

第 61 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 31 年 3 月 15 日

第1問 以下の用語について簡潔に説明せよ。

(1) 管理区域

(2) 放射線業務従事者が常時立ち入る場所の空気中の放射性物質の濃度限度

(3) 急性放射線症

(4) 作業環境モニタリング

(5) 実効線量

第2問 内部被ばく線量の測定における摂取量の評価に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 表1の□に入る適切な語句を選択肢から選び、対応する記号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〕 ⑪ーニ

表1

	体外計測法	バイオアッセイ法	空气中放射性物質濃度からの計算法
対象核種	主に□①放出核種	主に□②放出核種	限定しない
主な測定装置及び試料処理装置	□③ □④ 甲状腺モニタ	前処理装置 □⑤装置 放射能測定装置	□⑥装置 放射能測定装置 ダストモニタ
測定対象	体内放射能	排泄物等	□⑥試料
摂取量の評価	測定時の体内放射能、 残留関数等を用いて評価	採取試料中放射能、 □⑦等を用いて評価	空气中放射性物質濃度、 □⑧、滞在時間、 防護係数等を用いて 評価
注意点	放射能測定の感度を上げる必要があるため、 大面積の検出器や効果的な□⑨が必要	対象放射性核種に適した微量分析を行うため 高い分析技術が不可欠。 試料採取には□⑩の 協力が必要。	吸入空气中の放射性 物質濃度や□⑧等 の不確かさが大きく、 評価の精度が低い。

【選択肢】

- | | | |
|-----------|-----------|-------------|
| ア. 個人線量計 | イ. 焼却 | ウ. ゲートモニタ |
| エ. α線・β線 | オ. 全身カウンタ | カ. 遮蔽 |
| キ. 呼吸量 | ク. 排泄率関数 | ケ. 消化割合 |
| コ. γ線・X線 | サ. 肺モニタ | シ. 空間線量率 |
| ス. エリアモニタ | セ. 被検者 | ソ. 呼吸保護具 |
| タ. 化学分離 | チ. 放射線管理員 | ツ. 空気サンプリング |
| テ. 除染係数 | ト. 同時計数 | ナ. 作業監督者 |

(2) 作業者が ^{60}Co を1回経口摂取した場合に、全身カウンタによる ^{60}Co 全身残留量の評価結果に基づいて、摂取量を計算過程ともに記せ。評価条件は以下のとおりとし、評価日において ^{60}Co は全身に均等に分布しており、また ^{60}Co の物理学的減衰は無視できるものとする。

- ・ ^{60}Co 全身残留量：195Bq
- ・経口摂取した ^{60}Co が胃腸管から体液に吸収される割合：0.05
- ・評価日における経口摂取した ^{60}Co の残留関数の値：0.13

第3問 以下の文章の□に入る適切な数式又は数値を番号とともに記せ。①～③は数式を、④と⑤には数値を入れるものとする。同じ番号の□には同じ数式が入る。なお、測定値の統計的誤差は考慮しないものとする。

〔解答例〕 ⑥ $N=n-n_b$ ⑦ 1,200

GM 計数管で放射能の計測を行う場合に、GM 計数管固有の分解時間の影響を評価する必要がある。分解時間測定法の一つとして二線源法がある。この方法は、二つの線源を同時に測定した場合の計数率と、二つの線源を個々に測定した計数率の和との不一致の量から分解時間を評価するものである。

- (1) GM 計数管の分解時間が一定で、その間に信号が入っても応答せず、また分解時間内に二個以上の信号が入る確率が無視できるものとする。計数装置の分解時間を τ 、真の計数率を N 、測定された計数率を n とし、バックグラウンド計数率は無視できるものとする。真の計数率とは分解時間の影響を受けない場合の計数率の意味である。

単位時間あたりの不感時間は $n\tau$ と表現できるので、

$$n/N = \text{□} \text{①}$$

の関係があり、数え落としの補正ができる。

x が十分小さい ($x \approx 0$) 場合の近似式 $(1-x)^{-1} = 1 + x$ を適用すると、

$$N = \text{□} \text{②}$$

と表現できる。

- (2) バックグラウンド計数率を n_b とし、バックグラウンド計数率を含まない真の計数率 N は次のように表現できるものとする。なお、 n_b は数え落としが無視できるほど小さいものとする。

