

## 管理測定技術

試験が始まる前にこのページに書いてあることをよく読んでください。裏面以降は試験問題になっているので、指示があるまで見てはいけません。

1 試験時間：10:00～11:45（1時間45分）

2 問題数：6題（10ページ）

3 注意事項：

- ① 机の上に出してよい物は、受験票、鉛筆（HB又はB）、鉛筆削り、プラスチック消しゴム、時計に限ります。電卓機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計を机の上に出すことはできません。
- ② 電卓（電子式卓上計算機）及び計算尺の使用はできません。
- ③ 試験中に携帯電話等の通信機器並びに通信機能のある時計等は使用できません。（電源を切ってください。）
- ④ 問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れなどに気付いた場合は、手を挙げて試験監督員に知らせてください。ただし、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験中に気分の悪くなった場合などは、手を挙げ試験監督員の指示に従ってください。
- ⑥ 試験終了の合図があったら、すぐ筆記用具を置いて、解答をやめてください。  
試験監督員が解答用紙を集め終わるまでは、席を離れることはできません。  
なお、問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑦ 不正行為をした場合は、受験資格を失います。

4 解答用紙の扱いについて

- ① 解答用紙は機械で読み取りを行いますので、解答用紙の注意事項に従い丁寧に記入してください。また折り曲げたり汚したりしないでください。
- ② 筆記用具は、HB又はBの鉛筆を使用し、記入を訂正する場合にはプラスチック消しゴムできれいに消してください。また、消しきずは残さないようにしてください。
- ③ 解答用紙の所定の欄に受験番号・氏名・試験地を必ず記入してください。特に受験番号は受験票と照合して正しくマークしてください。
- ④ 試験は択一方式で、解答は1つの間につき1つだけ選択してください。2つ以上選択（マーク）した場合は、零点になります。
- ⑤ 記入欄以外の余白には、何も記入しないでください。
- ⑥ 以上の記入方法の指示に従わない場合、必要とされる記入事項が正しく記入されていない場合には採点されません。

問1 次のⅠ～Ⅲの文章の( )の部分に入る最も適切な語句又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

Ⅰ 放射性同位元素を使用する従事者が考慮すべきこととして、外部被ばくの防止には、遮へい、距離、時間の三原則がある。一方、内部被ばくの防止には次の様な防護用品の活用が挙げられる。例えば、ピペッタの使用は( A )、手袋の着用は( B )のみならず( A )、また、マスクの着用は( C )のみならず( A )による被ばくの防止に有効であると考えられる。

非密封の放射性同位元素を使用する作業室の放射線管理を行う場合、表面汚染の評価が必要となる。表面汚染のタイプには、( D )と( E )のものがある。前者は外部被ばくの原因となるが、後者は、実験室内への汚染の拡大、作業者の内部被ばくの原因ともなるため、作業室内の放射線管理上、重要である。両者を同時に測定するには( F )法が採用され、後者のみを測定するには( G )法が採用される。

また、実験室内の粒子状の空气中放射性核種の濃度測定にはダストサンプラやダストモニタが用いられる。 $\beta$ 核種を使用する施設において、空气中濃度の測定の際には空气中の $^{222}\text{Rn}$ や $^{220}\text{Rn}$ からの影響を考慮する必要がある。前者は( H )系列で後者は( I )系列である。それぞれの壊変でフィルタに付着する核種として $\beta$ 線測定に影響を与えるものは、主に $^{214}\text{Pb}$ と $^{212}\text{Pb}$ であり、それぞれの半減期は( J )と( K )である。通常、 $^{214}\text{Pb}$ と $^{212}\text{Pb}$ の放射能を比べると( L )。

<ⅠのA～Gの解答群>

- |           |       |      |       |       |       |
|-----------|-------|------|-------|-------|-------|
| 1 吸入(経気道) | 2 経口  | 3 経皮 | 4 液体状 | 5 固体状 |       |
| 6 遊離性     | 7 固着性 | 8 直接 | 9 絶対  | 10 間接 | 11 接触 |

