

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（13 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しまってください。
- 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 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。

井戸型 NaI(Tl)シンチレーション検出器は、線源を井戸の中に入れると、線源が検出器に対して張る立体角を□A□に近い条件で測定することができるため、□B□がおおよそ1となり、 γ 線放出核種に対する検出感度が高く、放射能測定や放射線管理測定に有用である。しかしながら、1壊変当たり、幾つかの光子を同時に放出する核種の測定に際しては、□C□効果の影響が顕著となり、その出力パルスの□D□は複雑となることがあるので、得られたデータの解釈に留意が必要である。

その一例として、 ^{22}Na の測定の場合について見てみよう。 ^{22}Na は図1に示すように、90%の割合で、陽電子壊変をし、残りの10%は□E□壊変をするが、いずれの壊変をした場合も、1.27 MeVの γ 線を放出する。

この ^{22}Na を小型のプラスチック製の容器に密封した線源を、井戸型 NaI(Tl)検出器の井戸の中に入れて□D□を測定した結果の例を図2の曲線Iに示す。ここでは、5本のピークが明確に認められる。

ピーク①は ^{22}Na から放出された陽電子が消滅するときに放出されるエネルギー0.51 MeVの消滅放射線のうちの□F□が NaI(Tl)結晶中で、□G□効果により全吸収を起こした時に生成されるものである。ピーク②は消滅放射線の□H□が NaI(Tl)結晶中で全吸収を起こし、その□I□効果により生じたもので、そのチャンネル位置は1.02 MeVに相当する。ピーク③は1.27 MeV γ 線の全吸収ピークであり、この際、同時に放出される消滅放射線が NaI(Tl)結晶と□G□効果や□J□効果などの相互作用を□K□必要がある。ピーク④は消滅放射線の□L□と、1.27 MeV γ 線とが NaI(Tl)結晶中で全吸収された結果生じたもので、チャンネル位置は1.78 MeVに相当する。また、強度はかなり低くなるが、2.29 MeVに相当するチャンネルにもピーク⑤が認められる。これは、消滅放射線の□M□と1.27 MeV γ 線のすべてが NaI(Tl)結晶中でそれぞれ全吸収を起こした場合に形成される□N□の□O□ピークである。

この ^{22}Na 線源を井戸の外に出して測定すると状況は一変し、□D□は、図2の曲線IIに示すようになり、ピーク②とピーク⑤は、ほとんど観測されない。これは、陽電子の□P□位置を起点にして、2個の消滅放射線が互いに正反対の方向に放出されるため、密封線源を井戸の外に出した場合に、2個の消滅放射線が同時に NaI(Tl)結晶に直接入射する可能性がほとんど無くなるからである。井戸型でない通常の NaI(Tl)検出器の使用に際しても、同じ理由により、ピーク②とピーク⑤は観測されない。

以上述べた 5 本のピークのほかに、チャンネル番号 200 付近に、なだらかなピーク状の分布が曲線 I にも曲線 II にも認められる。これは、光子の Q によるものである。散乱角 180° の散乱光子のエネルギーは、 0.51 MeV 消滅放射線に対して、 $R \text{ MeV}$ であり、 1.27 MeV γ 線に対して、 $S \text{ MeV}$ である。さらに入射光子エネルギーが増加すると、この値は $T \text{ MeV}$ に近づく。この様に、散乱角 180° の散乱光子のエネルギーは入射光子のエネルギーにそれほど依存しない。そのため、この様なピーク状のスペクトルが観測される。井戸型 NaI(Tl) 検出器の場合には、種々の散乱角の散乱光子も結晶中に入射するので、このようなピークはなだらかな分布となるのに対して、線源を井戸の外に出した場合には、検出器位置で散乱角が 180° の散乱線成分の割合が多くなるので、ピークの形がシャープになる。

