

## 管理測定技術

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（12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 試験中に気分が悪くなった場合は、手を挙げて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、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。
- ⑦ 問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑧ 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 解答用紙の注意事項に従い丁寧に記入してください。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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 放射性核種の決定の際に行われる放射線エネルギー測定に関する次のI～IIの文章の( )の部分に入る最も適切な語句、記号、数字又は数式をそれぞれの解答群から選べ。

I 試料中の放射性核種を調べる場合、Ge 検出器を用いたγ線スペクトロメトリ法により行うことが一般的である。この理由の一つとしては、ゲルマニウム結晶中で電子と( A )の対が生成されるのに必要なエネルギーが約( B ) eVと小さく、エネルギー1 MeVの光子に対し( C ) keV程度の良好なエネルギー分解能が得られることがあげられる。

核種の決定において着目すべきピークは、通常は( イ )ピークであるが、これ以外にも種々のピークが形成されるため、個々のピークの成因を十分理解する必要がある。一壊変当たり複数のγ線が( ロ )に放出される場合には( ハ )ピークが形成される。また、γ線エネルギーが高い場合には、( ニ )により生じた( D )が電子と結合して( E )光子が放出されるため、この光子が相互作用を起こさずGe 検出器の( F )外に出ると、( ホ )ピークが形成される。

< IのA～Fの解答群 >

- |       |        |        |       |
|-------|--------|--------|-------|
| 1 電子  | 2 陽電子  | 3 陽イオン | 4 正孔  |
| 5 散乱  | 6 消滅   | 7 有効体積 | 8 集電極 |
| 9 不感層 | 10 0.1 | 11 0.5 | 12 2  |
| 13 3  | 14 5   |        |       |

< Iのイ～ホの解答群 >

- |         |           |            |          |
|---------|-----------|------------|----------|
| 1 計数効率  | 2 全計数効率   | 3 全吸収      | 4 ダブレット  |
| 5 カスケード | 6 競合      | 7 サム       | 8 エスケープ  |
| 9 後方散乱  | 10 レイリー散乱 | 11 コンプトン散乱 | 12 電子対生成 |
| 13 減衰   | 14 偶然同時計数 |            |          |

II 純 $\beta$ 線放出核種の場合では、( G ) シンチレーション検出器や ( H ) 半導体検出器などを用いてエネルギースペクトルを測定する。この場合、 $\beta$ 線の最大飛程が有効検出領域を超えないことに注意するとともに、 $\beta$ 線が有効検出領域へ入射する前に生じる吸収などにも注意する必要がある。エネルギーの指標としては、0.5 MeV 以上では ( I ) 線源などから放出される ( へ ) のピークが利用される。 $\beta$ 線のエネルギーは ( ト ) 分布のため、測定されたエネルギースペクトルの形状や ( チ ) に基づいて核種を決定する。

この方法の他、( J ) の吸収板と端窓型 GM 計数管などを用いて吸収曲線を作成し、( リ ) 法と呼ばれる方法で $\beta$ 線最大飛程を決定して核種を推定することもできる。 $^{32}\text{P}$  の $\beta$ 線に対し、( J ) 中の最大飛程  $R [\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}]$  と $\beta$ 線最大エネルギー  $E [\text{MeV}]$  との関係は、 $R = ( \text{K} )$  の実験式で表される。これにより、 $^{32}\text{P}$  の最大飛程は約  $0.8 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$  となる。

< II の G ~ J の解答群 >

- |                       |                       |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 Si(Li)              | 2 Ge(Li)              | 3 ZnS(Ag)             | 4 CsI(Tl)             |
| 5 BGO                 | 6 プラスチック              | 7 アルミニウム              | 8 銅                   |
| 9 鉛                   | 1 0 $^{63}\text{Ni}$  | 1 1 $^{109}\text{Cd}$ | 1 2 $^{137}\text{Cs}$ |
| 1 3 $^{147}\text{Pm}$ | 1 4 $^{210}\text{Po}$ |                       |                       |

< II の K の解答群 >

- |                    |                    |              |                      |
|--------------------|--------------------|--------------|----------------------|
| 1 $0.542E - 0.133$ | 2 $0.133E + 0.564$ | 3 $0.269E^2$ | 4 $0.542E^2 - 0.783$ |
| 5 $0.133E^{3.33}$  |                    |              |                      |

