

管理測定技術

放射性同位元素及び放射線発生装置による放射線障害の防止に関する管理技術並びに放射線の測定技術に関する課目（法律別表第1に掲げる課目（2）、（3）及び（4）を含む）

試験が始まる前に、このページの記載事項をよく読んでください。裏面以降の試験問題は、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（16ページ）

3 注意事項：

- ① 机の上に出してよいものは、受験票、鉛筆又はシャープペンシル（HB又はB）、鉛筆削り、消しゴム、時計（計算機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計は不可）に限ります。
- ② 計算機（電卓）、定規及び下敷きの使用は認めません。
- ③ 不正行為等を防止するため、携帯電話等の通信機器は、必ず、電源を切ってカバン等の中に入れてください。
- ④ 問題用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁又は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。なお、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験終了の合図があったら、ただちに筆記用具を置いてください。
なお、試験監督員が解答用紙を集め終わるまで、席を離れてはいけません。
- ⑥ 問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑦ 不正行為を行った者は、受験を中止させ、退場を命じます。

4 解答用紙（マークシート）の取扱いについて：

- ① 解答用紙を折り曲げたり汚したりしないでください。また、記入欄以外の余白及び裏面には、何も記入しないでください。
- ② 筆記用具は、鉛筆又はシャープペンシル（HB又はB）を使用してください。また、記入を訂正する場合は、消しゴムできれいに消してください。
- ③ 解答用紙の所定欄に氏名・受験地・受験番号を忘れずに記入してください。特に、受験番号は受験票と照合して間違えないよう記入してください。
- ④ 解答は、1つの問いに対して、1つだけ選択（マーク）してください。2つ以上選択している場合は、採点されません。

問1 β^- 壊変核種の放射能測定に関する次のⅠ、Ⅱの文章の□に入る最も適当な語句又は数式を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

Ⅰ 放射能は単位時間当たりの□A□の数として与えられ、100% β^- 壊変する核種では単位時間当たりに放出される β^- 線を測定し、その全数を求めることにより決定できる。この放射能の測定において、□B□を用いることなく直接測定する方法は□C□測定法と呼ばれ、これに属する方法には、幾何学的効率を一定にして測定する□D□法、連続してほぼ同時に放出される複数の放射線に着目して測定する同時計数法などの方法がある。

一方、測定する試料と性状の等しい□B□からの β^- 線を測定してその計数効率を求め、間接的に放射能を測定する方法は□E□測定法と呼ばれる。 β^- 壊変に続いて γ 線の放出を伴う核種に適用できる Ge 検出器を用いた γ 線スペクトロメトリに基づく放射能測定もこの一つであり、着目する γ 線の□F□の計数率と放射能の関係をあらかじめ□B□を用いて求めておき放射能を決定する。

< A～Fの解答群 >

- | | | |
|-----------|------------|-----------|
| 1 定立体角 | 2 機器効率 | 3 カロリーメータ |
| 4 標準線源 | 5 チェッキング線源 | 6 基準電流源 |
| 7 パルス発信器 | 8 放射線 | 9 壊変 |
| 10 励起 | 11 相対 | 12 絶対 |
| 13 全吸収ピーク | 14 サムピーク | |

Ⅱ 端窓型 GM 計数管を用いた□G□法では、線源から計数管へ入射する β^- 線の割合を絞りにより一定に保ち、放射能 A を求める。このとき、測定で得られる β^- 線の計数率 n と点状線源の放射能 A との関係は、以下の式で与えられる。

$$n = A\varepsilon_1(1 + \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_3)(1 - \varepsilon_4)$$

ここで、 ε_1 は幾何学的効率であり、絞りの半径を R 、絞りと線源との距離を d とすると、 $\varepsilon_1 = \square$ ア□となる。 ε_2 は線源支持板の□H□の割合、 ε_3 は線源-検出器間の空気層や検出器窓による吸収損失の割合、 ε_4 は線源の□I□による損失の割合を表す。