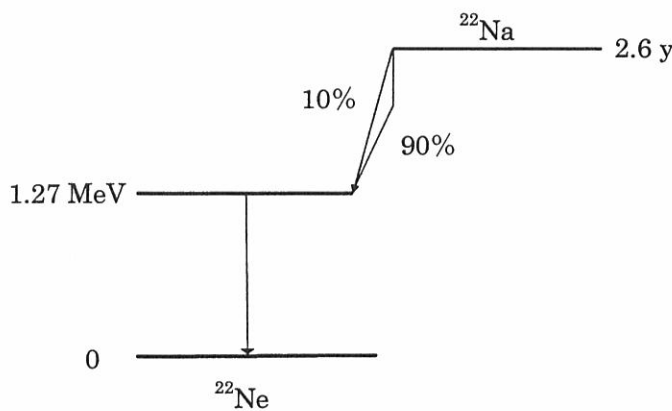


図 1

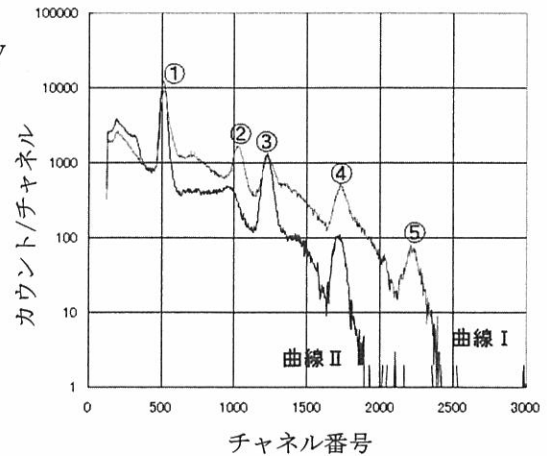


図 2

< A ~ E の解答群 >

- | | | | |
|----------|------------|---------------|-------------|
| 1 0.5 | 2 1 | 3 2π | 4 4π |
| 5 立体角 | 6 計数効率 | 7 幾何学的効率 | 8 β 線 |
| 9 陽電子 | 10 電子捕獲 | 11 γ 線 | 12 サム |
| 13 エスケープ | 14 エネルギー分布 | 15 波高分布 | |

< F ~ Q の解答群 >

- | | | | |
|------------|----------|----------|---------|
| 1 生成 | 2 消滅 | 3 光電 | 4 電子対生成 |
| 5 コンプトン | 6 サム | 7 エスケープ | 8 後方散乱 |
| 9 コヒーレント散乱 | 10 3重 | 11 片方 | 12 双方 |
| 13 起こす | 14 起こさない | 15 カスケード | |

< R ~ T の解答群 >

- | | | | |
|--------|---------|---------|--------|
| 1 0.15 | 2 0.16 | 3 0.17 | 4 0.18 |
| 5 0.19 | 6 0.20 | 7 0.21 | 8 0.23 |
| 9 0.25 | 10 0.30 | 11 0.51 | |

問2 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 α線の空気中の飛程は5 MeVのエネルギーでも□A□ cm程度であるため、α線放出核種については主として内部被ばくの管理が重要となる。内部被ばくを防ぐための管理測定では、空気中における□B□と、物品などの□C□の2つの量が主な対象となる。□B□の測定において、粒子状汚染は□D□フィルタに吸引捕集し、α線や光子などを測定して評価することが一般的である。また、気体状のものは、サンプリング容器に捕集し測定するが、検出器自身がサンプリング容器の機能を持つ□E□を用いて測定する場合もある。

一方、□C□については、管理対象物の表面をα線測定用サーベイメータで測定する直接測定法と、ろ紙などを用いてふき取ることにより□F□汚染の放射能を測定する間接測定法がある。

<A～Cの解答群>

- | | | | |
|---------|---------|---------|----------|
| 1 吸収線量 | 2 表面放出率 | 3 放射能濃度 | 4 表面汚染密度 |
| 5 空間線量率 | 6 0.5 | 7 1.5 | 8 2.0 |
| 9 3.5 | 10 7.5 | | |

<D～Fの解答群>

- | | | | |
|----------|-----------------|------------|-------|
| 1 通気型電離箱 | 2 液体シンチレーション検出器 | 3 端窓型GM計数管 | |
| 4 マリネリ容器 | 5 遊離性 | 6 浸透性 | 7 固着性 |
| 8 シリカゲル | 9 活性炭 | 10 ろ紙 | |

Ⅱ α線測定用サーベイメータには、□G□、シンチレーション検出器、半導体検出器などの検出器が用いられる。気体計数管である□G□はβ線測定と兼用でき入射窓面積が大きいものも多く、計数ガスとしては□H□が用いられる。α線測定用シンチレーション検出器は、一般的に、粉末状の□I□シンチレータを光透過性のある膜上に塗布して、光電子増倍管と組み合わせて構成される。半導体検出器は、シリコン半導体を用いた電子デバイスの1つである□J□と同様の接合構造を持ち、これに□K□の電圧を印加することにより生じる□L□を有感領域として利用する。