< II の へ ~ リ の解答群 >

- |           |          |           |         |
|-----------|----------|-----------|---------|
| 1 特性 X 線  | 2 オージェ電子 | 3 内部転換電子  | 4 反跳電子  |
| 5 最大エネルギー | 6 散乱ピーク  | 7 コンプトン端  | 8 コベル   |
| 9 フェザー    | 1 0 ガウス  | 1 1 アレニウス | 1 2 離散的 |
| 1 3 連続    | 1 4 均一   |           |         |

問2 次の文章の( )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。

水中や組織等価物質中の吸収線量の測定は、放射線治療や放射線防護にとって基本となる事柄の一つといえる。吸収線量の測定法として( A )法は定義に沿ったものであるが、測定感度が低い。通常は( B )の( C )をよりどころとした空洞電離箱法が用いられることが多い。この方法においては、物質中の小さい空洞の存在が二次電子の粒子束に大きく影響しない条件が必要であり、そのためには、空洞の体積は小さいほうがよい。

では、X、 $\gamma$ 線による水中や組織等価物質中の吸収線量を空洞電離箱法により測定する場合を考えてみよう。まず、水中や組織等価物質中に小さい空洞電離箱を挿入する。この場合、空洞電離箱の空洞気体として空気が用いられることが多い。壁物質としてグラファイトやアルミニウムなど、原子番号の( D )物質が用いられるが、内壁面にカーボンなどを薄く塗布して表面に( E )を付与したプラスチックなどが用いられることもある。空洞の中心にはステムと呼ばれる細い電極を設け、この電極と壁との間に電圧をかけ、電離電荷もしくは電離電流を読み出す。X、 $\gamma$ 線を照射して電離電荷  $Q$  [C]を得たとすれば、空洞気体に生じた( F )は、 $N=Q/e$  である。ここで、 $e$ は電荷素量で、( イ ) [C]である。この  $N$  に1イオン対を生成するのに必要なエネルギー、すなわち  $W$  値  $W$  [eV]を乗ずれば、空洞気体中での吸収エネルギーが( ロ )単位で求められる。二次電子の吸収エネルギーを( ハ )単位に換算するためには、これに換算係数( ニ ) [ $J \cdot eV^{-1}$ ]を乗じる。結局、空洞電離箱の内容積が  $V$  [ $m^3$ ]、空洞気体の密度が  $\rho$  [ $kg \cdot m^{-3}$ ]の場合、空洞気体における吸収線量  $D_g$  [Gy]は次式で与えられることとなる。

$$D_g = ( \text{ニ} ) \frac{Q \cdot W}{e \cdot V \cdot \rho}$$

なお、電子線に対する空気の  $W$  値は約 34 [eV]である。

壁物質の吸収線量  $D_w$  [Gy]は、

$$D_w = D_g \frac{a}{b}$$

として求める。ここで、 $a$ は( G )に対する、( H )の( I )であり、 $b$ は( J )の( I )である。

例えば  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線照射による吸収線量を空洞気体が空気、壁物質がグラファイトの空洞電離箱を用いて測定する場合、 $\frac{a}{b}$ の値は約 1.01、壁物質がアルミニウムの場合は約 0.88 である。壁物質の厚さは二次電子の( K )よりも厚く、( L )が成り立つことが必要である。空洞の大きさは充分小さいことが望まれるが、壁物質と空洞気体の原子組成が類似であれば、空洞の大きさに対する制限が軽減される。

次に空洞電離箱の周辺の物質(水や組織等価物質など)の吸収線量について考えよう。X、 $\gamma$ 線の照射野が充分広く、空洞電離箱周辺のエネルギーフルエンスが均一とみなすことができる場合には、この壁物質の吸収線量  $D_w$ [Gy]の値を用いて、空洞電離箱の周辺の物質の吸収線量  $D_m$ [Gy]を

$$D_m = D_w \frac{c}{d}$$

として間接的に求めることができる。ここで、 $c$ は( M )に対する、( N )の( O )であり、 $d$ は( P )の( O )である。ただし、電離箱壁の材質の平均原子番号と周辺の物質の平均原子番号が大きく異なるときは、周囲物質と電離箱壁物質の境界近傍において、( L )が成立しないので、注意が必要である。

