) 標的理論
- (2) 体幹部被ばく
- (3) 生物学的効果比(RBE)
- (4) 身体負荷量
- (5) 不安定型染色体異常