これらのα線用の検出器は、光子やβ線にも感度を持つことがあるが□M□によりα線の計数への影響を抑えることが可能である。

<G～Iの解答群>

- | | | | |
|----------|------------|---------|-----------|
| 1 電離箱 | 2 端窓型GM計数管 | 3 比例計数管 | 4 NaI(Tl) |
| 5 プラスチック | 6 ZnS(Ag) | 7 乾燥空気 | 8 ハロゲンガス |
| 9 PRガス | 10 窒素ガス | | |

<J～Mの解答群>

- | | | | |
|---------|-------------|---------|----------|
| 1 逆方向 | 2 順方向 | 3 双方向 | 4 トランジスタ |
| 5 コンデンサ | 6 ダイオード | 7 絶縁層 | 8 不感層 |
| 9 空乏層 | 10 エネルギーピーク | 11 同時計数 | 12 波高弁別 |

Ⅲ サーベイメータを用いた直接測定法において、 α 線の正味の計数率 N_α [s^{-1}] と表面汚染 R [$Bq \cdot cm^{-2}$] との関係は、次式で与えられる。

$$R = \frac{N_\alpha}{W \cdot \varepsilon_a \cdot \varepsilon_b}$$

ここで、 ε_a は 効率と呼ばれ、線源との距離、検出器の入射窓厚などに依存して変化する。
 ε_b は 効率と呼ばれ、汚染部の状態に依存し、 α 線の などにより小さくなる。
 また、 W [cm^2] は検出器の窓の面積を表す。

α 線測定用サーベイメータ ($W : 60 \text{ cm}^2$) を校正するため、 α 線表面放出率 300 s^{-1} の面状標準線源 (面積: $15 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$) を密着に近い状態で測定したところ、正味の計数率 30 s^{-1} が得られた。このサーベイメータで汚染部分を測定し、 N_α として 15 s^{-1} の値が得られた場合には、 ε_b を 0.25 とすると、上記の式より表面汚染 R は $Bq \cdot cm^{-2}$ となる。

一方、間接測定法の場合では、表面汚染 R' [$Bq \cdot cm^{-2}$] は次式で与えられる。

$$R' = \frac{N_\alpha}{F \cdot S \cdot \varepsilon_a \cdot \varepsilon_b}$$

ここで、 S は の面積である。 F はふき取り効率と呼ばれ、一般に汚染面の状態が平滑で浸透性が低いほど なる。

<N~Qの解答群>

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 1 真性 | 2 線源 | 3 機器 | 4 実効 |
| 5 幾何学的 | 6 自己吸収 | 7 後方散乱 | 8 飛散 |
| 9 0.8 | 10 1.2 | 11 2.0 | 12 4.0 |
| 13 8.0 | | | |

<R、Sの解答群>

- | | | | |
|---------|-----------|--------|-------|
| 1 小さく | 2 大きく | 3 汚染部分 | 4 ろ紙面 |
| 5 検出器の窓 | 6 ふき取った部分 | | |

問3 非密封の ^3H 、 ^{32}P 、 ^{125}I 、 ^{237}Np を使用する実験施設がある。各使用核種の安全取扱いに関する次の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。アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

I ^3H は最大エネルギー□Aのβ線を放出する。スミア法による汚染検査では、検査ろ紙を□Bで測定することがしばしば行われる。高感度であり、エネルギースペクトルの測定による核種同定も可能なためである。液体の ^3H 標識化合物は、その□Cに依存して一部が気体となるため、吸入による内部被ばくにも注意する必要がある。また、化学反応によって ^3H を含む放射性気体が発生する場合もある。 ^3H で標識されたエタノール($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)は、それ自体も揮発性であるが、金属ナトリウムと反応すると□Dが発生する。もとのエタノール中で ^3H が□Eの部分に存在している場合、発生気体は放射性となる。

<A～Cの解答群>

- | | | | |
|------------------|------------|-----------|-----------|
| 1 1.0 keV | 2 18.6 keV | 3 156 keV | 4 1.7 MeV |
| 5 液体シンチレーション計数装置 | 6 GM管式検出器 | 7 Ge検出器 | |
| 8 トリチウムモニタ | 9 蒸気圧 | 10 二重結合の数 | 11 比放射能 |
| 12 放射化学的純度 | | | |