また、この測定法を拡張し、幾何学的効率が 0.5 で、さらに線源と検出領域との間の β^- 線の吸収損失をなくした測定器が□J□である。

β^- - γ 同時計数法では、 β^- 線検出器と γ 線検出器を対向させ、その間に点状線源を置いて測定する。 β^- 線とこれに連続して放出される γ 線について、バックグラウンドを補正したそれぞれの計数率を n_β 、 n_γ 、また、それらの同時計数の計数率を n_c で表すと、 β^- 線検出器及び γ 線検出器の計数効率 ε_β 、 ε_γ は、 $\varepsilon_\beta = \square$ イ□、 $\varepsilon_\gamma = \square$ ウ□となる。このとき、放射能 A は $A = \square$ エ□で与えられる。この測定法において計数率が高い場合は、 β^- 線と同時事象の関係のない γ 線による□K□計数率の影響

を補正することが必要となり、この補正量は、同時計数回路の信号パルスの分解時間を τ とすると、
オ で与えられる。また、 β 線検出器としてLを用いれば、 β 線の計数への γ 線の影響や角
 相関などの影響がほとんどなく、種々の補正が軽減される。

<G~Lの解答群>

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 後方散乱 | 2 自己吸収 | 3 $2\pi\beta$ 計数管 |
| 4 $4\pi\beta$ 計数管 | 5 井戸型 NaI(Tl) 検出器 | 6 グリッド付電離箱 |
| 7 定立体角 | 8 偶発同時 | 9 逆同時 |
| 10 減衰時間 | 11 エネルギー吸収 | 12 放出率 |
| 13 数え落とし | 14 強度差 | |

<アの解答群>

1 $\frac{1}{2}\left(1 - \frac{d^2}{R^2}\right)$	2 $\frac{1}{2}\left(1 - \frac{d}{\sqrt{d^2 + R^2}}\right)$	3 $\frac{1}{2}\left(1 + \frac{R}{\sqrt{d^2 + R^2}}\right)$
4 $\frac{1}{2}\left(1 - \frac{R}{\sqrt{d^2 + R^2}}\right)$	5 $\frac{1}{2}\left(1 - \frac{\sqrt{d^2 + R^2}}{d}\right)$	

<イ~オの解答群>

1 $\frac{n_\beta}{n_c}$	2 $\frac{n_\beta}{n_\gamma}$	3 $\frac{n_\gamma}{n_c}$	4 $\frac{n_c}{n_\gamma}$
5 $\frac{n_c}{n_\beta}$	6 $\frac{n_\beta \cdot n_\gamma}{n_c}$	7 $\frac{n_\beta \cdot n_c}{n_\gamma}$	8 $\frac{n_\beta}{n_\gamma \cdot n_c}$
9 $\frac{n_\gamma \cdot n_c}{n_\beta}$	10 $\frac{n_\gamma}{n_\beta \cdot n_c}$	11 $\frac{2\tau \cdot n_\beta}{n_\gamma}$	12 $\tau \cdot (n_\beta - n_\gamma)$
13 $2\tau \cdot n_\beta \cdot n_\gamma$	14 $\tau \cdot (n_\beta + n_\gamma)$		

問2 次のⅠ、Ⅱの文章の□の部分に入る最も適切な語句、記号、数値又は数式を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

Ⅰ 低レベル放射能の測定にとって大切な事柄として、バックグラウンド計数率の低減、高い□ A の確保、長時間測定などが共通的に挙げられる。

また、測定対象の□ B を求める場合には、測定試料の量を多くすることが有効である。

バックグラウンドの原因として、次のようなものがある。

- ① 建材、土壌、空気など周囲の環境中に存在する放射性物質。
- ② 検出器自体や遮蔽材などに含まれる放射性物質。
- ③ □ C などの宇宙線。
- ④ 他の電気機器からの高周波信号や電源スイッチの開閉にともなう電磁的ノイズ。

