

第 57 回

原子炉主任技術者試験（筆記試験）

放射線測定及び放射線障害の防止

6問中5問を選択して解答すること。（各問20点：100点満点）

（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 27 年 3 月 20 日

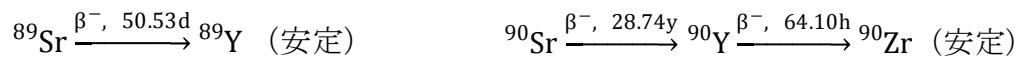
第1問 次の用語について簡潔に説明せよ。

- (1) 放出管理目標値
- (2) ALARA
- (3) 組織荷重係数
- (4) ベルゴニー・トリボンドーの法則
- (5) 光電効果

第2問 次の問いに答えよ。

- (1) $^{89}\text{Sr}^{2+}$ および $^{90}\text{Sr}^{2+}$ を含む水溶液試料がある。それぞれを定量するために次の操作を行った。まず、水酸化鉄(III)共沈法によりイットリウムを除去し、ストロンチウムを抽出してストロンチウム炭酸塩の沈澱をつくった。その放射能を β 線計数装置で測定したところ、1500cpmであった。これを保存して51日後に再び同様に放射能を測定したところ、1850cpmであった。 ^{89}Sr 10Bqの標準試料について同様に処理して放射能を測定したところ、イットリウムの除去直後は530cpmであった。また、 ^{90}Sr 10Bqの標準試料についても同様に処理して放射能を測定したところ、イットリウムの除去直後は450cpmであり、51日後には1000cpmであった。

最初にイットリウムを除去した時点における試料中の ^{89}Sr および ^{90}Sr のBq数について、計算過程とともに示せ。ただし、測定はすべて同一条件で行ったものとし、また、放射能の測定値はそれぞれ正味値とする。また、処理操作中において、ストロンチウムの損失はなかったものとする。なお、 ^{89}Sr および ^{90}Sr のそれぞれの壊変系列は以下のとおりとする。



- (2) ^{90}Y を除去して ^{90}Sr を精製した後、以下の時期における ^{90}Sr と ^{90}Y の放射能の傾向について説明せよ。
 - a) 精製直後から3日
 - b) 精製後30日経過後から300日経過時
 - c) 精製後3000日経過後から30000日経過時

第3問 次の(1)～(10)の問いについて、①から⑤までの五つの選択肢のうち、適切な答えを一つだけ選べ。〔解答例〕 (11) -①

(1) 比例計数管に関する次の記述のうち、正しいものの組み合わせはどれか。

- A 中性子測定に用いるBF₃計数管は比例計数管の一種である。
 - B α線とβ線の弁別測定はできない。
 - C 低エネルギーX線のエネルギー測定が可能である。
 - D 出力パルスの波高はパルス電離箱より低い。
- ① AとB, ② AとC, ③ AとD, ④ BとC, ⑤ CとD

(2) 次の線源とサーベイメータの組み合わせで適切でないものはどれか。

- ① ³H と GM 管式サーベイメータ
- ② ⁶⁰Co と 電離箱式サーベイメータ
- ③ ¹³⁷Cs と シリコン半導体式サーベイメータ
- ④ ²⁵²Cf と 中性子用サーベイメータ
- ⑤ ²³⁹Pu と ZnS(Ag) シンチレーション式サーベイメータ

(3) NaI(Tl)シンチレーション検出器に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- ① NaI(Tl)シンチレータの全吸収ピーク検出効率は、BGOシンチレータに比べて小さい。
- ② 後方散乱ピークのチャンネル数は、全吸収ピークチャンネル数にほぼ比例する。
- ③ NaI(Tl)シンチレータのエネルギー分解能は、LaBr₃(Ce)シンチレータより優れている。
- ④ 光電子増倍管への印加電圧は、通常2000V以上である。
- ⑤ ⁶⁰Coの2本のγ線(1.17MeV、1.33MeV)の全吸収ピークは、通常1つのピークに重なって観測され、区別することは困難である。