$$N = \text{□} \text{②} - n_b$$

次に、放出放射能がほぼ等しい同じ形の二個の放射線源を用い、線源 1、線源 2 及び両方の線源を同時に測定した場合の、真の計数率 (バックグラウンド計数率を含まない) をそれぞれ N_1 、 N_2 及び N_{12} 、測定された計数率 (バックグラウンド計数率を含む) をそれぞれ n_1 、 n_2 及び n_{12} とする。このとき、

$$N_{12} = N_1 + N_2$$

であることから、分解時間 τ は n_1 、 n_2 、 n_{12} 及び n_b を用いて、以下のように表すことができる。

$$\tau = \text{□} \text{③}$$

(3) 以下の測定結果が得られた場合の真の計数率を評価する。

$$n_1 = 2,600\text{cps}, n_2 = 3,200\text{cps}, n_{12} = 5,000\text{cps} \text{ 及び } n_b = 80\text{cps}$$

このとき、分解時間 τ は、 $\tau = \boxed{\text{④}}$ μs と求められる。

また、真の計数率 N_{12} は、 $N_{12} = \boxed{\text{⑤}}$ cps と評価できる。

第4問 以下の問いに答えよ。

- (1) 2.5GBq の ^{60}Co 標準線源から空气中で 400cm のところに、 γ 線用サーベイメータを置いたとき、その指示値が 1cm 線量当量率で、 $68\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ であった。このサーベイメータの校正定数を求めよ。ただし、 ^{60}Co の 1cm 線量当量率定数は $0.354\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ とする。
- (2) 遮蔽物に入射し通過する γ 線の減衰について、物質と起こす主な相互作用を 3つ記せ。また、遮蔽物(厚さ x)へ入射前の γ 線(光子)強度を I_0 、通過後を I とし「線減弱(衰)係数(μ)」を用い減衰を表す式を記すと共に、「線減弱(衰)係数(μ)」の単位を示せ。ただし、散乱線は考慮しない。
- (3) 放射線の遮蔽計算を行う際に用いられるビルドアップ係数(B)は、どのような条件で変化するのか簡潔に説明せよ。

第5問 以下の文章の□に入る適切な語句を選択肢から選び、対応する番号とともに記せ。なお、同じ番号の□には同じ語句が入る。

〔解答例〕 ㉑－東京

- (1) 基本設計段階における平常運転時の原子炉施設周辺の線量評価は、放射性□①からのガンマ線に起因する外部被ばく、液体廃棄物中に含まれる放射性物質（核分裂生成物及び放射化生成物）を含む□②摂取に伴う内部被ばく、放射性□③の吸入摂取、放射性□③に起因する葉菜摂取及び牛乳摂取に伴う内部被ばくについて、実効線量の評価を行う。
- (2) 原子炉施設においては、気体廃棄物のうち粒子状のものについては、□④で□⑤することによって除去し、□①や□③については、□⑥や□⑦により排ガス中の放射能を十分□⑧させ、これらを測定、□⑨しながら排気筒から大気に放出している。液体廃棄物については、液体廃棄物処理系において□⑤、脱塩、□⑩等適切な処理を行い、原則として放射性物質の濃度がごく低い廃液を除いては環境放出を行わず、□⑪として再使用するなど、環境に放出する放射性物質の濃度と量の低減に努めている。
- (3) □⑫は、その時点では公衆への放射線による影響やそのおそれが緊急のものではないが、原子力施設における□⑬の発生又はそのおそれがあるため、□⑭や、□⑮の準備、要配慮者の□⑯等の防護措置の準備を開始する必要がある段階である。
- ⑰は、原子力施設において公衆に放射線による影響をもたらす可能性のある事象が生じたため、□⑱において緊急時に備えた□⑯等の主な防護措置の準備を開始する必要がある段階である。
- 全面緊急事態は、原子力施設において公衆に放射線による影響をもたらす可能性が高い事象が生じたため、重篤な□⑲を回避し又は最小化するため、及び□⑳のリスクを低減するため、迅速な防護措置を実施する必要がある段階である。

【選択肢】

粒子状物質	希ガス	高性能フィルタ	濃縮
減衰タンク	監視	ろ過	補給水
運転	施設定期検査期間中	安全基準	放出管理基準値
活性炭式希ガスホールドアップ装置		農作物	畜産物
飲料水	海産物	トリチウム	よう素
警戒事態	異常事象	災害緊急事態	施設敷地緊急事態
情報収集	身体サーベイ	除染	スクリーニング
避難	減衰	緊急時モニタリング	周辺監視区域
原子力施設周辺	火災	津波	竜巻
急性障害	晩発障害	公衆影響	環境影響
確定的影響	確率的影響		