<A～Fの解答群>

- |           |           |             |         |
|-----------|-----------|-------------|---------|
| 1 ベーテ     | 2 ファノ     | 3 ブラッグ・グレイ  | 4 熱量計   |
| 5 自由空気電離箱 | 6 外挿電離箱   | 7 電流        | 8 電荷    |
| 9 導電性     | 10 イオン対の数 | 11 空洞原理     | 12 等価原理 |
| 13 高い     | 14 低い     | 15 二次電子放出特性 |         |

<イ～ニの解答群>

- |                         |                          |                          |                      |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| 1 J                     | 2 eV                     | 3 Gy                     | 4 $J \cdot C^{-1}$   |
| 5 $C \cdot kg^{-1}$     | 6 $1.6 \times 10^{-19}$  | 7 $4.80 \times 10^{-10}$ | 8 $1 \times 10^{-7}$ |
| 9 $2.58 \times 10^{-4}$ | 10 $0.63 \times 10^{19}$ |                          |                      |

<G～Pの解答群>

- |         |               |               |                 |
|---------|---------------|---------------|-----------------|
| 1 壁物質   | 2 空洞気体        | 3 周辺の物質       | 4 X、 $\gamma$ 線 |
| 5 二次電子  | 6 質量エネルギー吸収係数 | 7 質量エネルギー減弱係数 |                 |
| 8 線吸収係数 | 9 飛程          | 10 平均質量阻止能    | 11 線阻止能         |
| 12 LET  | 13 照射線量       | 14 電荷平衡       | 15 電子平衡         |

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選べ。

I 密封されていない<sup>32</sup>P、<sup>51</sup>Cr及び<sup>241</sup>Amを使用する実験施設がある。これらの放射性同位元素を取り扱う上で、汚染検査に適切な方法を知っておく必要がある。

直接法により汚染の検査を行うことにした。<sup>32</sup>Pを検出するには( A )サーベイメータが適している。<sup>51</sup>Crは( イ )壊変核種であり、( ロ ) keVの $\gamma$ 線を放出する。<sup>51</sup>Crを検出するには( A )サーベイメータでも検出できるが、( B )サーベイメータの方が適している。<sup>241</sup>Amは( ハ )壊変核種であり、( ニ ) keVの $\gamma$ 線も放出するが、<sup>241</sup>Amを選択的に検出するには( C )サーベイメータが適している。

間接法による表面汚染密度の測定では、一定面積を拭き取った試料を測定する。一方、汚染箇所の放射能分布を測定するためにイメージングプレート(IP)が用いられる。IPはプラスチックフィルムに( D )を塗布したもので、汚染箇所にIPを重ねて曝露させる。そのIPを読取機にセットし、He-Neレーザーで照射すると、汚染箇所に対応するIPの位置から、汚染核種の放射能に比例した( E )が検出され、汚染の分布を知ることができる。

< IのA～Eの解答群 >

- |                          |   |                                     |
|--------------------------|---|-------------------------------------|
| 1 端窓型 GM 管式              | 2 NaI(Tl)シンチレーション                               | 3 ZnS(Ag)シンチレーション                   |
| 4 BaFBr:Eu <sup>2+</sup> | 5 Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> | 6 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :C |
| 7 輝尽性発光                  | 8 チェレンコフ光                                       | 9 熱蛍光                               |

< Iのイ～ニの解答群 >

- |            |             |             |        |        |
|------------|-------------|-------------|--------|--------|
| 1 $\alpha$ | 2 $\beta^-$ | 3 $\beta^+$ | 4 EC   | 5 27.7 |
| 6 59.5     | 7 320       | 8 432       | 9 1710 |        |

II トレーサー実験に<sup>51</sup>Crを使用するため、K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>の熱中性子照射を計画した。0.01モルのK<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>を熱中性子フルエンス率 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で1時間照射すると( F ) MBqの<sup>51</sup>Crが生成すると見積もられる。ただし、標的核<sup>50</sup>Crの同位体存在度は4.3%、中性子捕獲断面積は16バーン、<sup>51</sup>Crの半減期は28日とする。ここで、照射時間 $t$ が半減期 $T$ に比べ非常に短い場合には、飽和係数は $\frac{\ln 2}{T} \times t$ で近似でき、( G )となる。また、この照射によって、試料からは同時に( H )