<ⅠのH～Lの解答群>

- |            |            |          |          |         |
|------------|------------|----------|----------|---------|
| 1 ウラン      | 2 ネプツニウム   | 3 トリウム   | 4 アクチニウム |         |
| 5 55.6秒    | 6 27分      | 7 10.6時間 | 8 3.8日   | 9 ほぼ等しい |
| 10 前者の方が強い | 11 後者の方が強い |          |          |         |

Ⅱ 実験者から $^{32}\text{P}$ リン酸塩水溶液を使用する実験で2MBqが貯留槽に排水されたとの報告を受け、貯留槽中の放射性核種濃度を検討することにした。

告示別表第2の第六欄に定められた $^{32}\text{P}$ の排水濃度限度はリン酸塩水溶液の場合、 $0.3\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$ である。貯留槽の容積は $10\text{m}^3$ であり、現在 $5\text{m}^3$ の水量がある。すでに、貯留槽には $^{36}\text{Cl}$ を含む塩化物溶液が廃棄され、 $^{36}\text{Cl}$ 濃度が $0.3\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$ となっていることが分かっている。 $^{36}\text{Cl}$ の排水濃度限度は $0.9\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$ である。

この場合、現在の貯留槽の廃水の濃度は排水濃度限度の( A )倍となっていることから、その有効な対策について検討することにした。この貯留槽の廃水すべてを一旦容積 $10\text{m}^3$ の希釈槽に移し、水道水を入れて満水にした場合、排水濃度限度の( B )倍となる。また、仮に、別の対策として、この貯留槽への実験室からの廃水の流入を止め、15日間放置して放射性核種の減衰を待

った場合、排水濃度限度の ( C ) 倍となる。

<IIの解答群>

- 1 0.33    2 0.50    3 0.67    4 0.75    5 0.83    6 1.0    7 1.3  
8 1.7    9 2.0

III  $\beta^-$ 線の校正用線源を作成するため、KCl 溶液をアルミニウム皿に入れ、蒸発乾固したところ皿の底に 200mg の結晶が析出した。この試料の  $^{40}\text{K}$  の放射能は ( A ) Bq である。

ただし、塩化カリウム KCl の式量は 75、 $^{40}\text{K}$  の同位体存在比は 0.012%、半減期は  $4.0 \times 10^{16}$  秒、 $\beta^-$ 壊変の分岐比は 89%とする。アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$  とする。

GM 計数装置を用いて、100 分間測定した場合、正味の計数は 3000 カウントであった。試料中の  $\beta^-$ 線の吸収及び後方散乱を考慮しないとすると  $\beta^-$ 線の計数効率 ( B ) % である。

$^{36}\text{Cl}$  を  $0.3 \text{Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$  含む貯留槽から  $100 \text{cm}^3$  を採水し、蒸発乾固したところ、析出した沈殿は、およそ 200mg であった。これを全てアルミニウム皿上に集めた。上記装置を用いて計数した場合の正味の計数率は ( C ) cpm となる。ただし、塩化物は蒸発乾固により飛散しないものとする。また、 $^{36}\text{Cl}$  の  $\beta^-$ 壊変の分岐比は 98%とする。

<IIIの解答群>

- 1 1.6    2 2.8    3 3.3    4 13    5 15    6 17    7 28    8 30  
9 33    10 90    11 180    12 300    13 330

問2 非密封の放射性同位元素の使用施設での放射線管理で考慮すべき事項に関する次の I ~ V の文章の ( ) の部分に入る最も適切な語句、記号、数値又は文節を、それぞれの解答群から 1 つだけ選べ。

#### I 使用核種

物理的性質・性状・化学的性質・生化学的挙動などにより、作業に伴う危険性は異なる。例えば、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{210}\text{Po}$  についてみると、核種 ( A ) は、LET が高い ( B ) を放出するので危険度が高いとされる。しかし、他の ( C ) 放出核種と比べて低エネルギーの ( C ) を放出する核種 ( D ) の危険度は必ずしも大きい訳ではない。一方、物理的半減期が長くなると、体内に取り込まれた場合の影響を及ぼす期間も長くなる。上記の核種で最も物理的半減期が長いのは ( E ) で、最も短いのは ( F ) である。これに生体内の挙動を加味した有効半減期は最も重要な概念である。生物学的半減期が物理的半減期に対して著しく長い場合、有効半減期は物理的半減期に比べて ( G ) こととなる。

