

第 56 回 第 2 種放射線取扱主任者試験問題と解答例

(試験年月日 平成 26 年 8 月 22 日)

法 令

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（以下「放射線障害防止法」という。）及び関係法令について解答せよ。

次の各問について、1 から 5 までの 5 つの選択肢のうち、適切な答えを 1 つだけ 選び、注意事項に従って解答用紙に記入せよ。

問 1 定義に関する次の文章の ～ に該当する語句について、放射線障害防止法上定められているものの組合せは、下記の選択肢のうちどれか。

「第 2 条 この法律において「放射線」とは、 第 3 条第 5 号に規定する放射線をいう。

2 この法律において「放射性同位元素」とは、りん 32，コバルト 60 等放射線を放出する同位元素及びその化合物並びにこれらの （機器に装備されているこれらのものを含む。）で政令で定めるものをいう。

3 この法律において「」とは、硫黄計その他の放射性同位元素を装備している機器をいう。」

	<input type="text" value="A"/>	<input type="text" value="B"/>	<input type="text" value="C"/>
1	原子力基本法	含有物	表示付認証機器
2	原子力基本法	含有物	放射性同位元素装備機器
3	原子力基本法	認証機器	放射性同位元素装備機器
4	原子炉等規制法	認証機器	表示付認証機器
5	原子炉等規制法	含有物	表示付認証機器

〔解答〕

2

注) 法第 2 条（定義）第 1 項，法第 2 条第 2 項，法第 2 条第 3 項

問 2 使用の許可に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。なお、セシウム 137 の下限数量は 10 キロベクレルであり、かつ、その濃度は、原子力規制委員会の定める濃度を超えるものとする。また、密封されたセシウム 137 が製造されたのは、平成 26 年 4 月 1 日とする。

A 1 個当たりの数量が、11.1 メガベクレルの密封されたセシウム 137 を装備した表示付認証機器のみ

解答例は(公社)日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会が解答の一案として作成したものです。

主任者 コーナー

を認証条件に従って使用しようとする者は、原子力規制委員会の許可を受けなければならない。

- B 1個当たりの数量が、11.1メガベクレルの密封されたセシウム137を装備した照射装置のみを使用しようとする者は、原子力規制委員会の許可を受けなければならない。
- C 1個当たりの数量が、3.7メガベクレルの密封されたセシウム137を3個で1組として装備し、通常その1組をもって照射する機構を有するレベル計のみ1台を使用しようとする者は、原子力規制委員会の許可を受けなければならない。
- D 1個当たりの数量が、3.7メガベクレルの密封されたセシウム137を装備した校正用線源のみ3個を使用しようとする者は、原子力規制委員会の許可を受けなければならない。
- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

〔解答〕

3

注) 法第3条(使用の許可)第1項、法第3条の2(使用の届出)第1項、法第3条の3(表示付認証機器の使用をする者の届出)、令第3条(使用の許可の申請)第1項、平成12年10月23日科学技術庁告示第5号(放射線を放出する同位元素の数量を定める件)第1条(放射線を放出する同位元素の数量及び濃度)

- A: 誤 法第3条の3第1項 許可ではなく届け出なければならない。
- B: 正 法第3条第1項、令第3条第1項
- C: 正 法第3条第1項、令第3条第1項、平成12年10月23日科学技術庁告示第5号第1条第1号
- D: 誤 法第3条第1項、法第3条の2第1項、令第3条第1項、平成12年10月23日科学技術庁告示第5号第1条第1号 許可ではなく届け出なければならない。

問3 次のうち、密封された放射性同位元素(表示付認証機器等に装備されているものを除く。)のみを使用しようとする者が、原子力規制委員会への届書に添えなければならない書類として、放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

- A 法人にあっては、登記事項証明書
- B 使用の場所及び廃棄の場所の状況、管理区域、標識を付する箇所並びに密封された放射性同位元素の使用をしようとする者にあっては貯蔵施設を示し、かつ、縮尺及び方位を付けた平面図
- C 予定工事期間及びその工事期間中放射線障害の防止に関し講ずる措置を記載した書面
- D 予定使用開始時期及び予定使用期間を記載した書面
- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

〔解答〕

5

注) 則第3条(使用の届出)第2項

- A: 誤 規定なし。
- B: 正 則第3条第2項第2号
- C: 誤 規定なし。
- D: 正 則第3条第2項第1号

問4 放射線測定器の校正検査を使用の目的として、1個当たりの数量が100メガベクレルの密封されたコバルト60を装備した照射装置のみ1台を使用している者が、事業所内において使用の場所を変更して当該装置を使用することとなった。この場合、あらかじめ、原子力規制委員会に対してとるべき手続きに関する次の記述のうち、放射線障害防止法上正しいものはどれか。なお、コバルト60の下限数量は、100キロベクレルであり、かつ、その濃度は、原子力規制委員会の定める濃度を超えるものとする。

- 1 許可使用に係る変更の許可の申請をしなければならない。
- 2 許可使用に係る軽微な変更の届出をしなければならない。
- 3 許可使用に係る使用の場所の一時的変更の届出をしなければならない。
- 4 届出使用に係る変更の届出をしなければならない。
- 5 届出使用に係る使用の場所の一時的変更の報告をしなければならない。

〔解答〕

4

注) 法第3条(使用の許可)第1項、法第3条の2(使用の届出)第1項、法第3条の2第2項、法第3条の3(表示付認証機器の使用をする者の届出)第1項、令第3条(使用の許可の申請)第1項、平成12年10月23日科学技術庁告示第5号(放射線を放出する同位元素の数量を定める件)第1条(放射線を放出する同位元素の数量及び濃度)

届出使用者であり、1～3は該当しない。5の規定はない。

問5 次のうち、表示付認証機器の使用をする者(当該表示付認証機器に係る認証条件に従った使用、保管及び運搬をするものに限る。)が使用の開始の日から30日以内に、原子力規制委員会に届け出なければならない事項として、放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

- A 氏名又は名称及び住所並びに法人にあっては、その代表者の氏名
- B 当該表示付認証機器の認証番号及び台数
- C 使用の目的及び方法
- D 使用の場所

- 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

〔解答〕

1

注) 法第3条の3(表示付認証機器の使用をする者の届出)第1項

- A: 正 法第3条の3第1項第1号
 B: 正 法第3条の3第1項第2号
 C: 正 法第3条の3第1項第3号
 D: 誤 規定なし。

問6 次のうち、届出販売業者が、あらかじめ、原子力規制委員会に届け出なければならない変更事項として、放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

- A 氏名又は名称及び住所並びに法人にあっては、その代表者の氏名
- B 貯蔵施設の位置、構造、設備及び貯蔵能力
- C 放射性同位元素の種類

主任者 コーナー

D 販売所の所在地

- 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

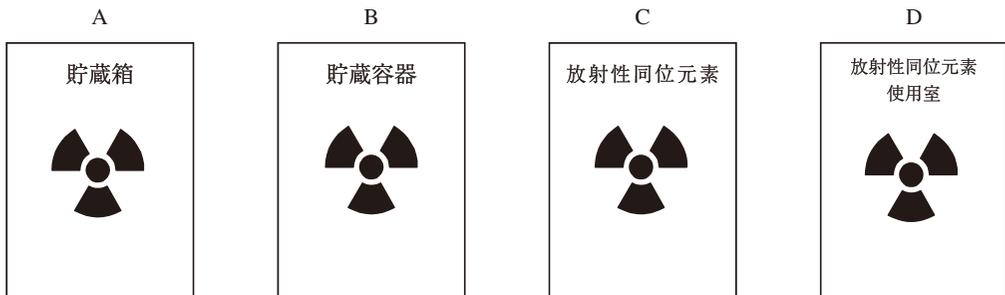
〔解答〕

4

注) 法第4条(販売及び賃貸の業の届出)

- A: 誤 法第4条第1項第1号, 法第4条第3項 あらかじめではなく, 変更の日から30日以内に届け出なければならない。
 B: 誤 規定なし。
 C: 正 法第4条第1項第2号, 法第4条第2項
 D: 正 法第4条第1項第3号, 法第4条第2項

問7 次の標識のうち, 放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。ただし, この場合, 放射能標識は工業標準化法の日本工業規格によるものとし, その大きさは放射線障害防止法上で定めるものとする。



- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

〔解答〕

4

注) 則第14条の7第1項(使用施設の基準), 則第14条の9(貯蔵施設の基準)

- A: 誤 則第14条の9第7号による別表 放射能標識の下部に「許可なくして触れることを禁ず」の文字を記入することが必要である。
 B: 誤 規定なし。
 C: 誤 則第14条の9第7号による別表 放射能標識の上部に「放射性同位元素」の文字並びに放射性同位元素の核種及び数量を記入することが必要である。
 D: 正 則第14条の7第1項第9号による別表

問8 次のうち, 許可使用者が変更の許可を要しない軽微な変更該当する事項として, 放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

- A 貯蔵施設の貯蔵能力の減少
 B 使用の目的
 C 放射性同位元素の数量の減少

D 管理区域の拡大及び当該拡大に伴う管理区域の境界に設けるさくその他の人がみだりに立ち入らないようにするための施設の位置の変更（工事を伴わないものに限る。）

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

〔解答〕

3

注) 法第3条（使用の許可）第2項，法第10条（使用施設等の変更）第2項，則第9条の2（変更の許可を要しない軽微な変更），平成17年6月1日文科科学省告示第81号（変更の許可を要しない軽微な変更を定める告示）第1条

A：正 則第9条の2第1号

B：誤 法第3条第2項，法第10条第2項 変更の許可の申請が必要である。

C：正 則第9条の2第2号

D：正 則第9条の2第5号，平成17年6月1日文科科学省告示第81号第1条第3号

問9 次の放射性同位元素の使用の目的のうち，その旨を原子力規制委員会に届け出ることにより，許可使用者が一時的に使用の場所を変更して使用できる場合として，放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