<Dの解答群>

- | | | | |
|---------|--------|------------|-----|
| 1 メタノール | 2 水素ガス | 3 水酸化ナトリウム | 4 水 |
|---------|--------|------------|-----|

<Eの解答群>

- | | | |
|-----------------|-----------------|------|
| 1 CH_3 | 2 CH_2 | 3 OH |
|-----------------|-----------------|------|

II ^{32}P は最大エネルギー□Fのβ線を放出する。取扱いの際に□G製のつuitateを用いることで、β線を遮へいし、制動放射線の発生を抑えることができる。しかし、手指などの局所被ばくが全身被ばくに対して著しく高くなることがあるので、□Hによる局所被ばく線量のモニタリングは重要とされる。スミア法による汚染検査におけるろ紙の放射能測定では、□Iの検出も利用できる。しかし、この検出法は ^3H では利用できない。 ^{32}P で標識されたリン酸は□Jなどの金属イオンと反応して沈殿を生成する。このようなリンの化学的性質は実験操作時の ^{32}P の挙動の予測に有用である。

<F～Hの解答群>

- | | | | |
|--------------|---------------|--------------|------------|
| 1 18.6 keV | 2 156 keV | 3 257 keV | 4 1.71 MeV |
| 5 3 mm厚の亚克力板 | 6 10 mm厚の亚克力板 | 7 0.5 mm厚の鉛板 | |
| 8 1 mm厚の鉛板 | 9 リングバッジ | 10 ガスモニタ | 11 化学線量計 |

<I、Jの解答群>

- | | | | |
|-----------|-----------|---------|------|
| 1 熱蛍光(TL) | 2 チェレンコフ光 | 3 蛍光X線 | 4 δ線 |
| 5 ナトリウム | 6 カリウム | 7 カルシウム | |

Ⅲ ^{125}I は に利用される。この測定には井戸型シンチレーション検出器が利用される。 ^{125}I を含む水溶液は で飛散率が著しく増大するので、取扱いには注意を要する。 ^{131}I も に利用できるが、 ^{125}I に比べて ため、使用例は少ない。ヨウ素の放射性同位体で標識された有機化合物の中には揮発性のものが多く知られているので、吸入に対する防護も必要となる。放射性ヨウ化メチルの取扱いの際には、グローブボックス等を使用し、さらに、 を吸着材として含むマスクの着用が有効である。

<K～Mの解答群>

- | | | |
|------------------------|--------------|-----------------------|
| 1 放射化分析 | 2 ラジオイムノアッセイ | 3 メスバウアー分光法 |
| 4 アクチバブルトレーサ | 5 酸性 | 6 高濃度 |
| 7 低温 | 8 アルカリ性 | 9 γ 線のエネルギーが低い |
| 10 γ 線のエネルギーが高い | 11 半減期が短い | 12 半減期が長い |

<Nの解答群>

- | | | |
|-----------|----------|--------------|
| 1 イオン交換体 | 2 無添着活性炭 | 3 有機アミン添着活性炭 |
| 4 塩化カルシウム | | |

Ⅳ ^{237}Np の半減期は 2.1×10^6 年 (6.6×10^{13} 秒) なので、 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ の水溶液の放射能濃度は である。 α 線を放出するので試料水溶液に を加えて液体シンチレーション測定で放射能濃度を求めることもできる。また、このような長半減期核種については を測定して濃度を求めることも可能である。 Np や Am などのアクチノイドは加水分解しやすいので、これを防ぐために、水溶液系ではできる限り などの実験操作上の工夫も求められる。また、これらの α 放射体の高濃度溶液では、 α 粒子は溶液中で停止するので、 を十分に考慮しての実験設計が求められる。

<O～Qの解答群>

- | | | | |
|---|--|---|--|
| 1 $10 \text{ MBq} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下 | 2 $60 \text{ MBq} \cdot \text{L}^{-1}$ | 3 $100 \text{ MBq} \cdot \text{L}^{-1}$ | 4 $500 \text{ MBq} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上 |
| 5 トルエン | 6 キシレン | 7 乳化シンチレータ | |
| 8 プラスチックシンチレータ | | 9 α 線の飛程 | |
| 10 α 線のエネルギー | | 11 紫外・可視光の吸収 | |