<Iの解答群>

- 1  $^3\text{H}$     2  $^{14}\text{C}$     3  $^{32}\text{P}$     4  $^{90}\text{Sr}$     5  $^{137}\text{Cs}$     6  $^{210}\text{Po}$     7  $\alpha$ 線  
8  $\beta$ 線    9  $\gamma$ 線    10 中性子線    11 著しく短い  
12 ほとんど変わらない    13 著しく長い

## II 使用時の取扱操作

水溶液に関する操作は一般には危険性が低いが、例えば  $^{36}\text{Cl}$  で標識した塩酸酸性水溶液を ( A ) と  $^{36}\text{Cl}$  の大部分が気体に含まれることとなつて、著しい空気汚染を起こす。また、 $^{131}\text{I}$  で標識したヨウ化カリウムに ( B ) を加えた場合にも著しい空気汚染が起こることはよく知られている。取扱操作に係る危険度の指標として ( C ) がある。これを考慮するときわめて危険度が高いと考えられる ( D ) などでは普通の化学操作に対して使用数量を 0.01 倍に留めるべきである。ただし、グローブボックス内での操作の場合には、使用数量を 1 桁以上増すことができる。

### <IIの解答群>

- 1 水酸化カリウム水溶液に加える
- 2 赤外線ランプで乾固する
- 3 硝酸銀水溶液に加える
- 4 亜鉛末に滴下する
- 5 塩酸
- 6 蒸留水
- 7 水酸化ナトリウム水溶液
- 8 飽和係数
- 9 放射線荷重係数
- 10 修正係数
- 11 ビルドアップ係数
- 12 原液の貯蔵
- 13 こぼすおそれのある複雑な湿式操作
- 14 乾式で、粉末を発生する操作

## III 場所の汚染の除去

汚染の拡大を防ぐために、状況に応じた処置を講ずる必要がある。場合によっては、汚染核種に固有の ( A ) を考慮して適切な除染時期を設定することもある。これにより、除染作業に伴う被ばく線量並びに廃棄物の発生量を軽減することができる。汚染核種だけでなく汚染された素材の ( B ) も重要であり、不適切な除染剤の選択は汚染の拡大すらも促すことがある。例えば、樹脂製の床材への ( C ) の使用は不適切である。

### <IIIの解答群>

- 1 放射線の種類
- 2 放射線のエネルギー
- 3 半減期
- 4 化学的性質
- 5 放射線化学反応の起こり易さ
- 6 放射線耐性
- 7 水
- 8 シュウ酸水溶液
- 9 中性洗剤
- 10 アセトン

## IV 廃棄物の処理(放射性気体の濃縮)

液体への吸収が有効な場合がある。 $^{14}\text{CO}_2$  の ( A ) への吸収、 $^{85}\text{Kr}$  の ( B ) への吸収などがある。 $^{85}\text{Kr}$  については ( C ) 粉末への吸着、( D ) の差を利用して空気から分離する方法などで濃縮処理が可能である。

### <IVの解答群>

- 1 濃硫酸
- 2 イオン交換水
- 3 蒸留水
- 4 水酸化ナトリウム水溶液
- 5 エタノール
- 6 アセトン
- 7 四塩化炭素
- 8 ゼオライト
- 9 塩化カルシウム
- 10 シリカゲル
- 11 活性炭
- 12 沸点
- 13 凝固点
- 14 昇華点
- 15 臨界点

V 廃棄物の処理(廃水の処理)