A ガスクロマトグラフによる土壌中の有害物質等の質量の調査

B 中性子水分計による空気中の水分の質量の調査

C 展覧，展示又は講習のためにする実演

D 蛍光エックス線分析装置による物質の組成の調査

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

〔解答〕

5

注) 法第10条（使用施設等の変更）第6項，令第9条（許可使用に係る使用の場所の一時的変更の届出）第1項，平成3年11月15日科学技術庁告示第9号（使用の場所の一時的変更の届け出に係る使用の目的を指定する告示）

A：誤 平成3年11月15日科学技術庁告示第9号第1号 「土壌中」ではなく「空气中」である。

B：誤 平成3年11月15日科学技術庁告示第9号第4号 「空气中」ではなく「土壌中」である。

C：正 令第9条第1項第4号

D：正 平成3年11月15日科学技術庁告示第9号第2号

問10 次のうち，表示付認証機器を販売しようとする者が当該表示付認証機器に添付しなければならない文書に記載する事項として，放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

A 認証機器製造者等の連絡先

B 認証番号

C 設計認証に関係する事項を掲載した原子力規制委員会のホームページアドレス

D 当該機器について法の適用がある旨

主任者 コーナー

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

〔解答〕

5

注) 法第12条の6(認証機器の表示等), 則第14条の6(添付文書)

- A: 正 則第14条の6第2号
B: 正 法第12条の6
C: 正 則第14条の6第3号
D: 正 則第14条の6第1号

問11 使用の基準に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

- A 使用施設又は管理区域の目につきやすい場所に、放射線障害の防止に必要な注意事項を掲示すること。
B 管理区域には、人がみだりに立ち入らないような措置を講じ、放射線業務従事者以外の者が立ち入るときは、放射線業務従事者の指示に従わせること。
C インターロックを設けた室内で放射性同位元素の使用をする場合には、搬入口、非常口等人が通常出入りしない出入口の扉を外部から開閉できないようにするための措置及び室内に閉じ込められた者が速やかに脱出できるようにするための措置を講ずること。
D 密封された放射性同位元素を移動させて使用をする場合には、使用後直ちに、漏えいがないことを目視により点検し、使用の場所の変更について原子力規制委員会に届け出ること。

- 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

〔解答〕

1

注) 則第15条(使用の基準)第1項

- A: 正 則第15条第1項第11号
B: 正 則第15条第1項第12号
C: 正 則第15条第1項第3号の2
D: 誤 則第15条第1項第14号 密封された放射性同位元素を移動させて使用をする場合には、使用後直ちに、その放射性同位元素について紛失、漏えい等異常の有無を放射線測定器により点検し、異常が判明したときは、探査その他放射線障害を防止するために必要な措置を講ずること。

問12 保管の基準に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

- A 貯蔵箱には、放射性同位元素の保管中これを保管している旨を表示すること。
B 貯蔵施設には、その貯蔵能力を超えて放射性同位元素を貯蔵しないこと。
C 放射性同位元素の保管中これをみだりに持ち出さないようにするため、貯蔵室には、放射線取扱主任者免状を有する者以外の者を立ち入らせないこと。
D 貯蔵箱について、放射性同位元素の保管中これをみだりに持ち運ぶことができないようにするための措置を講ずること。

- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

〔解答〕

4

注) 則第 17 条 (保管の基準) 第 1 項

- A : 誤 規定なし。
- B : 正 則第 17 条第 1 項第 2 号
- C : 誤 規定なし。
- D : 正 則第 17 条第 1 項第 3 号

問 13 運搬に関する次の文章の ~ に該当する語句について、放射線障害防止法上定められているものの組合せは、下記の選択肢のうちどれか。

〔第 18 条 許可届出使用者、届出版売業者、届出賃貸業者及び許可廃棄業者並びにこれらの者から運搬を委託された者（以下「許可届出使用者等」という。）は、放射性同位元素又は放射性汚染物を工場又は において運搬する場合（船舶又は航空機により運搬する場合を ）。においては、原子力規制委員会規則（鉄道、軌道、索道、無軌条電車、自動車及び軽車両による運搬については、運搬する についての措置を除き、国土交通省令）で定める技術上の基準に従って放射線障害の防止のために必要な措置を講じなければならない。〕

- | | A | B | C |
|---|-------|----|----|
| 1 | 事業所 | 含む | 方法 |
| 2 | 事業所の外 | 除く | 物 |
| 3 | 事業所 | 除く | 方法 |
| 4 | 事業所の外 | 含む | 方法 |
| 5 | 事業所 | 除く | 物 |

〔解答〕

2

注) 法第 18 条第 1 項 (運搬に関する確認等)

問 14 L 型輸送物に係る技術上の基準に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

- A 容易に、かつ、安全に取り扱うことができること。
- B 外接する直方体の各辺が 10 センチメートル以上であること。
- C 表面における 1 センチメートル線量当量率の最大値が 5 マイクロシーベルト毎時を超えないこと。
- D みだりに開封されないように、かつ、開封された場合に開封されたことが明らかになるように、容易に破れないシールのはり付け等の措置が講じられていること。

- 1 A と B 2 A と C 3 B と C 4 B と D 5 C と D

〔解答〕

2

注) 則第 18 条の 4 (L 型輸送物に係る技術上の基準)

- A : 正 則第 18 条の 4 第 1 号
- B : 誤 則第 18 条の 5 第 2 号 A 型輸送物に係る技術上の基準である。

主任者 コーナー

- C：正 則第18条の4第7号
D：誤 則第18条の5第3号 A型輸送物に係る技術上の基準である。

問15 外部被ばくによる線量の測定に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。

- A 電子線による線量が最大となるおそれのある部位が手部であったので、当該部位について3ミリメートル線量当量を測定した。
B 中性子線による線量が最大となるおそれのある部位が腹部であったので、女子の線量は、当該部位において70マイクロメートル線量当量を測定した。
C アルファ線による線量が最大となるおそれのある部位が手部であったので、当該部位について1センチメートル線量当量を測定した。
D エックス線による線量が最大となるおそれのある部位が胸部であったので、男子の線量は、当該部位において1センチメートル線量当量及び70マイクロメートル線量当量を測定した。
1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

〔解答〕

4

注) 則第20条(測定)第2項第1号

- A：誤 則第20条第2項第1号ハ 当該部位について、70マイクロメートル線量当量を測定する。
B：誤 則第20条第2項第1号イ 中性子線については、1センチメートル線量当量を測定する。
C：誤 則第20条第2項第1号ハ 当該部位について、70マイクロメートル線量当量を測定する。
D：正 則第20条第2項第1号イ

問16 場所に係る放射線の量の測定に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。

- A 放射線の量の測定は、実効線量率又は実効線量について行った。
B 下限数量に1,000を乗じて得た数量以下の密封された放射性同位元素のみを取り扱うとき、作業を開始した後、放射線の量の測定は6月を超えない期間ごとに1回行った。
C 作業を開始した後、貯蔵施設における放射線の量の測定は1月を超えない期間ごとに1回行った。
D 作業を開始した後、事業所等の境界における放射線の量の測定は1年を超えない期間ごとに1回行った。
1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

〔解答〕

4

注) 則第20条(測定)第1項

- A：誤 則第20条第1項第1号 1センチメートル線量当量又は1センチメートル線量当量率について行う。

- B：正 則第 20 条第 1 項第 4 号ハ
 C：正 則第 20 条第 1 項第 4 号
 D：誤 則第 20 条第 1 項第 3 号チ，則第 20 条第 1 項第 4 号イ，則第 20 条第 1 項第 4 号ロ，則第 20 条第 1 項第 4 号ハ 放射線の量の測定，1 月を超えない期間ごとに 1 回行うこと。ただし，廃棄物埋設地を設けた廃棄事業所の境界における放射線の量の測定にあつては，すべての廃棄物埋設地を土砂等で覆うまでの間においては 1 週間を超えない期間ごとに 1 回行うこと。密封された放射性同位元素又は放射線発生装置を固定して取り扱う場所であつて，取扱いの方法及び遮蔽壁その他の遮蔽物の位置が一定しているときの放射線の量の測定は，6 月を超えない期間ごとに 1 回行うこと。下限数量に 1,000 を乗じて得た数量以下の密封された放射性同位元素のみを取り扱うときの放射線の量の測定は，6 月を超えない期間ごとに 1 回行うこと。

問 17 次のうち，密封された放射性同位元素のみを使用する許可使用者が，放射線障害予防規程に記載すべき事項として，放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

- A セキュリティに関すること。
 B 使用施設等の変更の手続きに関すること。
 C 放射線取扱主任者の代理者の選任に関すること。
 D 放射線障害を受けた者又は受けたおそれのある者に対する保健上必要な措置に関すること。

1 ABC のみ 2 AB のみ 3 AD のみ 4 CD のみ 5 BCD のみ

〔解答〕

4

注) 則第 21 条 (放射線障害予防規程) 第 1 項

- A：誤 規定なし。
 B：誤 規定なし。
 C：正 則第 21 条第 1 項第 1 号の 3
 D：正 則第 21 条第 1 項第 7 号

問 18 初めて管理区域に立ち入る前の放射線業務従事者に対して行う教育及び訓練として，放射線障害防止法上定められている項目と時間数の組合せは，次のうちどれか。ただし，対象者には，教育及び訓練の項目について十分な知識及び技能を有していると認められる者は，含まれていないものとする。

項目	時間数
A 放射線の人体に与える影響	— 30 分以上
B 放射線の測定技術	— 90 分以上
C 放射線障害予防規程	— 30 分以上
D 放射線障害防止法	— 30 分以上

1 ACD のみ 2 AB のみ 3 AC のみ 4 BD のみ 5 BCD のみ

〔解答〕

3

注) 則第 21 条の 2 (教育訓練) 第 3 項，平成 3 年 11 月 15 日科学技術庁告示第 10 号 (教育及び訓練の

主任者 コーナー

時間数を定める告示)

- A：正 平成3年11月15日科学技術庁告示第10号第1項
B：誤 規定なし。
C：正 平成3年11月15日科学技術庁告示第10号第1項
D：誤 平成3年11月15日科学技術庁告示第10号第1項 1時間以上である。