これらの原因のうち、①の環境中の放射性物質として、□ ア や □ イ の壊変生成物や □ ウ などの天然の放射性物質が主なものであるが、原子力発電所事故により放出された ^{134}Cs 、 ^{137}Cs によるバックグラウンドにも注意すべきである。□ ウ は高いエネルギーのβ線、γ線を放出し、γ線バックグラウンドスペクトルの 1.46 MeV 相当位置に顕著なピークを出現させる。また、2.6 MeV 付近にも顕著なピークが認められるが、これは □ ア の子孫核種の □ エ から放出されるγ線によるものである。また、□ イ の子孫核種である ^{214}Bi から 609 keV のγ線が放出されるが、このエネルギーは □ オ から放出される 605 keV γ線エネルギーに近接しているので、□ オ の測定に際し、妨害となることがある。これらの検出器外部からの放射線の影響を低減させるためには、厚い鉛や鉄のような遮蔽材によって検出器部を取り囲む。

②については、①で述べたような核種が検出器自体や遮蔽体に含有されると、ここから放出される放射線に対して遮蔽も有効に機能しないため、材料の吟味が必要である。例えば、遮蔽体の鉛には半減期 22 年の □ カ が含まれることがあり、この場合、その娘核種の □ キ からの □ D に起因する □ E によるバックグラウンドが問題になることがある。また、半田(はんだ)には □ ア や □ イ の壊変生成物が含まれることがあり、ガラスには □ ウ が含有することがあるので注意する必要がある。

③に対して □ C は極めて透過力が強いので、遮蔽体の使用もあまり効果がない。これを効果的に除去するためには、計数管の周囲や上部にガード計数管を配置し、この出力パルスで主計数管のパルスに対して □ F を行うとよい。これは、特にβ線の低レベル放射能測定にとって有効である。

④における電磁的ノイズ対策として、金属箱などによる電磁的遮蔽や電源部のフィルタの使用などがある。

高い □ A を確保するためには、測定試料を検出器に近づけたり、大きな検出器を用いて幾何効率を大きくすることが有効であるが、大きな検出器を用いると、バックグラウンド計数率も高くなるので、その兼ね合いに配慮する必要がある。また、測定器がスペクトロメータの場合、□ A が同じであっても、□ G が高い方が連続的なバックグラウンドスペクトルとピークとの

識別に関して有利である。

< A～Gの解答群 >

- | | | | |
|---------|--------------|-------------|----------|
| 1 放射能濃度 | 2 検出効率 | 3 時間分解能 | 4 逆同時計数 |
| 5 同時計数 | 6 波高弁別 | 7 エネルギー分解能 | 8 ニュートリノ |
| 9 制動放射線 | 10 β 線 | 11 μ 粒子 | |

< ア～キの解答群 >

- | | | | |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 ^{14}C | 2 ^{40}K | 3 ^{60}Co | 4 ^{131}I |
| 5 ^{134}Cs | 6 ^{137}Cs | 7 ^{208}Tl | 8 ^{210}Po |
| 9 ^{210}Pb | 10 ^{210}Bi | 11 ^{214}Bi | 12 ^{232}Th |
| 13 ^{238}U | | | |

II 低レベルβ線の測定において、測定試料からの放射線による計数率 n_S は、バックグラウンドを含めた全体の計数率 n_G から、バックグラウンド計数率 n_B を差し引いて求める。すなわち、

$$n_S = n_G - n_B$$

$$= \frac{N_G}{T_G} - \frac{N_B}{T_B}$$

となる。ここで、 N_G は試料を置いた状態で計数を時間 T_G の間行ったときに得られた計数值、 N_B は試料を置かないで計数を時間 T_B の間行ったとき得られた計数值である。この場合、 n_S の標準偏差を σ_S とすると、 n_S の分散 V_S は

$$V_S = \sigma_S^2 = \boxed{\text{H}}$$

で与えられる。全体の計数時間 T が一定、すなわち $T = T_G + T_B$ が一定の場合、上式において $T_G = T - T_B$ とし、 σ_S^2 を T_B で微分すると、

$$\frac{d\sigma_S^2}{dT_B} = \boxed{\text{I}}$$

の関係が得られる。バックグラウンド計測に関わる最適配分時間は $\frac{d\sigma_S^2}{dT_B} = 0$ において、

$$\frac{T - T_B}{T_B} = \frac{T_G}{T_B} = \boxed{\text{J}}$$

として求めることができる。したがって、たとえば、測定試料を置いた時の計数率が毎分約 20 カウント、バックグラウンド計数率が毎分約 10 カウントであることが予備測定で分かっているとき、