実験室からの廃水は一旦、貯留槽で留め置かれる。 $^{90}\text{Sr}$ (半減期 28.8 年) -  $^{90}\text{Y}$ (半減期 64.1 時間) が使用核種で、両者が分離されたのち  $^{90}\text{Sr}$  のみが貯留槽中に放出された場合を考える。その後、貯留槽への廃水の流入がなくても、全放射能の測定結果は、1 ヶ月の後には、元の廃水の測定結果に比べて、( A ) となる。さらに、2 ヶ月間、この状態のまま経過すると、放射能は1 ヶ月の後の測定結果と比べて ( B ) となる。

< V の解答群 >

- 1 無視できる値    2 約 1/4    3 およそ半分    4 同程度    5 約 1.5 倍  
6 約 2 倍    7 約 4 倍

問3 Ge 検出器を用いた  $\gamma$  線測定に関する次の I ~ II の文章の ( ) の部分に入る最も適当な語句、数式又は最も近い数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

I 検出部に入射したエネルギー  $E_\gamma$  [MeV] の  $\gamma$  線が ( A ) を起こし検出部外へ逃れると、検出器の出力から得られたエネルギースペクトルにおいて、( B ) のエネルギー分布に対応する連続スペクトル部分が形成される。入射  $\gamma$  線と外部へ逃れた光子が成す角度を  $\theta$  とすると、外部へ逃れた光子のエネルギー  $E'_\gamma$  [MeV] は ( イ ) の式で与えられ、 $\alpha$  の値は ( ロ ) [MeV] となる。このため、( B ) のエネルギーは、 $\theta$  が ( ハ ) 度の時に最大となり、このエネルギーに対応した ( C ) がスペクトル上に現れる。また、光子が外部に逃れず、検出部内で最終的に ( D ) を起こすと ( E ) ピークとなる。一方、 $2 \times \alpha$  [MeV] を超えるエネルギーの  $\gamma$  線が入射すると ( F ) に起因する ( G ) が放出され、これが検出部外へ逃れると全吸収ピークの割合が減少する。

< I の A ~ G の解答群 >

- 1 光電効果    2 電子対生成    3 コンプトン散乱    4 コンプトン電子  
5 コンプトン端    6 光電子    7 軌道電子    8 消滅放射線  
9 オージェ電子    10 K 吸収端    11 全吸収    12 エスケープ  
13 サム

< I の イ ~ ハ の解答群 >

- 1  $\frac{E_\gamma}{1 + \alpha(1 - \cos\theta)E_\gamma}$     2  $\frac{\alpha E_\gamma}{\alpha + (1 - \cos\theta)E_\gamma}$     3  $\frac{E_\gamma}{\alpha + (1 - \cos\theta)E_\gamma}$   
4  $\frac{E_\gamma}{E_\gamma + \alpha(1 - \cos\theta)}$     5 0.511    6 1.02    7 1.53  
8 2.04    9 0    10 90    11 180

II 放射能を測定する場合、測定された  $\gamma$  線エネルギースペクトル中の全吸収ピークに着目する方法が一般的である。2 本の  $\gamma$  線 [ $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ ] が ( A ) 秒程度の遷移時間でカスケードに放出される

$^{60}\text{Co}$  のような核種の測定では、2つの出力信号が ( B ) 事象として検出される。このため、それぞれの全吸収ピークの割合は ( C ) し、両者の ( D ) の合計に対応する ( E ) と呼ばれるピークを作る。このピークの計数効率は、 $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$  とエネルギーが等しい単独の  $\gamma$  線に対する全吸収ピーク効率を  $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$  で表すと、( イ ) で与えられる。また、 $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$  とエネルギーが等しい単独の  $\gamma$  線に対する全計数効率をそれぞれ  $\varepsilon_{t1}$ 、 $\varepsilon_{t2}$  とすると、 $\gamma_1$  の全吸収ピーク効率は、( ロ ) となる。この効果を小さくするためには、線源-検出器間の距離を ( F ) させるなどの工夫が必要となる。

< II の A ~ F の解答群 >

- |       |         |            |         |
|-------|---------|------------|---------|
| 1 同時  | 2 逆同時   | 3 偶然同時     | 4 競合的   |
| 5 波長  | 6 波高値   | 7 エスケープピーク | 8 サムピーク |
| 9 増加  | 10 減少   | 11 一定に     | 12 計数率  |
| 13 ピコ | 14 マイクロ | 15 ミリ      |         |