問19 放射線業務従事者（一時的に管理区域に立ち入る者を除く。）の健康診断に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。

- A 健康診断の方法は、問診及び検査又は検診とする。
B 健康診断の結果の記録は保存しなければならないが、当該記録を5年以上保存した場合において、これを原子力規制委員会が指定する機関に引き渡すときは、この限りでない。
C 健康診断を受けた者に対し、医師が必要と認めた場合に限り、健康診断の結果の記録の写しを交付すること。
D 実効線量限度又は等価線量限度を超えて放射線に被ばくし、又は被ばくしたおそれのあるときは、遅滞なく、その者につき健康診断を行うこと。

- 1 ABDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

〔解答〕

1

注) 則第22条(健康診断)

- A：正 則第22条第1項第4号
B：正 則第22条第2項第3号
C：誤 則第22条第2項第2号 健康診断の都度、交付する。
D：正 則第22条第1項第3号ニ

問20 放射線障害を受けた者又は受けたおそれのある者に対する措置に関する次の文章の ~ に該当する語句について、放射線障害防止法上定められているものの組合せは、下記の選択肢のうちどれか。

「第23条 許可届出使用者、表示付認証機器使用者、届出販売業者、届出賃貸業者及び許可廃棄業者が法第24条の規定により講じなければならない措置は、次の各号に定めるところによる。

- (1) 放射線業務従事者が放射線障害を受け、又は受けたおそれのある場合には、放射線障害又は放射線障害を受けたおそれの程度に応じ、への立入時間の短縮、の禁止、放射線に被ばくするおそれの少ない業務への配置転換等の措置を講じ、必要な保健指導を行うこと。
(2) 放射線業務従事者以外の者が放射線障害を受け、又は受けたおそれのある場合には、、医師による診断、必要な保健指導等の適切な措置を講ずること。」

- | | <input type="text" value="A"/> | <input type="text" value="B"/> | <input type="text" value="C"/> |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 管理区域 | 立入り | 遅滞なく |
| 2 | 管理区域 | 立入り | 放射線障害を受けたおそれの程度に応じ |
| 3 | 管理区域 | 取扱等業務 | 遅滞なく |
| 4 | 放射線施設 | 立入り | 放射線障害を受けたおそれの程度に応じ |

5 放射線施設 取扱等業務 遅滞なく

〔解答〕

1

注) 則第 23 条 (放射線障害を受けた者又は受けたおそれのある者に対する措置)

問 21 次のうち、届出販売業者が備えるべき帳簿に記載しなければならない事項の細目として、放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

- A 保管を委託した放射性同位元素の種類及び数量
- B 管理区域の点検の実施年月日、点検の結果及びこれに伴う措置の内容並びに点検を行った者の氏名
- C 放射性同位元素の保管の委託の年月日、期間及び委託先の氏名又は名称
- D 放射性同位元素等の保管の期間、方法及び場所

1 ACD のみ 2 AB のみ 3 AC のみ 4 BD のみ 5 BCD のみ

〔解答〕

3

注) 則第 24 条 (記帳) 第 1 項第 2 号

- A : 正 則第 24 条第 1 項第 2 号ニ
- B : 誤 規定なし。
- C : 正 則第 24 条第 1 項第 2 号ホ
- D : 誤 規定なし。

問 22 許可の取消し、使用の廃止等に伴う措置に関する次の記述のうち、廃止措置計画に定めるべき事項として放射線障害防止法上定められているものの組合せはどれか。

- A 放射性同位元素の輸出、譲渡し、返還又は廃棄の方法
- B 放射線障害を防止するために必要な教育及び訓練に関する事
- C 汚染の広がりの防止その他の放射線障害の防止に関し講ずる措置
- D 計画期間

1 ACD のみ 2 AB のみ 3 BC のみ 4 D のみ 5 ABCD すべて

〔解答〕

1

注) 則第 26 条 (許可の取消し、使用の廃止等に伴う措置) 第 2 項

- A : 正 則第 26 条第 2 項第 1 号
- B : 誤 規定なし。
- C : 正 則第 26 条第 2 項第 4 号
- D : 正 則第 26 条第 2 項第 5 号

問 23 密封された放射性同位元素 (表示付認証機器等に装備されているものを除く。) の譲渡し、譲受け等の制限に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。

- A 許可使用者は、その許可証に記載された種類の放射性同位元素を、他の許可使用者に譲り渡すことができる。ただし、譲り渡す放射性同位元素は、譲り受ける許可使用者の許可証に記載された種類で

主任者 コーナー

あり、かつ許可証に記載された貯蔵施設の貯蔵能力の範囲内であるものとする。

- B 届出使用者は、その届け出た種類の放射性同位元素を、その届け出た貯蔵施設の貯蔵能力の範囲内で譲り受けることができる。
- C 許可を取り消された許可使用者は、その許可を取り消された日に所有していた放射性同位元素を、許可の取消の日から 10 日後に輸出することができる。
- D 届出販売業者は、その届け出た種類の放射性同位元素を、譲り受けることができる。

1 ABC のみ 2 ABD のみ 3 ACD のみ 4 BCD のみ 5 ABCD すべて

〔解答〕

5

注) 法第 29 条 (譲渡し, 譲受け等の制限), 則第 27 条 (譲渡しの制限)

A : 正 法第 29 条第 1 号

B : 正 法第 29 条第 2 号

C : 正 法第 29 条第 6 号, 則第 27 条 30 日以内にしなければならない。

D : 正 法第 29 条第 3 号

問 24 事故届に関する次の文章の ~ に該当する語句について、放射線障害防止法上定められているものの組合せは、下記の選択肢のうちどれか。

「第 32 条 許可届出使用者等 (表示付認証機器使用者及び表示付認証機器使用者から を委託された者を含む。) は、その所持する放射性同位元素について その他の事故が生じたときは、遅滞なく、その旨を に届け出なければならない。」

- | | | |
|------|--------------|--------------------|
| 1 運搬 | 破損, 放射線障害の発生 | 医師又は看護師 |
| 2 保管 | 盗取, 所在不明 | 国家公安委員会又は都道府県公安委員会 |
| 3 運搬 | 盗取, 所在不明 | 警察官又は海上保安官 |
| 4 保管 | 破損, 放射線障害の発生 | 警察官又は海上保安官 |
| 5 運搬 | 破損, 放射線障害の発生 | 国家公安委員会又は都道府県公安委員会 |

〔解答〕

3

注) 法第 32 条 (事故届)

問 25 危険時の措置に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。

- A 放射線施設で火災が起こったので、延焼の防止に努めるとともに直ちにその旨を消防署に通報した。
- B 放射線障害を受けたおそれのある者がいたので、速やかに救出し、避難させた。
- C 緊急作業に従事する者の線量をできる限り少なくするため、保護具を用意し、緊急作業に従事する者にこれを用いさせた。
- D 放射線障害を防止するために、放射線施設の内部にいる者に避難するよう警告した。

1 ABC のみ 2 ABD のみ 3 ACD のみ 4 BCD のみ 5 ABCD すべて

〔解答〕

5

注) 則第 29 条 (危険時の措置)

- A : 正 則第 29 条第 1 項第 1 号
- B : 正 則第 29 条第 1 項第 3 号
- C : 正 則第 29 条第 2 項
- D : 正 則第 29 条第 1 項第 2 号

問 26 次のうち、第 2 種放射線取扱主任者免状を有する者を放射線取扱主任者として選任することができる事業者として、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。

- A 密封されていない放射性同位元素のみを販売する届出販売業者
- B 密封されていない放射性同位元素のみを使用する許可使用者
- C 5 テラベクレル未満の密封された放射性同位元素のみを賃貸する届出賃貸業者
- D 5 テラベクレル未満の密封された放射性同位元素のみを使用する許可使用者

1 ACD のみ 2 AB のみ 3 BC のみ 4 D のみ 5 ABCD すべて

〔解答〕

1

注) 法第 12 条の 8 (施設検査) 第 1 項, 第 34 条 (放射線取扱主任者) 第 1 項, 令第 13 条 (施設検査等を要しない放射性同位元素等) 第 1 項

- A : 正 法第 34 条第 1 項第 3 号
- B : 誤 法第 34 条第 1 項第 1 号 第 1 種放射線取扱主任者免状を有する者のうちから選任する。
- C : 正 法第 34 条第 1 項第 3 号
- D : 正 法第 12 条の 8 第 1 項, 法第 34 条第 1 項第 2 号, 令第 13 条第 1 項 10 テラベクレル未満であり, 第 2 種放射線取扱主任者免状を有する者から選任できる。

問 27 次のうち、放射線取扱主任者に定期講習を受講させなければならない事業者として、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。

- A 許可使用者
- B 表示付認証機器のみを賃貸している届出賃貸業者
- C 1 個当たりの数量が 10 テラベクレル未満の密封された放射性同位元素のみを販売している届出販売業者
- D 届出使用者

1 ABC のみ 2 ABD のみ 3 ACD のみ 4 BCD のみ 5 ABCD すべて

〔解答〕

3

注) 則第 32 条 (定期講習) 第 1 項

- A : 正 則第 32 条第 1 項第 1 号
- B : 誤 規定なし。
- C : 正 則第 32 条第 1 項第 2 号

主任者 コーナー

D：正 則第 32 条第 1 項第 1 号

問 28 放射線取扱主任者の選任等に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。

- A 放射線取扱主任者が転勤により、その職務を行う事ができなくなるため、転勤の日の 10 日前に放射線取扱主任者の選任及び解任を行ったが、原子力規制委員会への放射線取扱主任者選任解任届の提出は転勤の日の 40 日後に行った。
- B 放射性同位元素の使用の許可を受けた日に放射線取扱主任者を選任し、その 10 日後に放射性同位元素を貯蔵施設に運び入れ、同日に使用を開始し、使用を開始した日に原子力規制委員会へ放射線取扱主任者選任届を提出した。
- C 放射線取扱主任者が海外出張により 3 月間その職務を行うことができなくなったため、直ちに、放射線取扱主任者の代理者を選任し、原子力規制委員会へ放射線取扱主任者の代理者選任届を提出した。帰国後、放射線取扱主任者がその職務に復帰したので、代理者を解任したが、原子力規制委員会への放射線取扱主任者の代理者解任届は提出しなかった。
- D 放射線取扱主任者が手術を伴う入院により 20 日間その職務を行うことができなくなったため、放射線取扱主任者の代理者を選任したが、原子力規制委員会への放射線取扱主任者の代理者選任届の提出は行わなかった。