<R、Sの解答群>

- | | | |
|-------------|--------------|------------|
| 1 pHを低く保つ | 2 pHを中性域に保つ | 3 pHを高く保つ |
| 4 pHを一定にしない | 5 放射性気体の発生 | 6 ホットアトム効果 |
| 7 自己放射線分解 | 8 ラジオコロイドの生成 | |

問4 非密封の ^{137}Cs を使用するために、 ^{137}Cs の核種としての性質、化学的性質、取り扱う上で必要と思われる事項について、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。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 ^{137}Cs は□アの熱中性子照射により高い収率で生成する核分裂生成核種のひとつである。 ^{137}Cs は半減期30年で□Aし、その94%は $^{137\text{m}}\text{Ba}$ となる。この娘核種の $^{137\text{m}}\text{Ba}$ は、半減期2.55分で0.662 MeVの γ 線を放出して ^{137}Ba となる。これを□Bという。 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ の壊変には、0.662 MeVの γ 線を放出するかわりに□Cを放出する割合もあり、 β 線スペクトロメータの校正用線源としても利用される。□Cのエネルギーは0.662 MeVに比べ□D。

^{137}Cs 水溶液を30分以上放置すると、 ^{137}Cs と $^{137\text{m}}\text{Ba}$ は□Eに達する。 ^{137}Cs は□F、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ は□Gに属する。陽イオン交換樹脂へ吸着する強さは、Csに比べBaの方が□H。このため、 ^{137}Cs を吸着させた陽イオン交換樹脂カラムにpH 3.5の酸性溶液を通すと、□Iが先に溶出する。 ^{137}Cs を含む水溶液に、 CaCl_2 水溶液を加え、さらに Na_2SO_4 水溶液を加えると、 CaSO_4 の沈殿が生成する。このとき、□ウが共沈し、□エは溶液に残る。

^{137}Cs は過去の大気圏核実験などにより環境中にも存在しており、環境放射線モニタリングの重要な核種として、水、土壌、作物中の濃度が測定されている。海藻や松葉試料は灰化後、□Iで測定する。

<ア～エの解答群>

- | | | | |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 1 ^{235}U | 2 ^{238}U | 3 ^{232}Th | 4 ^{137}Cs |
| 5 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ | | | |

<A～Dの解答群>

- | | | | |
|----------------|----------------|-------------|----------|
| 1 β^+ 壊変 | 2 β^- 壊変 | 3 EC壊変 | 4 核異性体転移 |
| 5 自由電子 | 6 内部転換電子 | 7 β 線 | 8 高くなる |
| 9 変わらない | 10 低くなる | | |

<E～Iの解答群>

- | | | | |
|-----------------|----------|------------------|---------|
| 1 アルカリ土類金属 | 2 アルカリ金属 | 3 遷移金属 | 4 永続平衡 |
| 5 化学平衡 | 6 弱い | 7 強い | 8 Ge検出器 |
| 9 液体シンチレーション検出器 | | 10 表面障壁型Si半導体検出器 | |

II 非密封の ^{137}Cs の入ったバイアルは、鉛製容器に入れ貯蔵室に保管する。使用する際には作業室のフードの中で取り扱うようにし、バイアルはピンセットやトングなどを使い、直接手で扱わないようにする。このバイアル表面の汚染検査にはスミア法が適している。

^{137}Cs の実効線量率定数は $0.078 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}$ であるので、バイアルに入った 100 MBq の ^{137}Cs 線源から 50 cm の距離で 1 時間作業すると、 μSv の外部被ばくとなる。このバイアルの表面線量を測定するには を使用するのが適している。 50 cm の距離で 3 時間作業とした場合に、外部被ばくが $10 \mu\text{Sv}$ を超えないようにするには、線源の周りを少なくとも cm 厚の鉛遮へい体によって囲む。ただし、鉛の $1/10$ 価層は 2.0 cm とし、バイアルでの減衰やビルドアップ効果は考慮しない。

また、 ^{137}Cs は体内に取り込まれた場合、 して内部被ばくの原因となることが知られている。使用の際には、ゴム手袋を着用するが、万一、手を汚染させた場合には、皮膚を傷つけることのないよう、まずは でよく洗う。

100 MBq の ^{137}Cs の使用後、その 1% が貯留槽に流入し、その貯留量が 4 m^3 であった場合、告示（放射線を放出する同位元素の数量等を定める件）別表第 2 の第 6 欄に定められた排水中の濃度限度 0.09 Bq/cm^3 の 倍となる。 ^{137}Cs は短期間には減衰せず、排水するには希釈することが必要になるので、廃液の回収に努め、器具の洗浄の際に排水に混入しないよう注意する。