測定にかかわる時間 T が一定という制約の中で計数率の統計誤差を最小にするためには、 $\frac{T_G}{T_B}$ を

$\boxed{\text{ク}}$ にするのがよい。したがって、 $T = 100 \text{ min}$ の場合、 $T_G = \boxed{\text{ケ}} \text{ min}$ 、 $T_B = \boxed{\text{コ}} \text{ min}$ とする。

<H~Jの解答群>

1 $\frac{n_G}{n_B}$

2 $\frac{n_G}{n_G + n_B}$

3 $\sqrt{\frac{n_G}{n_B}}$

4 $\sqrt{\frac{n_G}{n_G + n_B}}$

5 $\sqrt{\frac{N_G}{N_B}}$

6 $\sqrt{\frac{N_G}{N_G + N_B}}$

7 $\frac{N_G}{T - T_B} + \frac{N_B}{T_B}$

8 $\frac{N_G}{(T - T_B)^2} - \frac{N_B}{T_B^2}$

9 $\frac{n_G}{(T - T_B)^2} + \frac{n_B}{T_B^2}$

10 $\frac{n_G}{(T - T_B)^2} - \frac{n_B}{T_B^2}$

11 $\frac{n_G}{T_G} - \frac{n_B}{T_B}$

12 $\frac{n_G}{T_G} + \frac{n_B}{T_B}$

13 $\frac{N_G}{T_G} + \frac{N_B}{T_B}$

14 $\frac{N_G^2}{T_G} + \frac{N_B^2}{T_B}$

<ク～コの解答群>

1 1.0

2 1.4

3 2.0

4 2.4

5 3.0

6 24

7 33

8 41

9 50

10 59

11 67

12 76

問3 次のⅠ～Ⅲ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 非密封の ^3H (T)、 ^{14}C 、 ^{35}S 、 ^{131}I を使用する施設において、それらを使用する際に以下のような反応や性質について注意する必要がある。

1 MBqの ^{14}C で標識された炭酸ナトリウム水溶液 100 mL(濃度: $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)に□Aを滴下すると気体が発生した。この気体は□Bである。このとき発生する気体の放射能濃度は 0°C 、1気圧で□ア $\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$ となる。

^3H で標識された水に、金属マグネシウムを入れ、□Aを滴下すると放射性の気体が発生した。この気体は□Cである。

Fe^{35}S に□Dを加えると、放射性の□Eが発生する。また、 Na^{131}I の水溶液を取り扱う際に、□Fにしたり酸化剤を加えたりすると、 ^{131}I が揮散しやすいので注意が必要である。

<A～Cの解答群>

- | | | | |
|-----------------|-------------------------|--------------------------|----------------|
| 1 NaOH | 2 HCl | 3 CH_3OH | 4 CO |
| 5 CO_2 | 6 O_2 | 7 CH_4 | 8 H_2 |
| 9 NH_3 | 10 H_2O | | |

<D～Fの解答群>

- | | | | |
|------------------------|--------------------------|-----------------|--------|
| 1 H_2S | 2 SO_2 | 3 SO_3 | 4 NaOH |
| 5 HCl | 6 CH_3OH | 7 酸性 | 8 中性 |
| 9 アルカリ性 | | | |

<アの解答群>

- | | | | |
|---------|---------|-------|-------|
| 1 5 | 2 90 | 3 200 | 4 900 |
| 5 2,000 | 6 5,000 | | |

II 放射性の気体が発生するような化合物はフードまたはグローブボックス内で取り扱う。空気中の放射性物質の濃度を測定するには、いったん捕集して行う方法がとられることが多い。捕集するには放射性物質の物理的、化学的性状によって様々な手法が用いられる。たとえば、気体の HTO を捕集するには を用いた固体捕集法やドライアイスを用いた冷却凝縮法などの方法がとられる。HT の場合には、 を用いて HTO に変えたのち、上記の捕集法を適用する。また、放射性ヨウ素が I₂ の状態で存在する場合には での捕集が行われるが、CH₃I の場合には 担持の が利用されている。放射性の二酸化炭素を捕集するには 溶液に通す方法がとられる。