(4) ²⁴Naは1.37MeV(放出率100%)と2.75MeV(放出率99.9%)のγ線を放出する。²⁴Naのγ線スペクトルをNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータで測定したところ、次のような5本の顕著なピークが現れた。

- A 1.37MeVγ線の全エネルギー吸収ピーク
- B 2.75MeVγ線の全エネルギー吸収ピーク
- C 2.75MeVγ線のシングルエスケープピーク
- D 2.75MeVγ線のダブルエスケープピーク
- E 陽電子消滅放射線の全エネルギー吸収ピーク

上記5本のピークについて、エネルギーの小さいものから順に左側から並べたものである。
正しいものは次のうちどれか。

- ① ABCDE, ② AECDB, ③ CAEDB, ④ EACDB, ⑤ EADCB
- (5) GM 計数管式表面汚染検査計を用いて表面汚染密度の測定をするとき、数え落としによる誤差が5%を超えない最大の計数率 (min^{-1}) に最も近い値は、次のうちどれか。ただし、GM 計数管の分解時間は $100\mu\text{s}$ とする。
- ① 1000, ② 5000, ③ 10000, ④ 30000, ⑤ 50000
- (6) ^{90}Sr – ^{90}Y の β 線のエネルギースペクトル測定に最も適している検出器は次のうちどれか。
- ① ガスフロー型比例計数管
② 端窓型 GM 計数管
③ NaI (Tl) シンチレーション検出器
④ ゲルマニウム半導体検出器
⑤ プラスチックシンチレーション検出器
- (7) 液体シンチレーションカウンタに関する次の記述のうち、誤っているものの組み合わせはどれか。
- A クエンチングが強くなると計数効率は減少する。
B ノイズ対策のため複数の光電子増倍管を用いた同時計数法を採用している。
C 試料をシンチレータに溶解するため、自己吸収が比較的大きい。
D シンチレーションの減衰時間が比較的に長いので、高計数率、高速レスポンスの測定には向かない。
- ① AとB, ② AとC, ③ BとC, ④ BとD, ⑤ CとD
- (8) 放射能が不明な ^{60}Co 線源がある。この線源から 3m の位置での 1 cm線量当量率を測定したところ、 $6.2\mu\text{Sv/h}$ であった。この線源の放射能 (MBq) に最も近い値は次のうちどれか。ただし、 ^{60}Co の 1 cm線量当量率定数を $0.354\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ とする。
- ① 2, ② 20, ③ 50, ④ 160, ⑤ 320
- (9) 1g の ^{137}Cs (半減期 30 年) の放射能 (Bq) に最も近い値は、次のうちどれか。
なお、アボガドロ定数は $6.0\times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ とする。
- ① 1.7×10^{11} , ② 3.2×10^{12} , ③ 4.2×10^{13} , ④ 9.8×10^{13} , ⑤ 4.6×10^{15}

(10) 次の組み合わせのうち、直接関係のないものはどれか。

- ① ^3He 計数管—中性子線
- ② 電離箱—G 値
- ③ GM 計数管—消滅ガス (クエンチガス)
- ④ Ge 半導体検出器—液体窒素
- ⑤ NaI(Tl)シンチレーション検出器—潮解性

第4問 外部被ばく線量の個人モニタリングにおける測定器及び放射線防護に関する下記の問いに答えよ。

以下の文章中の□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〕 ①—東京

(1) 外部被ばく線量の個人モニタリングという場合、広義にはサーベイメータ等を用いた区域サーベイも含まれるが、通常は線量計等の放射線測定用具を人体に装着して一定期間の被ばく線量を評価するため、一般的に小型で□①の線量計が用いられる。これらの線量計には測定原理の違いにより、以下のように様々な特徴がある。