が生成するが、この核種の半減期は12時間であるため、10日後には生成時の( I )になる。

< IIのF～Iの解答群 >

- |                    |                    |                    |             |              |
|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------|
| 1 20               | 2 40               | 3 80               | 4 120       | 5 $10^{-2}$  |
| 6 $10^{-3}$        | 7 $10^{-4}$        | 8 $10^{-5}$        | 9 $10^{-6}$ | 10 $10^{-7}$ |
| 11 <sup>41</sup> K | 12 <sup>42</sup> K | 13 <sup>43</sup> K |             |              |

Ⅲ 原子炉で熱中性子照射した  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  が 1 辺 20 cm の立方体の運搬容器に入れて送られてきた。放射性核種は  $^{51}\text{Cr}$  のみであり、受取時の放射能は 400 MBq であった。 $\text{K}_2\text{CrO}_4$  はガラス容器に封入され、厚さ 1 cm の鉛で囲まれ、運搬容器の中心に置かれていた。運搬容器の表面線量は最大で ( J )  $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  と見積もられた。ただし、 $^{51}\text{Cr}$  の 1 cm 線量当量率定数は  $0.00547 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 、鉛の半価層は 0.165 cm とし、ガラスや運搬容器による吸収は考慮しない。

$\text{K}_2\text{CrO}_4$  の入ったガラス容器を取り出して、フード内に置いたとき、50 cm 離れた場所では、被ばく線量が ( K )  $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  となることから、作業時間も考慮して取り扱うことにした。ただし、 $^{51}\text{Cr}$  の実効線量率定数は、 $0.00458 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  とする。

この  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  を水に溶解し、陰イオン交換樹脂のカラムに通したところ、流出液にも放射能が検出された。流出した放射能は、照射中にホットアトム反応で生成した ( L ) によるものであると考えられ、その比放射能はカラムに吸着した ( M ) に比べ ( N )。

<Ⅲの J～Nの解答群>

1	0.45	2	0.85	3	1.4	4	3.4	5	7.3
6	15	7	27	8	40	9	55	10	$\text{CrO}_4^{2-}$
11	$\text{Cr}^{3+}$	12	高い	13	低い				

問4 次のⅠ～Ⅲの文章の( )の部分に入る最も適切な語句又は記号を、それぞれの解答群から選べ。

Ⅰ 密封されていない放射性同位元素を用いた実験の際には、対象核種や化合物の物理的・化学的性質に応じた被ばく・汚染防止対策をあらかじめ立てておく必要がある。

液体を扱う実験操作では、放射性の気体発生や液体の飛散に注意する。例えば、( A )水溶液に希硫酸を加えると化学反応によって放射性の気体が発生する。また、( B )を蒸留水に溶解すると、水との同位体交換により放射性同位元素が揮散する可能性がある。有機溶剤は可燃性であったり、( C )であったりすることから、それぞれの性質に応じて温度、火気、換気等に十分注意する。有機溶剤と水溶液を混合する際に発熱することもあるため、( D )のような操作では、容器内の圧力に注意する。無機廃液は、酸性、アルカリ性をチェックし、( E )を行う。

汚染発生時に速やかにかつ効率的に除染できるような対処法を事前に検討しておくことも必要である。例えば、液体の放射性同位元素による床の汚染が発生した場合には、汚染の範囲と量を調べ、( F )ことによって汚染の拡大を防ぐ。更に、水や中性洗剤、必要に応じて( G )のようなキレート形成剤を用いて除染を行う。

密封されていない放射性同位元素を扱う実験は、二人以上で行うことを原則とし、実験操作に伴う危険性をあらかじめチェックし、操作に習熟して作業時間を短縮するために( H )を行うことが有用である。

<ⅠのA～Dの解答群>

- |                             |                                |                                |       |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|
| 1 $\text{Na}^3\text{HSO}_4$ | 2 $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ | 3 $\text{NaH}^{35}\text{SO}_4$ | 4 揮発性 |
| 5 潮解性                       | 6 吸熱性                          | 7 溶媒抽出                         |       |
| 8 カラムクロマトグラフィー              | 9 蒸留                           |                                |       |