< II のイ ~ ロの解答群 >

- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| 1 $\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$          | 2 $\varepsilon_1 \cdot (1 - \varepsilon_2)$ | 3 $\varepsilon_2 \cdot (1 - \varepsilon_1)$    | 4 $\varepsilon_2 \cdot (1 - \varepsilon_{t1})$ |
| 5 $\varepsilon_1 \cdot (1 - \varepsilon_{t2})$ | 6 $1 - \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$   | 7 $\varepsilon_{t1} \cdot (1 - \varepsilon_2)$ | 8 $\varepsilon_{t2} \cdot (1 - \varepsilon_1)$ |

問4 次の I ~ II の文章の ( ) の部分に入る最も適切な語句又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

I 図のような端窓型 GM 計数管を用いた装置で定立体角法により  $^{60}\text{Co}$  試料の放射能を測定することとした。ここで中央に穴のあいた絞りは ( A ) を規定するために用いるものであり、やはり中央に穴のあいたバツフル板は ( B ) の影響を軽減するために用いるものである。線源の大きさが十分小さい場合、( A ) は ( C ) の半径、及び線源と ( D ) との間の距離とによって決まる。各部の寸法や距離を図に示すようにした場合、( A ) は ( E ) となる。

吸収板は、線源と GM 計数管入射窓の間に介在する空気層や GM 計数管入射窓における ( F ) の吸収を推定したり、( G ) に対する GM 計数管の感度を評価するために必要である。吸収板の位置は GM 計数管入射窓に近い位置がよい。

< I の解答群 >

- |             |              |                |                 |            |
|-------------|--------------|----------------|-----------------|------------|
| 1 $\beta$ 線 | 2 $\gamma$ 線 | 3 散乱 $\beta$ 線 | 4 散乱 $\gamma$ 線 | 5 バックグラウンド |
| 6 線源        | 7 幾何学的効率     | 8 絶対効率         | 9 絞り            | 10 バツフル板   |
| 11 吸収板      | 12 0.0097    | 13 0.0136      | 14 0.0192       |            |

II 上記の装置によって放射能を決定するための手順を以下に示す。

はじめに ( A ) の最大飛程よりも厚い吸収板を用いて計数を行ない、( B ) と ( C ) による計数率を評価する。

次に種々の厚さ ( $2\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \sim 50\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$  程度) のアルミニウム製吸収板を置いた時の計数率を順

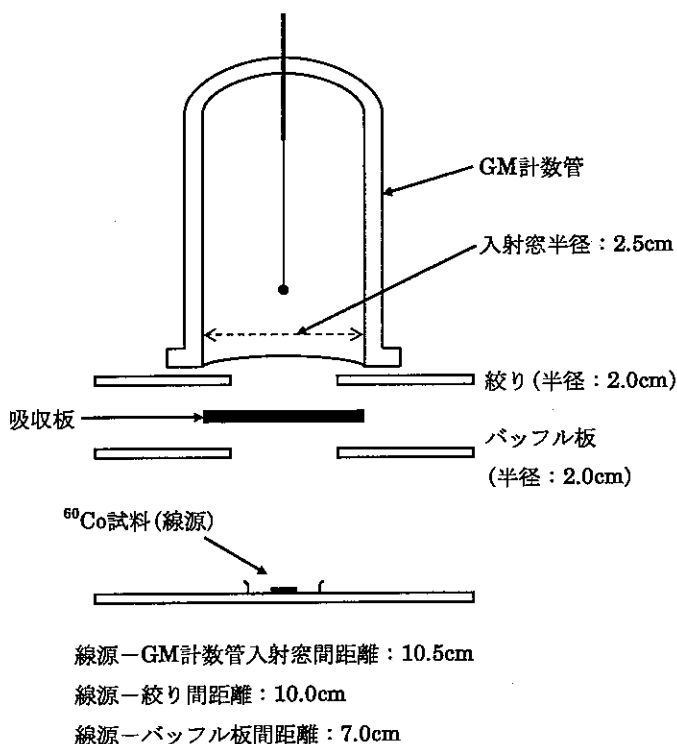
次求める。この値について予め計数装置の不感時間による数え落としの補正を行なうとともに、厚い吸収板を用いた時の計数率を差し引き、計数管の ( B ) に対する感度と ( C ) の影響を補正する。これらの結果を ( D ) グラフの横軸に吸収板厚 $[\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}]$ 、縦軸に計数率をプロットするとほぼ ( E ) 状のグラフが得られる。これは吸収板厚の増加とともにほぼ ( F ) 的に計数率が減少することを意味する。このようなグラフを ( G ) とよび、その形はあまり吸収体の材質に依存しない。したがって、線源-GM 計数管入射窓間に介在する空気層や GM 計数管入射窓における ( H ) の吸収を補正するためには、線源-GM 計数管入射窓間と空気密度から空気層の厚さ $[\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}]$ を求め、空気層厚及び GM 計数管入射窓の厚さ $[\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}]$ の分だけ ( G ) を ( I ) すればよい。この結果を  $\dot{n} [\text{s}^{-1}]$  とすると、 $^{60}\text{Co}$  試料(線源)の放射能  $A [\text{Bq}]$  は、次式により決定する。