□②線量計では、酸化アルミニウムを素子の主材料とし、イメージングプレートと同じ、可視光線を照射して生じる□③発光を読み取ることにより線量を測定する。これらの線量計は、従来用いられてきた臭化銀の感光作用を利用したフィルムバッジに比べ、□④現象が極めて起こりにくい。

□⑤は、硫酸カルシウム、フッ化リチウムなどを素子の主材料とし、素子を数百度に加熱することで吸収線量に比例した蛍光を読み取り、線量を測定する線量計である。

□⑥線量計は、 γ 線やX線で被ばくした銀活性リン酸塩ガラスの□⑦中心に紫外線レーザーをパルス照射することにより、被ばく線量の情報を繰り返し読み取ることができる。この線量計は、□⑧アニーリングにより情報を消去して、再使用が可能である。

一方、電子式ポケット線量計は、小型のGM計数管や□⑨検出器を検出部に用い、上記の線量計と異なり□⑩の線量計として便利であるが、定期的に電池を充電・交換することなどが必要となる。

- (2) 放射線防護の目的は、影響の発生を防止し、影響のリスクをに達成できる程度に低減することである。放射線防護の実現においては、a. 行為の、b. 防護の及びc. 個人の線量限度について次の3つを考慮する必要がある。ここで、行為のとは、放射線被ばくを伴うどのような行為も、それによってもたらされるよりもが大きくなければ採用してはならないという原則である。

防護のとは、個人線量の大きさや人数及び被ばくする機会に関して、経済的社会的要因を考慮してに達成できる限り低くするという原則である。具体的には、外部被ばくの場合、作業を実施するに当たってを短くする、する、を長く取るなどの処置を採り、被ばく線量をできるだけ抑える努力が重要である。

第5問 次の問いに答えよ。

- (1) 内部被ばくの評価を目的とした実測による放射性物質摂取量の評価方法として、バイオアッセイ法と体外計測法がある。体外計測法による評価が困難で、バイオアッセイ法による評価が必須となる状況を二例示し、体外計測法による評価が困難な理由と、その際に採用するバイオアッセイ法の概要について示せ。
- (2) 実測による放射性物質摂取量の評価が困難な場合に、内部被ばく量を空气中放射性物質濃度の測定結果から評価する場合がある。以下にその評価例を示すので、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、同じ語句が入る。

〔解答例〕 ⑤—東京

<評価例>

作業者が放射性物質を吸入して内部被ばくしたおそれが生じた。その作業環境における平均空气中放射性物質濃度は $100\text{Bq}/\text{m}^3$ で、その環境中で防護具を装備せずに3時間作業を行った。作業中の平均呼吸量は $1.5\text{m}^3/\text{h}$ とみなす。この時、放射性物質の体内摂取量は、 Bq である。この放射性物質を構成する核種を吸入摂取した場合の実効線量係数が $1.7 \times 10^{-5}\text{mSv}/\text{Bq}$ であることから、内部被ばくによる実効線量は μSv と評価される。吸入摂取されたヨウ素は に集まるので の等価線量を評価する必要がある場合もある。また、放射性物質が希ガスの場合には、内部被ばくだけでなく、外部被ばくや の等価線量を評価する必要がある場合もある。

第6問 原子力発電所等から環境中に放出する気体状の放射性廃棄物の管理について、以下の問いに答えよ。

- (1) 排気設備を通じて気体状の放射性廃棄物を排出する場合は、排気中の放射性物質の濃度及び量をできるだけ低下させることが求められている。実際のプラントにおいて採用されている気体廃棄物の処理方法について、ガス状物質、揮発性物質、粒子状物質それぞれについて述べよ。
- (2) 排気口又は排気監視設備において排気中の放射性物質の濃度を監視することにより、周辺監視区域の外の空気中の放射性物質の濃度が原子力規制委員会の定める濃度限度を超えないようにすることが求められている。平常運転時における排気モニタリングについて、ガス状物質、揮発性物質、粒子状物質それぞれの代表的な測定対象核種を挙げるとともにそれぞれの測定方法について述べよ。