<ⅠのE～Hの解答群>

- |        |                     |           |      |
|--------|---------------------|-----------|------|
| 1 拭き取る | 2 乾燥する              | 3 酸化      | 4 還元 |
| 5 中和   | 6 EDTA(エチレンジアミン四酢酸) | 7 チタンペースト |      |
| 8 アセトン | 9 コールドラン            | 10 ホットラン  |      |



II 管理区域の汚染検査にしばしば用いられる液体シンチレーション計数装置の特徴として、放射線源がシンチレータ溶液中に溶解していることから、検出の幾何効率が高く、( I ) の補正が不要であり、( J ) などの低エネルギーβ線放出核種や( K ) のようなα線放出核種の測定に適していることがあげられる。この特徴を生かすためには、シンチレータからの蛍光を吸収する( L ) を起こすような物質の溶液への混入を避ける必要がある。また、シンチレータ溶液への( M ) の混入は、( N ) を起こしてシンチレータの発光効率を低下させる。( L ) や( N ) の影響は( O ) のような外部線源を用いて補正することができる。液体シンチレーション計数装置では、蛍光の検出に一对の( P ) と同時計数回路を用いてノイズを低減し、低エネルギーβ線によるシンチレータの微弱な発光を測定することが可能である。

< II の I ~ N の解答群 >

- |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 自己吸収              | 2 コンプトン散乱           | 3 エネルギー分解能          |
| 4 $^3\text{H}$      | 5 $^{11}\text{C}$   | 6 $^{24}\text{Na}$  |
| 7 $^{210}\text{Po}$ | 8 $^{201}\text{Tl}$ | 9 $^{198}\text{Au}$ |
| 10 色クエンチング          | 11 化学クエンチング         | 12 乳化クエンチング         |
| 13 クロロホルム           | 14 トルエン             | 15 キシレン             |

< II の O と P の解答群 >

- |                |                    |                     |
|----------------|--------------------|---------------------|
| 1 $^3\text{H}$ | 2 $^{55}\text{Fe}$ | 3 $^{137}\text{Cs}$ |
| 4 光電子増倍管       | 5 Si 表面障壁型検出器      | 6 ガラスバイアル           |

III 10 MBq の  $^{59}\text{Fe}$  を使用してトレーサー実験を行い、45 日後に実験が終了した。この時点で貯留槽中の水量は  $5 \text{ m}^3$  であり、 $^{59}\text{Fe}$  濃度は  $2 \times 10^{-1} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$  であった。同施設では他に  $^{59}\text{Fe}$  は使用されていないので、実験に使用したトレーサーの( Q ) % もが貯留槽に流入したと推定されたため、実験者に実験手順の改善を指示した。また、同貯留槽にはこの時点で 0.9 MBq の  $^{32}\text{P}$  も流入していたため、貯留槽中の排液は、排水中濃度限度との比の和が( R ) であり、希釈槽に移送して希釈し、放射能濃度限度以下であることを確認した後に放流した。

ただし、同施設では  $^{59}\text{Fe}$  と  $^{32}\text{P}$  以外の放射性同位元素は使用されておらず、 $^{59}\text{Fe}$  の半減期は 45 日、 $^{32}\text{P}$  の半減期は 14 日とし、告示別表第六欄に定められた排水中の濃度限度は  $^{59}\text{Fe}$  が  $4 \times 10^{-1} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、 $^{32}\text{P}$  が  $3 \times 10^{-1} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$  である。

< III の Q と R の解答群 >

- |       |       |       |      |       |
|-------|-------|-------|------|-------|
| 1 10  | 2 20  | 3 40  | 4 80 | 5 1.1 |
| 6 1.5 | 7 1.8 | 8 2.0 |      |       |

問5 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 一般公衆が受ける自然放射線及び人工放射線による1人当たりの年間実効線量は、世界平均値に比べ日本の推定値は( A )。これは、日本において( B )による被ばく線量が( A )ためである。自然放射線による被ばく線量で比較した場合には、日本の年間被ばく線量は世界平均値に比べ( C )。これは、日本では( D )による被ばく線量が世界平均値に比べ( C )ためであり、その原因としては( E )の違いがあげられる。