1 A と B 2 A と C 3 B と C 4 B と D 5 C と D

〔解答〕

4

注) 法第 34 条（放射線取扱主任者）第 2 項、則第 30 条（放射線取扱主任者の選任）第 2 項、則第 33 条（放射線取扱主任者の代理者の選任等）第 3 項

A：誤 法第 34 条第 2 項 解任した日から 30 日以内に届け出なければならない。

B：正 則第 30 条第 2 項

C：誤 法第 37 条第 3 項 解任した日から 30 日以内に届け出なければならない。

D：正 則第 33 条第 3 項

問 29 報告の徴収に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。

- A 届出使用者は、放射線業務従事者について実効線量限度若しくは等価線量限度を超え、又は超えるおそれのある被ばくがあったときは、その旨を直ちに、その状況及びそれに対する処置を 10 日以内に原子力規制委員会に報告しなければならない。
- B 表示付認証機器届出使用者は、放射性同位元素の盗取又は所在不明が生じたときは、その旨を直ちに、その状況及びそれに対する処置を 30 日以内に原子力規制委員会に報告しなければならない。
- C 許可使用者は、放射性同位元素の使用における計画外の被ばくがあったときであって、当該被ばくに係る実効線量が放射線業務従事者にあつては 5 ミリシーベルトを超え、又は超えるおそれのあるときは、その旨を直ちに、その状況及びそれに対する処置を 10 日以内に原子力規制委員会に報告しなければならない。
- D 許可取消使用者等は、3 月 31 日に所持している放射性同位元素について、同日の翌日から起算して 6 月以内に原子力規制委員会に報告しなければならない。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

〔解答〕

2

注) 則第 39 条 (報告の徴収) 第 1 項

A : 正 則第 39 条第 1 項第 8 号

B : 誤 則第 39 条第 1 項第 1 号 10 日以内に報告しなければならない。

C : 正 則第 39 条第 1 項第 7 号

D : 誤 規定なし。

問 30 実効線量限度に関する次の文章の ~ に該当する数値について、放射線障害防止法上定められているものの組合せは、下記の選択肢のうちどれか。

〔第 5 条 規則第 1 条第 10 号に規定する放射線業務従事者の一定期間内における線量限度は、次のとおりとする。〕

- (1) 平成 13 年 4 月 1 日以後 年ごとに区分した各期間につき ミリシーベルト
- (2) 4 月 1 日を始期とする 1 年間に ミリシーベルト
- (3) 女子 (妊娠不能と診断された者、妊娠の意思のない旨を許可届出使用者又は許可廃棄業者に書面で申し出た者及び次号に規定する者を除く。) については、前 2 号に規定するほか、4 月 1 日、7 月 1 日、10 月 1 日及び 1 月 1 日を始期とする各 3 月間に ミリシーベルト
- (4) 妊娠中である女子については、第 1 号及び第 2 号に規定するほか、本人の申出等により許可届出使用者又は許可廃棄業者が妊娠の事実を知ったときから出産までの間につき、人体内部に摂取した放射性同位元素からの放射線に被ばくすること (以下「内部被ばく」という。) について 1 ミリシーベルト」

	A	B	C	D
1	3	50	50	5
2	5	50	50	10
3	3	100	10	10
4	3	50	10	5
5	5	100	50	5

〔解答〕

5

注) 平成 12 年 10 月 23 日科学技術庁告示第 5 号 (放射線を放出する同位元素の数量等を定める件) 第 5 条 (実効線量限度)

管 理 技 術 I

問1 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。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 生体が放射線の被ばくを受けると、初期過程では、放射線のエネルギー付与によって生体を構成する原子・分子の電離と励起が起きる。このような電離と励起が標的分子であるDNAを構成する原子に起き、DNAの損傷を引き起こす効果を放射線の□A□という。これに対して、生体の70～80%を占めるといわれる水分子が電離・励起されることにより、反応活性に富むフリーラジカルが生成され、これがDNAの損傷を引き起こす効果を放射線の□B□という。一般に、両者を比較するとエックス線やガンマ線のような低LET放射線被ばくによるDNA損傷の生成には□C□の方が大きく寄与すると考えられている。

DNAはヌクレオチドがつながった2本の鎖がらせん状に並んだ分子であり、4種の塩基のうちアデニンとチミン、グアニンとシトシンがそれぞれ選択的な対を形成して水素結合している。電離放射線によって引き起こされる主なDNA損傷には、塩基損傷、□D□、2本鎖切断があり、この他まれであるがDNA塩基間の共有結合による□E□などが起こる。また、DNA塩基とタンパク質のアミノ酸との間にも□E□が生じることがある。

生体にはこれらのDNA損傷を修復する機構が備わっており、例えば、単一の塩基損傷を修復する塩基除去修復、塩基損傷を含むオリゴヌクレオチドを除くヌクレオチド除去修復がある。DNA鎖切断のうちでも、修復しにくいといわれる2本鎖切断に対しては、相同組換えと□F□による修復機構があるが、前者に比べて後者では、修復のエラーが起きやすい。

<A～Cの解答群>

- 1 賦活化作用 2 直接作用 3 拮抗作用 4 不活化作用 5 間接作用
6 付加作用 7 相加作用 8 相乗作用

<D～Fの解答群>

- 1 リン酸結合 2 リボース結合 3 1本鎖切断 4 塩基置換
5 ピリミジンダイマー 6 架橋形成 7 SOS応答 8 伸長反応
9 非同相末端結合

Ⅱ DNA損傷が修復されずに細胞に残り、損傷が致命的な場合には細胞死が起きる。細胞は、分裂期(M期)→DNA合成準備期(G₁期)→DNA合成期(S期)→分裂準備期(G₂期)→分裂期(M期)という細胞周期に従って分裂を繰り返す。放射線による細胞死の起こりやすさ(放射線致死感受性)は、この細胞周期の時期によって異なる。M期にある細胞に放射線を照射した場合は、放射線致死感受性が□G□が、S後期からG₂期にかけての細胞に放射線を照射した場合には、放射線致死感受性が□H□。

DNA 損傷が致命的でない場合には、損傷を持ったまま細胞分裂が行われ、遺伝子 [I] や染色体異常を持った細胞が出現しやすくなる。放射線による染色体異常は DNA の 2 本鎖切断が修復されなかったり、誤って再結合されることなどによって生じる構造異常であり、数の異常は起こりにくい。染色体異常のうち、 [J] 染色体及び環状染色体は細胞分裂の際にうまく両極に分かれることができないために、比較的早期に消失するので [K] 染色体異常という。一方、欠失、逆位、転座などは、細胞分裂が繰り返されても異常がそのまま次世代の細胞に引き継がれ長期にわたって維持されるので [L] 染色体異常という。これらの特徴をもった染色体異常の発生頻度は、被ばく事故時における末梢血 [M] 等を用いた生物学的線量評価の指標となる。

<G, H の解答群>

- 1 高い 2 低い 3 変わらない

<I~M の解答群>

- 1 刷り込み 2 突然変異 3 乗り越え 4 接合体 5 付加体 6 二動原体
7 急性型 8 慢性型 9 安定型 10 不安定型 11 リンパ球 12 血漿成分
13 血小板

Ⅲ 人体には、骨髄、脾臓、胸腺、小腸、皮膚、生殖腺、水晶体など、幹細胞が盛んに分裂することにより絶えず新しい細胞が供給されている [N] 組織があり、いずれも放射線感受性が高いことが知られている。皮膚は、表皮、真皮、皮下組織で構成され、毛嚢、汗腺、皮脂腺や血管などを含む。表皮の最下層には幹細胞である [O] の層があり、放射線感受性が高い。表皮表面から [O] 層までの平均の深さは [P] 程度とされ、個人被ばく線量測定に用いられる線量当量はこの深さに対応している。また、真皮内にある毛嚢にも幹細胞があり、放射線感受性が高く、被ばくによる脱毛の原因となる。

放射線被ばくで起きる皮膚の早期影響は、被ばく線量が増すと、潜伏期が短くなり、症状の重篤度が増す。ガンマ線急性被ばくでは、3~6 Gy 程度で2~3 週間後位から脱毛と [Q] が、7~8 Gy 程度では1~2 週間後位で [R] が、10 Gy 以上では1 週間後位で糜爛や潰瘍が、20 Gy 以上では数日後位から難治性潰瘍や壊死等が生じる。

母体が妊娠中に放射線被ばくすると胎児も被ばくする可能性がある。胎児は胎内で絶えず成長・発達しているので、放射線感受性が極めて高い。胎児に現れる放射線影響の種類は、被ばく時の胎児の発生・発達段階によって異なる（時期特異性）。受精卵（胚）が子宮に着床するまでの着床前期の被ばくでは胚死亡（流産）が起きる。着床期に続く器官形成期の被ばくでは様々な組織・臓器の [S] を生じることがマウス等を用いた動物実験で知られているが、ヒトでは小頭症のみが確認されている。胎児期に入ってから被ばくでは [T] が起きることが原爆被爆者の調査で確認されており、胎児期全体を通じての被ばくでは発育遅延も認められている。また、受精から出生までの胎生期全体を通じての被ばくにより、がんと遺伝性（的）影響が発生する可能性があるといわれている。