<Gの解答群>

- 1 酸化鉄(III) 2 酸化銅(II) 3 シリカゲル 4 アルミナ

<Hの解答群>

- 1 電気分解法 2 イオン交換法 3 過マンガン酸カリウム
4 パラジウム触媒

<Iの解答群>

- 1 シリカゲル 2 活性炭 3 ゼオライト 4 アルミナ

<Jの解答群>

- 1 トリエチレンジアミン 2 シリコングリース 3 ポリビニルアルコール

<Kの解答群>

- 1 中性 2 アルカリ性 3 酸性

Ⅲ 一般的に非密封放射性同位元素の排気設備は、実験室内を換気し空气中濃度限度以下にするとともに、排気中の放射性同位元素の濃度を排気中濃度限度以下にするためのものである。

排気設備に備えられるフィルタとして、プレフィルタと高性能エアフィルタがある。前者にはガラス繊維フィルタ等が用いられている。後者は HEPA フィルタとも呼ばれ、定格風量で 0.3 μm 径の微粒子を %以上の捕集効率で捕集する性能を有するものとされている。また、放射性ヨウ素が排気中濃度限度を超える可能性のある施設では フィルタが用いられている。

フィルタの交換時に GM 管式サーベイメータで測定すると、空气中のラドンの子孫核種がフィルタに残っており、その影響でバックグラウンドよりも表面線量率が高くなっている。ラドンの同位体にはウラン系列の やトリウム系列の がある。半減期は前者が 、後者が である。

< L～Qの解答群 >

1 90	2 95	3 99	4 99.97
5 99.99	6 シリカゲル	7 活性炭	8 アルミナ
9 ^{219}Rn	10 ^{220}Rn	11 ^{222}Rn	12 56 秒
13 3.1 分	14 6.1 時間	15 3.8 日	

問4 次のI～IV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 非密封放射性同位元素の使用施設で、ある作業グループが ^{14}C 、 ^{32}P 、 ^{35}S を使用することとなった。これらの核種の半減期は ^{14}C が5,700年、 ^{32}P が14.3日、 ^{35}S が□A日である。また、 β 線の最大エネルギーは□Bが最も大きく1.711 MeVである。これらの核種の取扱いで担体存在下での沈殿生成による分離がしばしば利用される。オキソ酸イオン $^{14}\text{CO}_3^{2-}$ 、 $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ 、 $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ を含む水溶液に□Cイオンを加えると、いずれも難溶性塩を生成する。この他、 ^{35}S については、還元形の陰イオン□Dが Cu^{2+} などの金属イオンと難溶性塩を生成する。

<A～Dの解答群>

- | | | | |
|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 1 8.0 | 2 25.3 | 3 87.5 | 4 ^{14}C |
| 5 ^{32}P | 6 ^{35}S | 7 ナトリウム | 8 カリウム |
| 9 カルシウム | 10 S^{2-} | 11 SO_3^{2-} | 12 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ |

II この作業グループは小実験室を専有して使用することとなった。

^{32}P を使用する場合、遮蔽材に□Eを用いて□Fの発生を避ける。被ばくする手指のモニタリングにはリングバッジが適している。

^{32}P の取扱いで汚染が発生した場合、その位置の特定には□Gサーベイメータが用いられる。さらに、スミア法で□H汚染の広がりを調べ、除染の方法を検討する。スミアろ紙を水に浸して液体シンチレーションカウンタで□Iを計測することで ^{32}P のみを測定することも可能である。

^{14}C 、 ^{32}P 、 ^{35}S の内2核種を同時に利用した際のスミア試料の測定に液体シンチレーションカウンタを使用した場合、□Jを区別して定量することは困難である。これは、両者の□Kが近いためである。