< IのA～Eの解答群 >

- |                |         |                     |                   |
|----------------|---------|---------------------|-------------------|
| 1 大きい          | 2 小さい   | 3 医療用放射線            | 4 航空機搭乗           |
| 5 核実験          | 6 原子力発電 | 7 $^{222}\text{Rn}$ | 8 $^{40}\text{K}$ |
| 9 $^3\text{H}$ | 10 宇宙線  | 11 建築様式             | 12 食生活            |
| 13 気候          | 14 緯度   |                     |                   |

II 自然放射線は、宇宙線、宇宙線起源核種からの放射線及び原始放射性核種からの放射線の3種類に大別される。宇宙線には、地球外の宇宙空間から飛来する一次宇宙線と、それが( F )と相互作用を起こして生成される二次宇宙線がある。一次宇宙線は主に( G )からなる。二次宇宙線は( G )、( H )、電子、 $\gamma$ 線、パイオン( $\pi$ 中間子)及びミューオンなどからなる。宇宙線起源核種とは、宇宙線が他の元素と衝突して生成される放射性核種である。宇宙線起源核種には $^{14}\text{C}$ や( I )などが含まれ、体内に取り込まれることにより内部被ばくの原因となる。これらの宇宙線起源核種による被ばくは、原始放射性核種による被ばくに比べて( J )。宇宙線による被ばくは( K )の影響により、( L )緯度で大きい。また、高度とともに( M )する。

< IIのF～Iの解答群 >

- |                    |       |                     |                |
|--------------------|-------|---------------------|----------------|
| 1 大気               | 2 大地  | 3 海水                | 4 陽子           |
| 5 中性子              | 6 重粒子 | 7 $^{222}\text{Rn}$ | 8 $^3\text{H}$ |
| 9 $^{131}\text{I}$ |       |                     |                |

< IIのJ～Mの解答群 >

- |       |       |       |      |
|-------|-------|-------|------|
| 1 大きい | 2 小さい | 3 地磁気 | 4 自転 |
| 5 気温  | 6 湿度  | 7 高   | 8 中  |
| 9 低   | 10 増加 | 11 減少 |      |

Ⅲ 原始放射性核種とは地球の誕生時から存在してきた放射性核種で、それらの主なものは、 $^{40}\text{K}$ 、  
( N ) 系列核種及びウラン系列核種の 3 種類である。これらのうち  $^{40}\text{K}$  の半減期は ( O )  
であり、 $^{40}\text{K}$  は ( P ) を起こして  $^{40}\text{Ca}$  になり、あるいは ( Q ) を起こして  $^{40}\text{Ar}$  になる。  
原始放射性核種は、地殻、岩石・土壌、海水、建材、人体などほとんどすべての物質中に様々な濃  
度で含まれている。地殻や岩石等の違いにより含まれる放射能濃度はまちまちであり、このことも  
地域による自然放射線の線量率が異なる原因となっている。日本国内では、一般に西日本の方が東  
日本よりも自然放射線の線量率は ( R ) なる傾向がある。また、トンネル内での自然放射線の  
線量率は ( S )、湖の上では ( T ) なる。

<ⅢのN～Tの解答群>

- |                |               |          |               |
|----------------|---------------|----------|---------------|
| 1 トリウム         | 2 ラジウム        | 3 ラドン    | 4 $\alpha$ 壊変 |
| 5 $\beta^-$ 壊変 | 6 $\gamma$ 壊変 | 7 軌道電子捕獲 | 8 2.5 億年      |
| 9 12.5 億年      | 10 22.5 億年    | 11 高く    | 12 低く         |

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 放射線管理のために放射線を測定し、その結果を解釈・評価して放射線防護の目標が達成されているか否かを判断するための一連の行為を放射線モニタリングという。防護の対象は( A )と一般公衆の2つに大別されるので、モニタリングもそれぞれ区別して行われる。( A )のモニタリングには、( B )モニタリングと個人モニタリングがある。