<N~P の解答群>

- 1 細胞再生系 2 細胞定常系 3 細胞休止系 4 角質細胞 5 基底細胞
6 有棘細胞 7 100 nm 8 70 μm 9 1 cm

<Q, R の解答群>

- 1 白斑 2 紅斑 3 黄斑 4 白癬 5 水疱

主任者 コーナー

<S, Tの解答群>

- 1 奇形 2 多臓器不全 3 機能障害 4 癲癇^{てんかん} 5 色素性乾皮症
6 精神遅滞

〔解答〕

I **A** - 2 **B** - 5 **C** - 5 **D** - 3 **E** - 6 **F** - 9

注) F: DNAの2本鎖切断の修復機構である相同組換えでは、DNAの塩基配列がよく似た正常な部位と入れ換える、または、鋳型としてそれをコピーしたものを修復に用いる。このため、塩基配列が変わることなく正確に修復できる。一方、非相同末端結合はDNAの切断された末端を処理してそのまま結合するため、切断部分が欠落し、修復エラーが起こりやすくなる。

II **G** - 1 **H** - 2 **I** - 2 **J** - 6 **K** - 10 **L** - 9
 M - 11

注) G: 細胞分裂が盛んな細胞ほど感受性が高い。このため、細胞分裂期(M期)の感受性が高くなる。

J: 正常な染色体はX型であり、くびれた部分(動原体)が1つである。二動原体染色体は、放射線などによって染色体(DNA)が切断され、間違った場所につなが合わされることにより、このくびれ(動原体)が2つ存在する。

III **N** - 1 **O** - 5 **P** - 8 **Q** - 2 **R** - 5 **S** - 1
 T - 6

注) P: 表皮から70 μm 程度の基底層に細胞分裂が盛んな部分(幹細胞)が存在する。このため、皮膚の等価線量は70 μm における線量(70マイクロメートル線量当量)を評価することとなっている。

T: 重度の精神遅滞については原爆被爆生存者の疫学調査により、特に受胎後8~15週において100 mGy以上被ばくした場合に多く発生する。重度の知的障害に至らない場合でも受胎後8~25週に被ばくした人で線量の増加に伴うIQ指数の低下がみられることが知られている。

問2 次のI, IIの文章の□の部分に入る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。

I 10 Gyの γ 線全身被ばくでは、多くの場合、死に至るが、その際にヒトが受け取るエネルギー量を計算することができる。被ばくしたヒトの体重を70 kgとすると、吸収線量の定義から□**A**□Jとなる。このエネルギーによる体温の上昇は、人体の比熱が水と同じと考えたと□**B**□ $^{\circ}\text{C}$ に過ぎない。放射線の生物への作用に必要なエネルギーは加熱殺菌に必要なエネルギーに比べると非常に少ないことがわかる。この特徴を以下のように理解することができる。

γ 線は光子であるとともに電磁波でもある。可視光も電磁波であるが、両者の違いは光子1個が持つエネルギーの大きさである。波長620 nmの赤色光の光子のエネルギーは2 eVなのに対して、 ^{137}Cs 線源からの γ 線(0.66 MeV)の波長は□**C**□nmと計算できる。可視光領域の光子のエネルギーでは、生体を構成する有機分子の共有結合を切ることはできないが、この γ 線光子のエネルギーは生体分子に損傷を与えるのに十分なエネルギーを持つ。0.66 MeVの γ 線が物質に入射すると□**D**□及び□**E**□により、二次電子を生成する。□**D**□によって発生する電子は最大エネルギー□**F**□MeVの広いエネルギー分布を持つ一方で、□**E**□によって生成する電子は、入射 γ 線のエネルギー

ーから物質中で原子核に束縛されていたときの結合エネルギーを減じたエネルギーを持つ。

これらの二次電子は物質中の電子とクーロン力によって相互作用し、その結果、物質中の電子にエネルギーを付与することによって徐々にエネルギーを失っていく。このような相互作用のイベントの数は、電子を発生させた **D** 及び **E** の現象数に比べて圧倒的に多い。この相互作用のイベントが起きる間隔は、物質に入射した直後に比べて止まる直前の方が短くなる。電子は相互作用により進行方向を変えられるので、飛跡は直線的とはならないが、陽子やそれより重い荷電粒子では電子との相互作用によっても方向を変えられることが少ないので、飛跡は直線的となる。

電子を含む荷電粒子の物質中の飛跡の単位長さ当たりのエネルギー損失 ($-dE/dx$) は荷電粒子による物質へのエネルギー付与の分布を特徴づける重要なパラメータである。エネルギー損失は入射粒子のエネルギーに **G**。放射線の線質を特徴づけるパラメータとして **H** があるが、相互作用によりさらに発生する二次電子のエネルギーに制限を付けない場合には先のエネルギー損失 ($-dE/dx$) と同じである。荷電粒子によるエネルギー付与現象は飛跡に沿って起きるので空間的にランダムに分布しているわけではない。飛跡に起因するエネルギー付与現象の空間分布は **I** と呼ばれる。DNA に生成する損傷の中でも、修復されにくいために多くの生物影響を引き起こすとされる **J** の生成効率は **I** に依存するので、その理解は重要である。

<A の解答群>

1 70 2 700 3 7,000

<B, C の解答群>

1 0.0005 2 0.0010 3 0.0014 4 0.0019 5 0.0024 6 0.0030
7 0.0036 8 0.0042

<D, E の解答群>

1 制動放射 2 トムソン散乱 3 コンプトン散乱 4 電子対生成 5 内部転換
6 光電効果

<F の解答群>

1 0.24 2 0.33 3 0.48 4 0.66

<G~J の解答群>

1 比例する 2 反比例する 3 依存しない 4 線エネルギー付与 (LET)
5 生物効果比 (RBE) 6 電子構造 7 結晶構造 8 トラック構造
9 塩基損傷 10 クラスタ損傷

II γ 線を検出するには、設定した相互作用領域における γ 線及び二次荷電粒子による電離現象が利用される。空気等価の材質で作られた壁で区画された領域内の空気中で生成するイオン対を電場をかけて捕集し、その電荷を計測する検出器を **K** という。生成した電荷量を領域内の空気の質量で除したものを照射線量と呼び、単位は $C \cdot kg^{-1}$ となる。この領域内で生成したイオン対の数に空気中でイオン対生成に必要なエネルギー (W 値) を乗じ、領域内の空気の質量で除したものは、空気の吸収線量となり、単位は $J \cdot kg^{-1}$ (=Gy) である。電離体積 100 mL の **K** で毎分 10 Gy の放射線によって生成する電流は、空気密度 ($1.29 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)、W 値 (34 eV) を用いて、**L** A と計算できる。この **K** では、環境放射線のような毎時 0.05 μGy という低線量率になると得られる電流は、**M** A と極めて小さくなる。相互作用領域を大きくすると得られる電流が大きくなるので

主任者 コーナー

感度は上がるが、サイズが大きくなるのでサーベイメータとしての実用性は下がる。また、大きな体積中で生成したイオンの捕集効率等を考慮した構造設計が必要となる。

上記の測定で得られる吸収線量は空気の吸収線量であり、生体等の吸収線量ではない。同じ放射線場における空気以外の物質での吸収線量は、対象物を構成する元素に対する入射光子の $\square N$ をそれぞれの元素の存在比で加重平均を取った値を空気の $\square N$ と比較することによって得られる。

より感度よく放射線及びそれによる二次電子を検出するには、気体中で生成した電子を増幅して集める方法がある。電離箱の陽極を細い心線とし、そこに印加する電圧を高くすると陽極に引きつけられる電子が加速されて、他の気体分子を電離するようになり、陽極に集まる電子の数を増やすことになる。これを $\square O$ といい、これによって発生する電流パルスから放射線を検出することができる。電圧を高くしていくと、増幅されたパルスの高さが最初に発生した電子-イオン対数と比例する領域が見られるが、さらに電圧を高くするとパルス高は最初の電子-イオン対数とは関わりない領域が現れる。この領域では、ディスクリミネータ（波高弁別器）によってノイズを除去されたパルスの計数率は電圧にほとんど依存しない。 $\square P$ はこの状態で発生するパルスから放射線を検出する測定器である。 $\square P$ では同一の入射光子によって複数の電子が発生しても1個と計数するので、パルスの数は電離体積内を通過した入射光子の数を計測したことになる。計数値は電離体積内に付与されたエネルギー量を示していることにはならないので、 $\square P$ の計数値から放射線量を得るには、標準放射線場での校正が必要となる。市販の $\square P$ 式サーベイメータの多くは、 ^{60}Co 線源又は ^{137}Cs 線源からの γ 線を用いて校正されているので、それ以外の γ 線を計数した場合の表示値は正しい値ではないことを理解しておく必要がある。放射線が計数管を通過する確率は全くランダムであり、時間当たりの計数値は $\square Q$ に従う。そのために、得られた線量率の相対誤差は計測したパルス数の平方根に $\square R$ ので、単位時間当たりのパルス数の少ない低線量域で精度よく計数するには、計数時間を長くして積分することが必要になる。

<Kの解答群>

- 1 空洞箱 2 電離箱 3 ポケット線量計 4 レムカウンタ

<L, Mの解答群>

- 1 5.3×10^{-17} 2 6.3×10^{-16} 3 5.3×10^{-15} 4 6.3×10^{-13} 5 5.3×10^{-9}
6 6.3×10^{-7} 7 5.3×10^{-6} 8 6.3×10^{-5}

<Nの解答群>

- 1 線減弱係数 2 線吸収係数 3 線エネルギー吸収係数
4 質量エネルギー吸収係数

<O, Pの解答群>

- 1 固体増幅 2 液体増幅 3 ガス増幅 4 シンチレーション増幅
5 GM計数管 6 比例計数管 7 光電子増倍管

<Q, Rの解答群>

- 1 ガンマ分布 2 ポアソン分布 3 F分布 4 比例する 5 反比例する

[解答]

- I $\square A$ - 2 $\square B$ - 5 $\square C$ - 4 $\square D$ - 3 $\square E$ - 6 $\square F$ - 3
 $\square G$ - 2 $\square H$ - 4 $\square I$ - 8 $\square J$ - 10

注) $A : 10 [\text{J/kg}] \times 70 [\text{kg}] = 700 [\text{J}]$ (1 Gy = 1 J/kg)