<オ～キの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|----|-----|----|-----|---|-----|---|-----|----|-----|
| 1 | 1.0 | 2 | 1.2 | 3 | 2.0 | 4 | 2.8 | 5 | 3.6 |
| 6 | 4.0 | 7 | 7.8 | 8 | 10 | 9 | 31 | 10 | 39 |
| 11 | 78 | 12 | 120 | | | | | | |

<J～Lの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|--------|---|--------------------|---|--------|---|------|
| 1 | 電離箱 | 2 | Ge 検出器 | 3 | NaI(Tl)シンチレーション検出器 | 4 | 骨に集積 | | |
| 5 | 甲状腺に集積 | 6 | 全身に分布 | 7 | 水 | 8 | キレート化剤 | 9 | 有機溶剤 |

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記号を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

Ⅰ 放射性核種による人の汚染は、身体内部に取り込まれた汚染と体表面汚染に分類される。身体内部に取り込まれた放射性核種を測定・評価する方法として、①体外計測法、②排泄物等に含まれている放射性核種から評価するバイオアッセイ法、③空気中や水中の放射性物質の□Aと□B量から計算評価する方法がある。どの方法を用いるかは、対象となる放射性核種によって異なる。一般に、□C放出核種の測定には体外計測法が用いられ、□D放出核種ではバイオアッセイ法が用いられる。

< A～Dの解答群 >

- | | | | |
|--------------|---------|------|--------------|
| 1 質量数 | 2 原子番号 | 3 濃度 | 4 半減期 |
| 5 代謝 | 6 呼吸・摂取 | 7 排泄 | 8 α 線 |
| 9 γ 線 | | | |

II 体外計測法としては、ホールボディカウンタや [E] などがある。ホールボディカウンタには極微量の放射能を精度よく測ることを目的とした精密型ホールボディカウンタと、体内汚染の簡便な検出を主な目的とした簡易型ホールボディカウンタとがある。精密型ホールボディカウンタは一般に遮へい室と検出器からなり、検出器として近年は [F] が利用されるようになっている。

[F] は優れた [ア] により [イ] が容易であるという利点がある反面、[ウ] が必要である。簡易型ホールボディカウンタは簡易な遮へいを施した椅子あるいは寝台と、検出器として一般に鉛遮へい体付 [G] を使用した装置で、原子力発電所などの事業所で体内汚染の検査に広く使われている。

[E] は主に体内に残留した ^{239}Pu から放出される [H] や [I] から放出される [J] を体外から測定するための装置である。なお、[E] で主に測定に用いられる放射線のエネルギーの比較としては、 ^{239}Pu から放出される [H] のエネルギーは [I] から放出される [J] のエネルギーに比べて [エ]。

<E～Jの解答群>

- | | | |
|-------------------|----------------------|---------------------|
| 1 エリアモニタ | 2 肺モニタ | 3 電子式線量計 |
| 4 電離箱検出器 | 5 NaI(Tl)シンチレーション検出器 | 6 Ge 検出器 |
| 7 ^{14}C | 8 ^{90}Sr | 9 ^{241}Am |
| 10 α 線 | 11 β 線 | 12 γ 線 |
| 13 X線 | | |

<ア～エの解答群>

- | | | |
|------------|------------|-----------|
| 1 冷却 | 2 加熱 | 3 検出効率 |
| 4 エネルギー分解能 | 5 設置 | 6 測定時間の短縮 |
| 7 移動 | 8 放射性核種の同定 | 9 高い |
| 10 低い | | |

Ⅲ 体外計測法やバイオアッセイにより、体内に残留している放射エネルギーや排泄物等の放射エネルギーを測定すれば内部汚染に伴う被ばく線量を評価することができる。評価にあたっては、測定された放射エネルギー(測定値)から放射性核種を摂取した時点の体内量(摂取量)を推定する必要がある。体外計測法の場合は、測定値を K で除して、測定時における体内放射エネルギーを推定する。摂取量は L により推定する。バイオアッセイ法では、主に尿や便などに含まれる放射エネルギーから1日当たりの排泄量を評価し、摂取量は M により推定する。通常、内部被ばくによる N は、摂取量に線量係数を乗じて評価される。