第6問 以下の問いに答えよ。

- (1) 放射性物質を体内摂取した場合の核種と集積部位について、表2の□に入る適切な語句を選択肢から選び、対応する番号とともに記せ。なお、同じ番号の□には同じ語句が入る。

〔解答例〕 ⑥—東京

表2

核種	集積部位
^3H (HTO)	全身
^{59}Fe	①
^{90}Sr	②
^{131}I	③
^{137}Cs	④、全身
^{238}U	②、腎臓、肺
^{239}Pu	②、⑤、肺

【選択肢】

甲状腺、筋肉、心臓、肝臓、脾臓、骨髄、神経、膀胱、脳、骨

(2) 放射性物質を体内摂取した際の摂取経路、体内移行及び排泄経路を図1に示す。図1の

① から ⑩ に入る適切な語句を選択肢から選び、対応する番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑪－東京

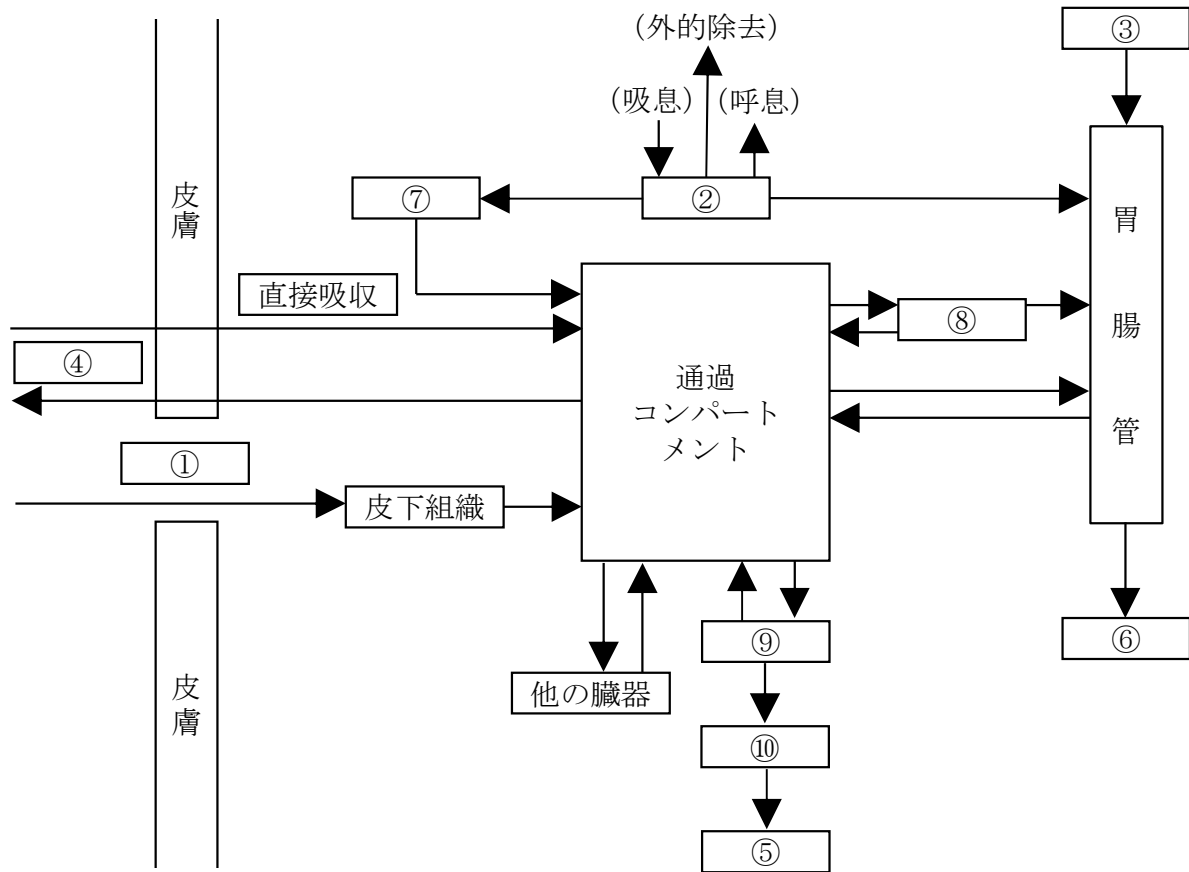


図1

【選択肢】

リンパ節、経口摂取、尿、肝臓、脾臓、腎臓、膀胱、糞、脳、汗、傷、呼吸気道、神経