B : 4.2 J のエネルギーは、1 cal の熱量に換算される。

全身に吸収される熱量は、 $700 \text{ [J]}/4.2 \text{ [J]}=166.7 \text{ [cal]}$ となり、1 g 当りに吸収される熱量は、 $166.7 \text{ [cal]}/70,000 \text{ [g]}=0.0024 \text{ [cal]}$ 、1 cal の熱量で 1 g の水が 1°C 上昇するから、 $0.0024 \text{ [}^\circ\text{C]}$ の上昇となる。

C : γ 線のエネルギーを E [J]、振動数を $\nu \text{ [s}^{-1}\text{]}$ 、波長を $\lambda \text{ [m]}$ 、光の速度を c とすると、光子のエネルギー E [eV] と波長 λ の関係は下記の①式で表される。

$$E=h\nu, \quad c=\nu\lambda,$$

$$E=hc/\lambda \dots\dots\dots \text{①}$$

今、波長 620 nm の赤色光の光子エネルギーが 2 eV なので、①式より、

$$2 \text{ [eV]}=hc/620 \text{ [nm]} \dots\dots\dots \text{②}$$

また、 γ 線 (0.66 MeV) の波長 λ は①式より、

$$6.6 \times 10^5 \text{ [eV]}=hc/\lambda \text{ [nm]} \dots\dots\dots \text{③}$$

②、③の式より、

$$6.6 \times 10^5 \text{ [eV]}=2 \times 620/\lambda \text{ [nm]}$$

$$\lambda=1,240/6.6 \times 10^5=1.88 \times 10^{-3} \text{ [nm]}$$

F : コンプトン効果での運動量保存とエネルギー保存の式より、

反跳電子のエネルギー E_e は、

$$E_e=h\nu-h\nu'=h\nu \cdot \{1-[1/\{1+(h\nu/m_0c^2) \cdot (1-\cos\theta)\}]\}$$

散乱光子が 180° 方向で反跳電子のエネルギーが最大 ($E_{e\text{max}}$) となる。

$$E_{e\text{max}}=h\nu \cdot \{(2h\nu/m_0c^2)/\{1+(2h\nu/m_0c^2)\}\}$$

入射 γ 線エネルギー $h\nu=0.66 \text{ [MeV]}$ 、

電子の静止質量 $m_0c^2=0.511 \times 10^6 \text{ [eV]}$ より、

$$2h\nu/m_0c^2=1.32 \times 10^6/0.511 \times 10^6=2.583$$

$$E_{e\text{max}}=0.66 \times 10^6 \{2.583/(1+2.583)\}=0.48 \times 10^6 \text{ [eV]}$$

G : ベーテの式より荷電粒子のエネルギー損失は、荷電粒子の速度の 2 乗に反比例する。

$$dE/dx \propto 1/v^2$$

荷電粒子の質量を M とすると、荷電粒子の運動エネルギーは、

$$E=(1/2) \cdot Mv^2 \text{ で表され、この式を変形すると、}$$

$$1/v^2=(1/2) \cdot M/E \text{ となる。}$$

これを、ベーテの式に代入すると、 $dE/dx \propto (1/2) \cdot M/E$ となる。

すなわち、エネルギー損失 (dE/dx) はエネルギー E に反比例する。

H : 線エネルギー付与は、粒子の軌跡に沿って放出される二次電子に与えられるエネルギーに制限 (カットオフ) を与えて評価をし、「制限された線衝突阻止能」とも呼ばれるが、カットオフをなくせば線衝突阻止能と等しくなる。

- II K-2 L-6 M-1 N-4 O-3 P-5
Q-2 R-5

注) L : 電離箱の容積が 100 mL、場の吸収線量率が 10 Gy/min、空気密度が 1.29 mg/mL、空気の W 値が 34 eV であるので、電離箱内の空気の質量は、

$$100 \text{ [mL]} \times 1.29 \text{ [mg/mL]}=129 \text{ [mg]}=1.29 \times 10^{-4} \text{ [kg]}$$

主任者 コーナー

1 [Gy]=1 [J/kg], 10 Gy/min なので, 1 秒あたりに直すと,

$$10 [\text{Gy}/\text{min}]/60=0.167 [\text{Gy}/\text{s}]$$

電離箱内の空気質量あたりでは,

$$0.167 [\text{Gy}/\text{s}]/1.6 \times 10^{-19} [\text{J}/\text{eV}] \times 1.29 \times 10^{-4} [\text{kg}] = 1.34 \times 10^{14} [\text{eV}/\text{s}]$$

空気の W 値で除して電荷素量に乗じれば 1 秒あたりの電荷量が求められる。

$$1.34 \times 10^{14} [\text{eV}/\text{s}]/34 [\text{eV}] \times 1.6 \times 10^{-19} [\text{C}] = 6.32 \times 10^{-7} [\text{C}/\text{s}]$$

回路に流れる電流は, $6.3 \times 10^{-7} [\text{C}/\text{s}] = 6.3 \times 10^{-7} [\text{A}]$

M: 前項より, 10 [Gy/min] で $6.31 \times 10^{-7} [\text{A}]$

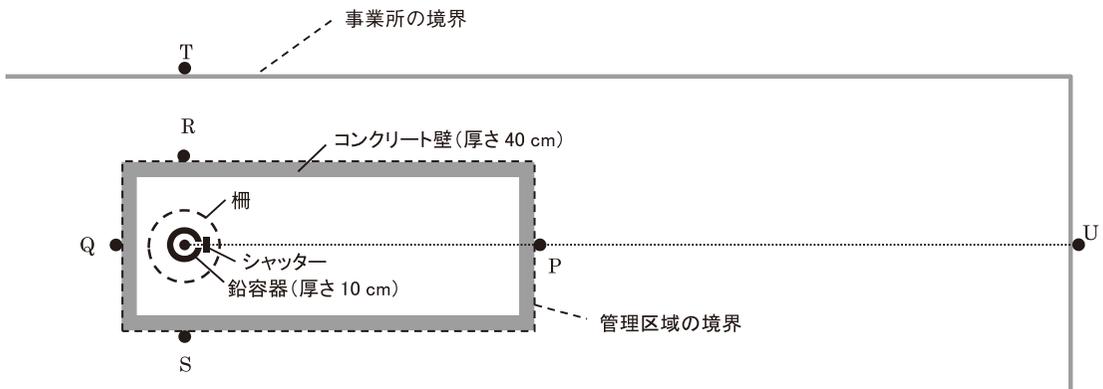
毎時 0.05 [$\mu\text{Gy}/\text{h}$], すなわち,

$$0.05 \times 10^{-6} [\text{Gy}/\text{h}] \div 3,600 = 1.39 \times 10^{-11} [\text{Gy}/\text{s}] \text{ では,}$$

$$6.31 \times 10^{-7} [\text{A}] \times (1.39 \times 10^{-11} [\text{Gy}/\text{s}] / 0.167 [\text{Gy}/\text{s}]) = 5.3 \times 10^{-17} [\text{A}]$$

R: 計数率の誤差は $\sqrt{(\text{計数率})}$ であり, 相対誤差は $\sqrt{(\text{計数率})} / (\text{計数率})$ である。

問3 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。



ある事業所では, コンクリート壁 (厚さ 40 cm) で囲まれた γ 線照射施設において, ^{60}Co 密封線源 (60 GBq) 1 個のみを装備した照射装置を使用している。

γ 線照射施設の管理区域の境界はコンクリート外壁面とし, その外壁面上の点 P, Q, R, S は線源からそれぞれ 18 m, 3 m, 4 m, 4 m 離れている。また, 事業所の境界については, 線源から最も近い点 T は線源から 8 m, 照射方向である点 P の延長上の点 U は線源から 50 m 離れている。

密封線源はシャッター付き鉛容器 (容器, シャッターともに厚さ 10 cm) に収納されており, 線源周辺には, 人が立ち入ることができないよう半径 2 m の柵が設けられている。

鉛容器のシャッター操作は柵外 (管理区域内) から行われ, シャッターが閉じている時 (線源保管時) は全方向に対して鉛 10 cm の遮蔽能力があり, また, 鉛容器の照射口は点 P 方向に十分にコーリメートされているものとする。なお, 点 P から点 U の間には放射線をさえぎるものはなく, 散乱線及びスカイシャインの影響は考えないものとする。

I この施設では、3月間で最大200時間まで線源の使用が認められている。管理区域の境界における3月間の実効線量の最大値は mSv (点 の地点) となり、また、事業所の境界における3月間の実効線量の最大値は μ Sv (点 の地点) となる。これらの値は、法令に定める3月間の実効線量である mSv (管理区域の設定値) 及び μ Sv (事業所境界の実効線量限度) を超えない。

ただし、評価時間は、管理区域の境界では3月間につき500時間、事業所の境界では3月間につき2,184時間とし、計算には下表の値を用いるものとする。

線源	実効線量率定数 [μ Sv \cdot m ² \cdot MBq ⁻¹ \cdot h ⁻¹]	実効線量透過率	
		鉛 10 cm	コンクリート 40 cm
⁶⁰ Co	3.1×10^{-1}	4.8×10^{-3}	6.2×10^{-2}

<A~Dの解答群>

1 0.58 2 0.72 3 0.88 4 1.0 5 1.2 6 1.3 7 5.6 8 13
9 55 10 96 11 190 12 230 13 250 14 450 15 500

<ア, イの解答群>

1 P 2 Q 3 R 4 S 5 T 6 U

II 照射する放射線量は、線源から照射対象までの距離や照射時間を変更することで調整が可能である。たとえば、実効線量率で1時間当たり1 mSvに相当する放射線を照射したい場合、線源から m の位置に照射対象を配置すればよく、また、実効線量で10 mSvに相当する放射線を照射したい場合、線源から2 mの位置であれば 時間照射すればよい。

なお、本施設において、人が常時立ち入る場所の実効線量の最大値は1週間当たり mSv であり、法令に定める実効線量限度 (1週間につき mSv) を超えない。ただし、照射時には管理区域内に立ち入ることはできるが、照射方向には人が立ち入らないものとする。また、評価地点は柵上の点とし、線源までの距離は2 m、評価時間は40時間とする。