<E～Iの解答群>

- | | | |
|----------|--------------------|------------|
| 1 アクリル樹脂 | 2 銅 | 3 鉛 |
| 4 消滅放射線 | 5 制動放射線 | 6 コンプトン電子 |
| 7 GM管式 | 8 NaI(Tl)シンチレーション式 | 9 電離箱式 |
| 10 固着性 | 11 非固着性 | 12 揮発性 |
| 13 熱量 | 14 酸素量 | 15 チェレンコフ光 |

<J、Kの解答群>

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 ^{14}C と ^{32}P | 2 ^{14}C と ^{35}S | 3 ^{32}P と ^{35}S |
| 4 原子番号 | 5 β 線の最大エネルギー | 6 蛍光収率 |

III ^{14}C 及び ^{32}P それぞれ 1 MBq を含む可能性がある洗浄液を排水することとなった。放射性同位元素の排液中又は排水中の濃度限度は、告示で ^{14}C は $2 \times 10^0 \text{ Bq/cm}^3$ 、 ^{32}P は $3 \times 10^{-1} \text{ Bq/cm}^3$ と定められている。この施設には排水設備として 10 m^3 の貯留槽 2 基と 10 m^3 の希釈槽 1 基が設けられている。1 つの貯留槽から排水する場合、排液の量が少なくとも $\boxed{\text{L}}$ m^3 以上ならば、希釈しないで排水が可能である。同様に、排液の量が少なくとも $\boxed{\text{M}}$ m^3 以上ならば、2 週間経過すれば、希釈しないで排水が可能である。また、希釈槽を使用しての希釈操作が必ず必要となるのは、貯留槽中の ^{14}C が $\boxed{\text{N}}$ MBq を超える場合に限られる。

< L ~ N の解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|------|---|-----|---|------|---|------|
| 1 | 1.4 | 2 | 2.2 | 3 | 3.1 | 4 | 3.9 |
| 5 | 5.1 | 6 | 6.0 | 7 | 10.0 | 8 | 15.0 |
| 9 | 20.0 | | | | | | |

IV 使用核種の変更や追加が作業内容の進展により必要となることがある。それに対応した測定技術や管理技術の適用が求められる。例えば、使用核種を ^{32}P から ^{33}P に変更した場合、放射線の $\boxed{\text{O}}$ が異なるため、 $\boxed{\text{P}}$ が可能となる。この場合にはこれまでと同じサーベイメータを使用して汚染箇所の特定や除染に対応することができる。

しかし、 $\boxed{\text{Q}}$ に有用で主に X 線・低エネルギー γ 線を放出する $\boxed{\text{R}}$ を追加した場合には、低エネルギー γ 線用 NaI(Tl) シンチレーション式サーベイメータを追加して、汚染箇所の特定や除染に対応することが望まれる。

< O、P の解答群 >

- | | | | |
|---|-------------------|---|-----------------|
| 1 | 最大エネルギー | 2 | 種類 |
| 3 | 内部転換係数 | 4 | 無担体での RI の使用 |
| 5 | イメージングプレート像の高解像度化 | 6 | オートウェルによる測定の自動化 |

< Q、R の解答群 >

- | | | | |
|---|------------------|---|------------------|
| 1 | シンチグラフィ | 2 | ラジオイムノアッセイ |
| 3 | ポジトロン CT | 4 | ^{125}I |
| 5 | ^{129}I | 6 | ^{131}I |

問5 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、それぞれの解答群の中から1つだけ選べ。なお、解答群の選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

I 放射線の被ばくは線量限度で管理されており、線量限度は実効線量と等価線量で規定されている。等価線量は人体の組織・臓器に対する放射線の影響を評価するためのもので、組織・臓器の平均の□A□線量に□B□加重係数を乗じたものである。実効線量は組織・臓器ごとの□C□線量に□D□加重係数を乗じた値を足し合わせたものである。全身の組織・臓器の□D□加重係数の値を足し合わせると□E□となる。

< A～Eの解答群 >

- | | | | |
|-------|--------|------|------|
| 1 照射 | 2 吸収 | 3 等価 | 4 実効 |
| 5 実用 | 6 放射線 | 7 臓器 | 8 組織 |
| 9 器官 | 10 0.1 | 11 1 | 12 3 |
| 13 10 | 14 100 | | |