( B )モニタリングの目的は、線源の管理状況を確認し、安全が守られていることを確認することにある。個人モニタリングの目的は、①( A )の被ばく線量を測定又は算定し、被ばくが( C )を超えていないことを証明すること、②被ばく線量を解析評価することにより、( B )が十分に管理されているかどうかを確認することにある。

実効線量に関する( A )の( C )は、1年間に( イ ) mSv、かつ( ロ )年間に( ハ ) mSvである。また、ICRP 勧告では一般公衆の( C )は1年に( ニ ) mSvである。

<ⅠのA～Cの解答群>

- |         |                       |            |         |
|---------|-----------------------|------------|---------|
| 1 施設管理者 | 2 医師                  | 3 放射線業務従事者 | 4 最大線量率 |
| 5 線量限度  | 6 LD <sub>50/60</sub> | 7 しきい値     | 8 作業環境  |
| 9 大気    | 10 河川                 |            |         |

<Ⅰのイ～ニの解答群>

- |       |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|
| 1 0.1 | 2 0.2  | 3 0.5  | 4 1    |
| 5 2   | 6 5    | 7 10   | 8 20   |
| 9 50  | 10 100 | 11 200 | 12 500 |

Ⅱ 人体の被ばくは、内部被ばくと外部被ばくに分けられる。<sup>14</sup>Cのような( D )エネルギーの( E )線源やα放射性物質の場合には、外部被ばくよりも内部被ばくを重視する必要がある。( F )線の場合には外部被ばくが主であるが、生体構成元素の放射化による内部被ばくも起こる。この放射化は被ばく線量推定に利用できる。例えば、血液中のナトリウムの放射化でできる( G )や毛髪に含まれるイオウの放射化でできる( H )から放出される放射線の測定が考えられる。

<ⅡのD～Hの解答群>

- |                    |                     |                    |                    |
|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 1 低                | 2 高                 | 3 α                | 4 β                |
| 5 γ                | 6 X                 | 7 中性子              | 8 <sup>22</sup> Na |
| 9 <sup>23</sup> Na | 10 <sup>24</sup> Na | 11 <sup>30</sup> P | 12 <sup>32</sup> P |
| 13 <sup>32</sup> S | 14 <sup>35</sup> S  |                    |                    |

Ⅲ 内部被ばく線量を推定するために、体内に摂取された放射性物質の放射能を評価する方法には、  
①体外計測法、②バイオアッセイ法、③空気中濃度計算法等がある。

①の体外計測法ではホールボディカウンタがよく利用される。この方法は体内に残留している放射能を体外より評価するので、X線や $\gamma$ 線を放出する放射性物質に適用されるが、体内に自然に存在する（ I ）からの放射線の影響を考慮する必要がある。

②のバイオアッセイ法では、放射性物質を摂取した人の尿、便、呼気、血液及び毛髪などを処理して試料を作成し、その放射能を計測し、この値と該当核種の排泄率から体内に摂取された放射性物質の量を推定する。この方法は、X線や $\gamma$ 線だけでなく飛程の短い $^{35}\text{S}$ のような（ J ）線や $^{239}\text{Pu}$ のような（ K ）線を放出する核種にも適用できる。

③の空気中濃度計算法は、飛散率を利用した放射性物質の空気中濃度算出、あるいは空気サンプリング装置等を用いて対象となる場所の空気中の放射性物質を捕集してその放射能を適当な測定装置で測定することによる。後者は特に、クリプトン、（ L ）、ラドンなどの放射性希ガスや、（ M ）、ラドン娘核種などの空気中に拡散する放射性物質の測定に有効である。希ガスや（ M ）の捕集には（ N ）が、粒子状放射性物質の捕集には（ O ）が一般的に用いられる。測定対象者が立ち入った時間の（ P ）量を用いて体内に摂取された放射性物質の放射能を算定する。

<Ⅲの I～Pの解答群>

- |            |           |          |       |
|------------|-----------|----------|-------|
| 1 $\alpha$ | 2 $\beta$ | 3 中性子    | 4 酸素  |
| 5 カリウム     | 6 カルシウム   | 7 コバルト   | 8 ヨウ素 |
| 9 キセノン     | 10 活性炭    | 11 シリカゲル | 12 ろ紙 |
| 13 運動      | 14 発熱     | 15 呼吸    |       |