<E~Hの解答群>

1 0.26 2 0.54 3 0.89 4 1.0 5 1.2 6 1.3 7 2.2 8 3.2
9 4.3 10 6.5 11 7.2 12 8.9 13 10 14 13 15 15

III この事業所では外部機関から照射の依頼が増えたため、線源の3月間における使用時間の延長を検討している。使用時間を延長する場合、点 及び点 の実効線量を再評価する必要がある。検討の結果、点 の再評価結果より、使用時間は最大で3月間当たり 時間まで延長することが可能である。

<ウ, エの解答群>

1 P 2 Q 3 R 4 S 5 T 6 U

<Iの解答群>

1 280 2 320 3 360 4 400 5 440 6 480 7 500

IV 次に ⁶⁰Co 線源について考えてみる。⁶⁰Co は、主に の中性子捕獲反応を利用して生成され

主任者 コーナー

る。 ^{60}Co は、年の半減期でする核種であり、後直ちに2本の γ 線が放出され、それらのエネルギーは小さい方からMeV、MeVである。

^{60}Co 線源は、小線源から大量線源まで幅広く利用されており、特に、や耐放射線試験などに用いる大量線源の大半は、 ^{60}Co 線源が利用されている。

<オ～キの解答群>

- 1 ^{59}Fe 2 ^{59}Co 3 ^{60}Fe 4 ^{60}Co 5 ^{60}Ni 6 ^{61}Ni 7 α 壊変
 8 β 壊変 9 電子捕獲 10 核異性体転移 11 放射線滅菌 12 非破壊検査
 13 ガスクロマトグラフ 14 厚さ計

<Jの解答群>

- 1 2.6 2 5.3 3 30 4 74 5 430

<K, Lの解答群>

- 1 0.06 2 0.12 3 0.17 4 0.51 5 0.66 6 0.93 7 1.17 8 1.27
 9 1.33 10 1.46

[解答]

- I -2 -11 -6 -13 -1 -5

注) 密封線源の照射による実効線量は以下の式により求めることができる。

$$\begin{aligned} \text{実効線量} [\mu\text{Sv}] &= \text{実効線量率定数} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \\ &\quad \times \text{密封線源の放射能} [\text{MBq}] \times \text{時間} [\text{h}] \div \text{線源との距離の2乗} [\text{m}^2] \\ &\quad \times \text{遮蔽体の実効線量透過率} \dots\dots\dots \text{①} \end{aligned}$$

また、

管理区域の境界：3月間（500時間）の実効線量は使用時間（200時間）と未使用時間（300時間）の実効線量の合算である。

事業所の境界：3月間（2,184時間）の実効線量は使用時間（200時間）と未使用時間（1,984時間）の実効線量の合算である。

A： ^{60}Co 線源（60 GBq）を3月間で200時間使用した場合の各管理区域の境界（P, Q, R, S）における3月間の実効線量は、①の式に以下の数値を代入して求めることができる。

$$\begin{aligned} \text{点P} &: 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 200 [\text{h}] \div 18^2 [\text{m}^2] \\ &\quad \times 6.2 \times 10^{-2} + 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \\ &\quad \times (500 - 200) [\text{h}] \div 18^2 [\text{m}^2] \times 4.8 \times 10^{-3} \times 6.2 \times 10^{-2} \\ &= 717 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{点Q} &: 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 500 [\text{h}] \div 3^2 [\text{m}^2] \\ &\quad \times 4.8 \times 10^{-3} \times 6.2 \times 10^{-2} \\ &= 308 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{点R, S} &: 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 500 [\text{h}] \div 4^2 [\text{m}^2] \\ &\quad \times 4.8 \times 10^{-3} \times 6.2 \times 10^{-2} \\ &= 173 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

上記の結果より、管理区域の境界の3月間の実効線量の最大値は、点Pの0.717 mSvとなる。

注意：単位を揃えるように式を立てる。

B： ^{60}Co 線源（60 GBq）を3月間で200時間使用した場合の事業所の境界（T, U）における3月

間の実効線量は、①の式に以下の数値を代入して求めることができる。

$$\begin{aligned} \text{点 T: } & 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 2,184 [\text{h}] \\ & \div 8^2 [\text{m}^2] \times 4.8 \times 10^{-3} \times 6.2 \times 10^{-2} \\ & = 188.9 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{点 U: } & 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 200 [\text{h}] \div 50^2 [\text{m}^2] \\ & \times 6.2 \times 10^{-2} + 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \\ & \times (2,184 - 200) [\text{h}] \div 50^2 [\text{m}^2] \times 4.8 \times 10^{-3} \times 6.2 \times 10^{-2} \\ & = 96.64 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

上記の結果より、事業所の境界の3月間の実効線量の最大値は、点Tの188.9 μSvとなる。

C, D: 法令で定められている管理区域境界及び事業所境界の3月間の実効線量の設定値は、それぞれ、1.3 mSv 及び 250 μSv である。

(則第1条第1号, 則第14条の7第1項第3号, 平成12年10月23日科学技術庁告示第5号第4条第1号, 同告示第5号第10条第2項第1号)

II E - 9 F - 7 G - 3 H - 4

注) E: 照射による実効線量率を1 mSv/hにするために必要な線源からの距離は①の式に以下の数値を代入することにより求めることができる。

$$\begin{aligned} 1 \times 10^3 [\mu\text{Sv}/\text{h}] &= 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 1 [\text{h}] \div X^2 [\text{m}^2] \\ X [\text{m}] &= 4.31 \end{aligned}$$

F: 同様に、①の式に数値を代入して求めることができる。

$$\begin{aligned} 1 \times 10^4 [\mu\text{Sv}/\text{h}] &= 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times T [\text{h}] \div 2^2 [\text{m}^2] \\ T [\text{h}] &= 2.15 \end{aligned}$$

G: 人が常時立ち入る場所の1週間当たりの実効線量の最大値は柵のある線源から2 m離れた場所である。そこで、①の式に数値を代入して求めることができる。

$$\begin{aligned} 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 40 [\text{h}] \div 2^2 [\text{m}^2] \times 4.8 \times 10^{-3} \\ = 892.8 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

III ウ - 1 エ - 6 イ - 3

注) ウ, エ: 使用時間を延長することにより、管理区域及び事業所の境界における3月間の実効線量が最も大きいそれぞれ点P, 点Uを再評価する必要がある。

I: 管理区域の境界である点P及び事業所の境界である点Uでのそれぞれの3月間の実効線量の限度値(管理区域の境界: 1.3 mSv, 事業所の境界: 250 μSv)に達するまでの使用時間数を求める。

$$\begin{aligned} \text{点 P: } & 1.3 \times 10^3 [\mu\text{Sv}] \\ & = 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times T [\text{h}] \div 18^2 [\text{m}^2] \\ & \quad \times 6.2 \times 10^{-2} + 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \\ & \quad \times (500 - T) [\text{h}] \div 18^2 [\text{m}^2] \times 4.8 \times 10^{-3} \times 6.2 \times 10^{-2} \\ T &= 367 [\text{h}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{点 U: } & 250 [\mu\text{Sv}] = 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times T [\text{h}] \\ & \quad \div 50^2 [\text{m}^2] \times 6.2 \times 10^{-2} + 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \\ & \quad \times 60 \times 10^3 [\text{MBq}] \times (2,184 - T) [\text{h}] \div 50^2 [\text{m}^2] \times 4.8 \times 10^{-3} \times 6.2 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

主任者 コーナー

$$T=534 \text{ [h]}$$

上記の結果より、3月間の実効線量限度を超えない最大使用時間は、点Pの367時間である。

IV オ-2 カ-8 キ-11 J-2 K-7 L-9

注) ^{60}Co の主なデータ

- ・主な生成反応： $^{59}\text{Co}(n, \gamma)^{60}\text{Co}$
- ・半減期：5.27年
- ・壊変形式： β^- 壊変
- ・主な放射線： γ 線 (1.173 MeV, 1.332 MeV), β 線 (318 keV, 1.491 MeV)
(アイソトープ手帳 11版 (日本アイソトープ協会) より引用)

問4 放射性セシウム (Cs) に関する次のI～IV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 CsはA, RbなどとともにBに属する元素であり、多くの種類の放射性同位体を持つ。その中の一つ ^{134}Cs が土壌などの環境試料に検出された場合、 ^{134}Cs はCに由来すると考えてよい。検出された ^{134}Cs が ^{137}Cs とは異なり、Dに由来しないとする理由は、 ^{134}Cs のEは極めて小さく、Eの大きい親核種も存在しないが、 ^{134}Cs は、核分裂の結果として原子炉内で生じ蓄積された安定核種 ^{133}Cs が、中性子に長時間照射されて、(n, γ)反応により生成すると考えられるからである。このような ^{134}Cs が ^{137}Cs と混在する試料において、これら両核種の放射能を精度よく測定するのに最も適した放射線測定器はFである。

<A, Bの解答群>

- 1 Ce 2 Cl 3 K 4 Sr 5 アルカリ金属 6 アルカリ土類金属
7 希土類 8 ハロゲン

<C～Eの解答群>

- 1 宇宙線による核反応 2 地殻中の ^{238}U 3 原子力発電所の事故 4 核実験
5 中性子放射化断面積 6 核分裂収率 7 同位体交換反応速度 8 壊変定数

<Fの解答群>

- 1 Ge検出器 2 NaI(Tl)検出器 3 比例計数管 4 GM計数管

II ^{134}Cs (半減期：750日) 及び ^{137}Cs (半減期：11,000日) の地表面沈着に対し、サーベイメータを用いて、空間線量率の測定を行った。このときに測定・表示された値は1時間当たりのGである。光子に対するこのGの値は、防護量 (防護基準を定める量) の一つであるHよりも常に大きい値となる。これら両核種の地表面沈着濃度が同じとき、 ^{134}Cs のGへの寄与は、 ^{137}Cs と比べI。両核種の沈着濃度は時間の経過とともに変化する。沈着濃度が同じであった時点から1年後においては、放射能比 ($^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$) はおおよそJになる。その後もこの比は減少していくが、その比が半分になる日数は、Kで計算できる。