II 実際に被ばく管理を行うためには、実効線量と等価線量を評価しなければならないが、日常的な放射線管理ですべての組織・臓器の線量を直接測定することは不可能である。そこで、外部被ばく管理のための線量測定の方法として、一点のみで線量が決められ、なおかつ、同一被ばく条件では実効線量や等価線量と比較して一般に□F□値を示す実用量が□G□によって定められている。これらの実用量とは、モニタリングのための周辺線量当量、方向性線量当量、及び個人線量当量である。これらの実用量に対応した測定器を用いて測定し、実効線量や等価線量を評価する。

< F、Gの解答群 >

- | | | |
|----------------|--------------|-----------|
| 1 上回らない | 2 下回らない | 3 等しい |
| 4 国際放射線単位測定委員会 | 5 国際放射線防護委員会 | 6 国連科学委員会 |
| 7 国際原子力機関 | | |

Ⅲ 周辺線量当量と方向性線量当量の基準となる線量は、**H**球と呼ばれる線量計算用ファントムを用いて計算される。**H**球は直径**I** cmの組織等価物質でできた球である。一方、個人線量当量の基準となる線量の計算には、組織等価物質でできた**J**の大きさの線量計算用スラブファントムが用いられる。実効線量は、場のモニタリングによりファントム表面から深さ**K** mmの**L**線量当量に相当する線量を測定するか、あるいは個人のモニタリングにより深さ**M** mmの**N**線量当量に相当する線量を測定することによって評価する。これらの線量の法令等の名称は、ともに**O**線量当量である。皮膚や眼の水晶体に対する等価線量は、場のモニタリングにより深さ**P** mmの**Q**線量当量、あるいは個人のモニタリングにより同じ深さの**R**線量当量に相当する線量の測定により評価する。ただし、眼の水晶体に対しては、放射線によっては深さ**S** mmの線量が用いられることもある。また、実効線量については、計算により評価することもできる。X・γ線の場合、自由空気中の**T**から実効線量への換算に用いる係数が法令等に規定されている。

<H~Kの解答群>

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 IAEA | 2 ICRP | 3 ICRU |
| 4 1 | 5 3 | 6 10 |
| 7 15 | 8 20 | 9 25 |
| 10 30 | 11 40 | 12 20cm×20cm×10cm |
| 13 30cm×30cm×15cm | 14 30cm×30cm×30cm | 15 40cm×40cm×20cm |

<L~Tの解答群>

- | | | |
|----------|------------|------------|
| 1 周辺 | 2 方向性 | 3 個人 |
| 4 実効 | 5 1ミリメートル | 6 1センチメートル |
| 7 0.07 | 8 0.3 | 9 1 |
| 10 3 | 11 10 | 12 照射線量 |
| 13 放射能濃度 | 14 光子フルエンス | 15 空気カーマ |

問6 次のⅠ～Ⅲ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 我々は放射性同位元素を取り扱わなくても自然放射線により常に被ばくしている。自然放射線による被ばくには、宇宙線によるものと□A核種からのものの2つがある。さらに、□A核種は、地球の誕生時から存在していた□B核種とその子孫核種、及び宇宙線が大気に当たって生成した□C核種からなる。

宇宙線は外部被ばくの原因となる。また、大地の□A核種からも外部被ばくを受ける。世界平均では、自然放射線による被ばくで最も寄与が大きいのはラドン及びその子孫核種の吸入による内部被ばくである。

□Dは□B核種であり、外部被ばくをもたらすとともに、食品から摂取され、体の構成要素として内部被ばくももたらす。□C核種からの被ばくの大部分は□Eによる内部被ばくであるが、被ばくに占める割合はごくわずかである。

これらすべての自然放射線による被ばくは、世界平均では年間□F mSv 程度になる。

< A～Cの解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| 1 人工放射性 | 2 天然放射性 | 3 原始放射性 | 4 宇宙線生成 |
|---------|---------|---------|---------|