< Kの解答群 >

- | | | |
|--------------|---------------|---------|
| 1 物理的半減期 | 2 生物学的半減期 | 3 実効半減期 |
| 4 放射性核種の減衰係数 | 5 放射線検出器の計数効率 | |

< Lの解答群 >

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 摂取量=体内放射エネルギー×集積率 | 2 摂取量=体内放射エネルギー÷集積率 |
| 3 摂取量=体内放射エネルギー×残留率 | 4 摂取量=体内放射エネルギー÷残留率 |

< Mの解答群 >

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 摂取量=1日当たりの排泄量×排泄率 | 2 摂取量=1日当たりの排泄量÷排泄率 |
| 3 摂取量=1日当たりの排泄量×吸収率 | 4 摂取量=1日当たりの排泄量÷吸収率 |

< Nの解答群 >

- | | | | |
|--------|----------|--------|--------|
| 1 等価線量 | 2 預託実効線量 | 3 照射線量 | 4 吸収線量 |
|--------|----------|--------|--------|

問6 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。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 放射線による影響は、しきい線量がある□Aと、しきい線量がないと仮定されている□Bに区分される。被ばく線量の増加により、□Aはその□Cが増大し、□Bではその□Dが増大する。放射線防護の目的は、しきい線量を超えなければ発生しない□Aを防止するとともに、□Bを容認できるレベルまで制限することにある。

□Aには急性障害と晩発障害があり、急性障害の例として□Eが、晩発障害の例として□Fがある。骨髄のように常に分裂する前駆細胞(幹細胞)が存在し細胞交代率が高い臓器・組織では障害が□G現れ、肝臓のような細胞交代率が低い臓器・組織では障害が□H現れる。生殖腺における□Aとしては不妊がある。また、妊娠中の被ばくにより胎児に□Iが生じることがあるが、これも□Aである。

障害のしきい線量は臓器・組織により異なる値となり、γ線の急性被ばくでのしきい線量は末梢^{しょう}血中のリンパ球数減少では約□ア Gy、男性の一時的な不妊では約□イ Gyで、頭髪の脱毛では約□ウ Gyとされている。

放射線業務従事者の各組織の一定期間における等価線量限度は、4月1日を始期とする1年間につき□Jについては500 mSv、□Kについては150 mSvと定められている。

< A～Kの解答群 >

- | | | | |
|---------|----------|---------|-------|
| 1 遺伝的影響 | 2 確率的影響 | 3 確定的影響 | 4 遅く |
| 5 早く | 6 消化管 | 7 皮膚炎 | 8 白内障 |
| 9 重篤度 | 10 発生頻度 | 11 潜伏期間 | 12 がん |
| 13 奇形 | 14 眼の水晶体 | 15 皮膚 | |

< ア～ウの解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|--------|-----|
| 1 0.01 | 2 0.15 | 3 0.25 | 4 1 |
| 5 3 | | | |

II 内部被ばくによる身体的影響は、摂取核種の臓器親和性、物理化学的性状や摂取経路により特徴付けられる。プルトニウム-239 に関しては、可溶性プルトニウム塩により創傷部が汚染されるとプルトニウムが骨や肝臓に移行して、これらの臓器に長期間にわたり蓄積し、がである線を放出し続け骨肉腫等を誘発する。これに対し、酸化プルトニウムを吸入被ばくした場合は、容易に血液中に移行せず、長期間肺にとどまることにより肺がんを誘発する。

内部被ばくによる身体的影響の程度は被ばく線量に関係するが、体内に長期にわたり残留する核種ほど被ばく線量は一般に大きくなる。体内に摂取された放射性核種は、その壊変や体外排泄速度で決定されるに基づき減少するが、は、摂取核種のに加えて、生体内の代謝や排泄に基づきを基に計算される。

<Lの解答群>

- | | | |
|--------------|---------------|--------|
| 1 組織加重(荷重)係数 | 2 放射線加重(荷重)係数 | 3 線質係数 |
|--------------|---------------|--------|

<Mの解答群>

- | | | |
|-----|------|------|
| 1 5 | 2 10 | 3 20 |
|-----|------|------|

<Nの解答群>

- | | | |
|------------|-----------|------------|
| 1 α | 2 β | 3 γ |
|------------|-----------|------------|

<O~Qの解答群>

- | | | |
|----------|-----------|---------|
| 1 物理的半減期 | 2 生物学的半減期 | 3 有効半減期 |
|----------|-----------|---------|