$$A = \frac{\dot{n}}{\varepsilon_1(1+\varepsilon_2)(1-\varepsilon_3)}$$

上式において  $\varepsilon_1$  は ( J )、 $\varepsilon_2$  は ( K )、 $\varepsilon_3$  は ( L ) を示す。線源の試料皿が十分に厚く、その材質が判明している場合、その ( K ) はデータ集から知ることができる。線源の調製に際しては、展開剤等を用いて試料が均一に薄く広がるように留意し、線源自体の中での  $\beta$  線の ( L ) ができるだけ小さくなるようにする。

< II の解答群 >

- |          |          |             |              |        |
|----------|----------|-------------|--------------|--------|
| 1 幾何学的効率 | 2 絶対効率   | 3 $\beta$ 線 | 4 $\gamma$ 線 | 5 自己吸収 |
| 6 自己吸収率  | 7 吸収曲線   | 8 直線        | 9 指数         | 10 片対数 |
| 11 両対数   | 12 後方散乱率 | 13 バックグラウンド | 14 内挿        |        |
| 15 外挿    |          |             |              |        |



問5 次のI～IIの文章の( )の部分に入る最も適切な語句、記号又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

I 人体に対する放射線の影響を考える際にまず基本となる線量は吸収線量である。その単位は( A )で、固有の名称として( B )が与えられている。組織・臓器の吸収線量は放射線によって組織・臓器に与えられたエネルギーをその質量で除して算定される。吸収線量に( C )を乗じたものが等価線量である。ここで、( C )は( D )影響の発生を指標とした様々な種類とエネルギーの放射線の( E )を反映するように決定された係数である。10keV～100keVの中性子線の場合には( F )を用いる。さらに、組織・臓器ごとの等価線量に( G )を荷重して足しあわせたものを( H )と呼ぶ。なお、( G )は全身が均等被ばくしたときの全身の障害に対する各組織・臓器の障害の寄与をあらわすもので、全組織・臓器について足しあわせると( I )となるように設定されている。例えば、生殖腺については( J )、乳房については( K )の値が与えられている。

また、実務的にはこれらの線量を直接測定することはできないので、ICRU球とよばれる人体組織と等価な球の表面から1cm及び70 $\mu$ mの深さにおける線量当量である、それぞれ1cm線量当量 $H_{1cm}$ 及び70 $\mu$ m線量当量 $H_{70\mu m}$ が用いられる。( L )には $H_{1cm}$ 又は $H_{70\mu m}$ のうち適切な方、( M )には $H_{70\mu m}$ 、それ以外の組織には $H_{1cm}$ を用いる。