< D、Eの解答群 >

- | | | | |
|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| 1 ^3H | 2 ^{14}C | 3 ^{22}Na | 4 ^{40}K |
| 5 ^{45}Ca | | | |

< Fの解答群 >

- | | | | |
|-------|-------|------|------|
| 1 0.1 | 2 0.5 | 3 1 | 4 2 |
| 5 5 | 6 10 | 7 20 | 8 50 |

II 内部被ばくの管理においては、摂取した放射能(単位:Bq)に **G** を乗ずることにより **H** を求める。摂取した放射能を被検者の測定から求めるには、体外計測法やバイオアッセイ法などがある。体外計測法は取り込まれた核種から放出される放射線を直接測定する方法で、測定には主に **I** を用い、**J** を放出する放射性核種が対象になる。測定時における体内放射能の評価精度はバイオアッセイ法に比べて **K**。バイオアッセイ法は、被検者の尿、便などの放射能を測定して、その値をもとにして摂取量を推定するものである。すべての核種が測定対象になるが、特に ^{90}Sr のような **L** だけを放出する核種の場合は、バイオアッセイ法が適している。ただし、尿、便のバイオアッセイ法では **M** などのパラメータの個人差による誤差に注意が必要である。

空気中の放射性物質の吸入による摂取量の推定には、空气中放射能濃度から算定する方法もある。この場合も、**N** などのパラメータが必ずしも個人の実際の値と一致しているわけではなく、また空气中放射能濃度と摂取量の関係が一様ではないので、摂取量の評価精度は高くない。

< G、Hの解答群 >

- | | | | |
|---------|----------|----------|----------|
| 1 線吸収係数 | 2 組織加重係数 | 3 質量吸収係数 | 4 実効線量係数 |
| 5 照射線量 | 6 吸収線量 | 7 等価線量 | 8 預託実効線量 |

< I～Nの解答群 >

- | | | | |
|------------------|--------------|--------------|-------------|
| 1 液体シンチレーションカウンタ | 2 ホールボディカウンタ | | |
| 3 エリアモニタ | 4 電離箱 | 5 α 線 | 6 β 線 |
| 7 γ 線 | 8 高い | 9 低い | 10 呼吸率 |
| 11 突然変異率 | 12 発がん率 | 13 排泄率 | |

Ⅲ 摂取した放射性物質は、体内にとどまっている限り被ばくの原因となるので、排泄などによってそれが体外に出るまでの体内動態を知ることが大切である。内部被ばく線量の評価には、放射性核種で決まっている物理的半減期と摂取された放射性物質が体外に排出されるまでの時間を反映する生物学的半減期から計算される有効半減期を用いる。 ^{131}I の場合、物理的半減期は であり、生物学的半減期を 80 日とすると、有効半減期は約 となる。 ^{137}Cs の場合、物理的半減期は であり、生物学的半減期を 100 日とすると、有効半減期は約 となる。

内部被ばくを低減するためには、放射性物質の摂取をなるべく少なくするとともに、万一摂取してしまった場合、体内からすばやく排除するための手段を講じることが重要である。放射性ヨウ素に対しては、薬剤として安定ヨウ素剤を予防的あるいは摂取後すみやかに投与すると効果が認められている。セシウムは、 と化学的性質が類似しており、経口摂取すると消化管から吸収されて全身に分布する。放射性セシウムを摂取した場合には、必要に応じて医師の処方にしたがって を投与する。この薬剤はセシウムと結合して、コロイドとして便に排泄されることにより、消化管からの吸収を阻害する。

<O～Rの解答群>

- | | | | |
|-------|--------|--------|------|
| 1 1日 | 2 4日 | 3 7日 | 4 8日 |
| 5 50日 | 6 100日 | 7 160日 | 8 1年 |
| 9 5年 | 10 10年 | 11 30年 | |

<S、Tの解答群>

- | | | |
|--------------|---------|------------|
| 1 EDTA | 2 DTPA | 3 プルシアンブルー |
| 4 アルギン酸ナトリウム | 5 カルシウム | 6 カリウム |
| 7 アルミニウム | 8 亜鉛 | 9 鉄 |