< Iの解答群 >

- |       |    |                           |    |                           |    |                            |    |                            |
|-------|----|---------------------------|----|---------------------------|----|----------------------------|----|----------------------------|
| (A)   | 1  | C $\cdot$ m <sup>-3</sup> | 2  | J $\cdot$ m <sup>-3</sup> | 3  | C $\cdot$ kg <sup>-1</sup> | 4  | J $\cdot$ kg <sup>-1</sup> |
| (B)   | 1  | Bq                        | 2  | R                         | 3  | Gy                         | 4  | Sv                         |
| (C～E) | 1  | 荷重係数                      | 2  | 照射線量                      | 3  | 実効線量                       | 4  | 線量当量                       |
|       | 5  | 線吸収係数                     | 6  | 線量係数                      | 7  | 放射線荷重係数                    |    |                            |
|       | 8  | 組織荷重係数                    | 9  | 急性的                       | 10 | 慢性的                        | 11 | 確定的                        |
|       | 12 | 確率的                       | 13 | OER                       | 14 | LET                        | 15 | RBE                        |
| (F)   | 1  | 0.01                      | 2  | 0.05                      | 3  | 0.12                       | 4  | 0.20                       |
|       | 5  | 1                         | 6  | 5                         | 7  | 10                         | 8  | 20                         |
| (G～H) | 1  | 荷重係数                      | 2  | 照射線量                      | 3  | 実効線量                       | 4  | 線量当量                       |
|       | 5  | 線吸収係数                     | 6  | 線量係数                      | 7  | 放射線荷重係数                    |    |                            |
|       | 8  | 組織荷重係数                    | 9  | 急性的                       | 10 | 慢性的                        | 11 | 確定的                        |
|       | 12 | 確率的                       | 13 | OER                       | 14 | LET                        | 15 | RBE                        |
| (I～K) | 1  | 0.01                      | 2  | 0.05                      | 3  | 0.12                       | 4  | 0.20                       |
|       | 5  | 1                         | 6  | 5                         | 7  | 10                         | 8  | 20                         |
| (L～M) | 1  | 水晶体                       | 2  | 甲状腺                       | 3  | 生殖器                        | 4  | 皮膚                         |
|       | 5  | 血液                        |    |                           |    |                            |    |                            |

II 密封されてない放射性同位元素を使用する施設では、放射性同位元素を摂取することにより内部被ばくが起こるおそれがある。この時の被ばく線量は、体内に摂取された放射性同位元素の放射能



を計測し、この数値に吸入などに関わる放射性同位元素の（ A ）係数( $\text{mSv}\cdot\text{Bq}^{-1}$ )を乗じて算定される。

体内に摂取された放射能を評価する方法には体外計測法、バイオアッセイ法及び空气中放射能から計算する方法などがある。体外計測法では（ B ）を用いて、体内に残留している放射能を体外より計測するので、X線や（ C ）線を放出する核種に適用される。バイオアッセイ法では放射性同位元素を摂取した人の尿などに含まれる放射能を計測し、この値と該当核種の排泄量(率)から、体内に摂取された放射能を算定する。本法は体外計測法での適用核種のみならず、（ D ）線や、さらに飛程の短い（ E ）線を放出する核種にも適用できる。空气中放射能から計算する方法では、作業環境中の放射能をダストモニタなどによって計測し、この値と作業者が立ち入った時間内の（ F ）量とから、体内に摂取された放射性同位元素の放射能を算定する。

< II の解答群 >

(A) 1 線吸収      2 質量吸収      3 線量当量      4 実効線量

(B) 1 比例計数管      2 レムカウンタ      3 ホールボディカウンタ  
4 液体シンチレーションカウンタ

(C~E) 1  $\alpha$       2  $\beta^-$       3  $\gamma$

(F) 1 吸収      2 代謝      3 分布      4 排泄      5 呼吸

問6 次のI～IIの文章の( )の部分に入る最も適切な語句、記号又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

I 自然放射線による被ばくは、宇宙線による被ばくと天然放射性核種からの放射線による被ばくの2つに分けることができる。宇宙線は地球外の空間から飛来する高エネルギー放射線に由来する。このため、宇宙線による被ばくは高度とともに( A )する。また( B )の影響で( C )で線量が高くなる。天然放射性核種はその起源別に2つに分けられる。1つは地球の誕生時から存在していた原始放射性核種で、もう1つは宇宙線と大気との相互作用によって生じた宇宙線生成核種である。原始放射性核種としては、( D )の他に様々な系列核種がある。天然放射性核種からの被ばくは、外部被ばくと内部被ばくの2つに分けられる。外部被ばくとしては天然放射性核種からの( E )線が被ばく線量として大きく、( F )によるものが大部分である。なお、宇宙線生成核種からの放射線による被ばく線量の大部分は( G )からの放射線による( H )被ばくによる。自然放射線による年間実効線量の世界平均はラドンによる被ばくを含め、約( I ) mSvである。

< Iの解答群 >

- (A) 1 増加      2 減少  
 (B) 1 偏西風    2 地磁気    3 気温    4 湿度  
 (C) 1 低緯度    2 中緯度    3 高緯度  
 (D) 1  $^3\text{H}$       2  $^{14}\text{C}$       3  $^{22}\text{Na}$       4  $^{40}\text{K}$       5  $^{45}\text{Ca}$   
 (E) 1  $\alpha$           2  $\beta$           3  $\gamma$   
 (F) 1 原始放射性核種      2 宇宙線生成核種  
 (G) 1  $^3\text{H}$       2  $^{14}\text{C}$       3  $^{22}\text{Na}$       4  $^{40}\text{K}$       5  $^{45}\text{Ca}$   
 (H) 1 内部      2 外部  
 (I) 1 0.6      2 1.2      3 2.4      4 3.6      5 4.8

II ラドンの同位体である $^{222}\text{Rn}$ は地中や家屋の建築材料中に存在する $^{226}\text{Ra}$ が $\alpha$ 壊変することによって生ずる。特に、建材中に含まれる $^{226}\text{Ra}$ から発生する $^{222}\text{Rn}$ が自然放射線源として重要であり、建築様式別では、( A )で屋内ラドン濃度が低い。このため、日本では自然放射線源による被ばくのうちラドンによる線量は世界平均に比べ( B )。 $^{222}\text{Rn}$ は半減期約( C )で $\alpha$ 壊変して( D )になった後、順次壊変して半減期22.3年の $^{210}\text{Pb}$ になり、その放射能は小さくなる。ラドンは $\alpha$ 線を放出する( E )で、ラドンの壊変により生じる娘核種は直ちに相互に付着するか( F )に付着して( G )により体内に取り込まれて、上皮細胞がラドンの娘核種の $\alpha$ 壊変によって放出される $\alpha$ 線の照射を受ける。 $\alpha$ 線の飛程は短く、しかも( H )が大きいため、( I )の原因となる可能性が指摘されている。ラドンの娘核種の放射能測定は( J )で捕獲し、( K )によって測定するのが一般的である。

< IIの解答群 >

- (A) 1 木造 2 コンクリート造
- (B) 1 高い 2 低い
- (C) 1 55.6 秒 2 27 分 3 10.6 時間 4 3.8 日
- (D) 1  $^{218}\text{Rn}$  2  $^{218}\text{Po}$  3  $^{218}\text{At}$  4  $^{218}\text{Pb}$
- (E) 1 気体 2 液体 3 固体
- (F) 1 壁や床 2 飲食物 3 エアロゾル
- (G) 1 経口摂取 2 吸入摂取 3 経皮摂取
- (H) 1 放射線化学的収率 2 OER(酸素効果比) 3 線量線量率効果係数  
4 RBE(生物学的効果比)
- (I) 1 胃がん 2 食道がん 3 肺がん 4 皮膚がん
- (J) 1 ろ紙 2 活性炭カートリッジ 3 水バブラー 4 コールドトラップ
- (K) 1 電離箱 2 Ge(Li)検出器 3 GM 計数管  
4 ZnS(Ag)シンチレーションカウンタ