<G～Iの解答群>

- 1 計数 2 3mm線量当量 3 照射線量 4 1cm線量当量 5 実効線量
6 γ 線フルエンス 7 小さい 8 ほぼ同じである 9 大きい

<J, K の解答群>

- 1 0.58 2 0.62 3 0.67 4 0.73 5 0.80 6 $\frac{1}{1/750+1/11,000}$
 7 $\frac{1}{1/750-1/11,000}$ 8 [11,000+750] 9 [11,000-750]

III ^{134}Cs 及び ^{137}Cs で汚染された土壌の、皮膚の一部分への付着に対し、皮膚の線量評価を行った。皮膚への線量は、主に、これらの核種から放出される [L] による皮膚の [M] に起因する。

有効窓面積 20 cm^2 の端窓型 GM 管式サーバイメータで土壌付着部位を測定したところ、正味の計数率 $1,200\text{ cpm}$ が得られた。なお、土壌は、サーバイメータの窓面積よりも十分広い範囲に付着していた。このサーバイメータの計数効率（計数率 $[\text{s}^{-1}]$ / 放射能 $[\text{Bq}]$ ）として、両核種に対し同じ値、25%を仮定し、付着部位の放射能面密度を評価した。その結果、これら両核種合わせた放射能面密度として、 [N] $\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ が得られた。この値に、ICRU Report 56 に掲載されている皮膚表面からの深さ [O] における吸収線量率 $[\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{cm}^2]$ と土壌が付着していた時間 [h] とを乗じ、さらに [L] の放射線加重係数を乗じて [O] 線量当量への [L] の寄与分を評価した。

<L, M の解答群>

- 1 α 線 2 β 線 3 γ 線 4 中性子 5 オージェ電子 6 内部被ばく
 7 サブマージョン 8 外部被ばく

<N の解答群>

- 1 1.5 2 2.5 3 4.0 4 6.0 5 9.0 6 12 7 15 8 20
 9 30 10 50

<O の解答群>

- 1 $70\ \mu\text{m}$ 2 0.4 mm 3 3 mm 4 1 cm

IV ^{134}Cs 及び ^{137}Cs で汚染された食品の摂取に対し、内部被ばく線量評価を行った。内部被ばくでは、ある適切な将来の期間に亘り、摂取された放射性物質から受けると予測される総線量、すなわち [P] 実効線量が評価される。実効線量係数 $[\text{mSv}\cdot\text{Bq}^{-1}]$ の算出においては、成人に対するその期間は、摂取してから [Q] と設定されている。

ホールボディカウンタによる測定で、ある成人被検者から、 ^{134}Cs が 450 Bq 、 ^{137}Cs が 450 Bq 検出された。線量評価の目的には、放射性 Cs の消化管吸収率は、 [R] と仮定されている。また、消化管から体内に吸収された放射性 Cs は、 [S] に分布し、その後、成人では、体内量の 10% は生物学的半減期 2 日で、90% は生物学的半減期 110 日で減少すると仮定されている。これらの核種は、測定日の 110 日前の 1 日間で摂取されたと推定された。以上の情報に基づき、この被検者の各核種の摂取量を評価したところ、 ^{134}Cs はおよそ $1,100\text{ Bq}$ 、 ^{137}Cs はおよそ [T] Bq と評価された。このようにして評価された各核種の摂取量に各々の核種に対する実効線量係数を乗じ、この食品摂取による [P] 実効線量を評価した。

<P, Q の解答群>

- 1 預託 2 積算 3 蓄積 4 生涯 5 60歳まで 6 65歳まで
 7 70歳まで 8 75歳まで 9 10年間 10 20年間 11 30年間 12 50年間

主任者 コーナー

<R の解答群>

1 0.01 2 0.02 3 0.05 4 0.1 5 0.5 6 1.0

<S の解答群>

1 全身にほぼ均等 2 骨に特異的 3 膀胱ぼうこうに特異的 4 甲状腺に特異的

<T の解答群>

1 600 2 700 3 800 4 900 5 1,000 6 1,100 7 1,200
8 1,300 9 1,400 10 1,500

[解答]

I **A** - 3 **B** - 5 **C** - 3 **D** - 4 **E** - 6 **F** - 1

注) C~E: ^{235}U の熱中性子誘起核分裂反応による ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の収率 (累積収率) はそれぞれ $7.7 \times 10^{-6}\%$ 、 6.2% であり (JENDL-4.0 から引用), 核分裂での ^{134}Cs の生成は極めて少ない。一方, ^{133}Cs の核分裂収率は 6.7% 、熱中性子による $^{133}\text{Cs}(n, \gamma)^{134}\text{Cs}$ 反応の断面積は 28.9 バーンと大きいので、原子炉内の ^{134}Cs は、主に、中性子捕獲反応で生成するといえる。

F: ^{134}Cs 及び ^{137}Cs は、 β 崩壊後に、表に示す γ 線を放出する (アイソトープ手帳 11 版から引用)。これらの混合試料を精密に測定するには、各核種からの γ 線ピークを個別に解析することが必要であり、エネルギー分解能が最も良い Ge 検出器の使用が適する。なお、NaI(Tl) 検出器の感度は同じ大きさの Ge 検出器に比べて高いが、エネルギー分解能はかなり劣る。比例計数管は気体を利用した検出器であり、数百 keV の γ 線に対する感度は非常に低い。GM 計数管はエネルギー弁別能力を持たない。

表 主な γ 線エネルギーと放出率

核種	エネルギー (keV)	放出率 (%)
^{134}Cs	563	8.4
	569	15.4
	605	97.6
	796	85.5
	802	8.7
	1,365	3.0
^{137}Cs	662	85.1

II **G** - 4 **H** - 5 **I** - 9 **J** - 4 **K** - 7

注) G: 管理区域等の空間線量測定は、法令上、 1 cm 線量当量率または 1 cm 線量当量について行うことになっている。したがって、空間線量率測定用サーベイメータの表示値は、ほとんどの場合、 1 時間当たりの 1 cm 線量当量である。

I: 表のデータより、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の 1 Bq 当たりの γ 線放出率の和は、それぞれ 219% 、 85% であり、 ^{134}Cs の方が多くの γ 線を放出する。一方、 ^{134}Cs の γ 線の平均エネルギーは 693 keV であり、 ^{137}Cs の 662 keV とほぼ同じである。以上のことから、 1 cm 線量当量への寄与は、 ^{134}Cs の方が大きい。

J, K: ^{134}Cs (750 日) と ^{137}Cs ($11,000$ 日) の半減期を比較すると ^{134}Cs の方が短い。半減期の短い

放射性核種の方が単位時間当たりの放射能は減り方が大きいので、放射能比 ($^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$) は、時間経過と共に小さくなる。

正確に比較すると、 t 日後の放射能比 $R(t)$ は、

$$R(t) = (1/2)^{t/750} / (1/2)^{t/11,000} \quad \text{と書ける} \quad (R(0) = 1 \text{ の場合})。$$

この式に $t=365$ を代入すると、 $R=0.73$ が得られる。

また、 $R=1/2$ を代入し、両辺について、底が $1/2$ の対数を取ると、放射能比が半分になる日数 T は次のように求まる。

$$1 = T/750 - T/11,000 \quad \therefore T = 1 / (1/750 - 1/11,000)$$

Ⅲ L - 2 M - 8 N - 3 O - 1

注) L, M: ^{134}Cs 及び ^{137}Cs は β 線と γ 線を放出するが、 γ 線は薄い皮膚を透過しやすいので、皮膚への外部被ばくの影響は主に β 線に起因する。

N: 放射能面密度 D [Bq/cm^2] は、次のように求まる。

$$D = \{ (1,200 \text{ [cpm]}/60 \text{ [sec/min]}) / 0.25 \text{ [cps/Bq]} \} / 20 \text{ [cm}^2] = 4.0 \text{ [Bq/cm}^2]$$

O: 皮膚の被ばく線量は、 $70 \mu\text{m}$ 線量当量で評価する。

Ⅳ P - 1 Q - 12 R - 6 S - 1 T - 5

注) R, S: セシウムの体内動態モデルは、ICRP Publ.78 にまとめられている。それによると、線量評価の際には、消化管吸収率 f を 1.0 とし、全身に均等に分布するとみなす。

T: 体内に吸収された放射性核種は、物理的半減期と生物学的半減期の相乗効果で減少していく。 ^{137}Cs の物理的半減期は 11,000 日、生物学的半減期は 2 日 (体内量の 10%) 及び 110 日 (同 90%) の 2 成分があることから、 A_0 Bq を摂取してから t 日後の体内放射能 $A(t)$ は、次の式で計算できる。

$$A(t) = A_0 (1/2)^{t/11,000} \{ 0.1 \times (1/2)^{t/2} + 0.9 \times (1/2)^{t/110} \} \times f$$

$t=110$, $f=1$, $A(110)=450$ を代入して、適当に近似すると摂取量 A_0 は以下のよう求まる。

$$450 = A_0 (1/2)^{110/11,000} \{ 0.1 \times (1/2)^{110/2} + 0.9 \times (1/2)^{110/110} \} \times 1$$

$$450 \approx A_0 \times 1 \times \{ 0.1 \times 0 + 0.9 \times 0.5 \} \times 1$$

$$\therefore A_0 = 1,000 \text{ [Bq]} \quad (\text{正確に計算すると } 1,007 \text{ [Bq]})$$

上記の式のように、 ^{137}Cs の物理的半減期 (11,000 日) を考えると、経過日数 110 日はその $1/100$ であり、物理的半減期を無視することができる。また、生物学的半減期が 2 日である体内量の 10% の ^{137}Cs は生物学的半減期の $110/2=55$ 倍経過しているため、ほとんど体外に排出されていると考えられる。

問 5 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 地球大気 (海面近くの清浄な乾燥空気) の組成 (体積含量%) は、割合の大きい方から順に、窒素 (N_2) 78.1%, 酸素 (O_2) 21.0%, アルゴン (Ar) 0.9% である。Ar は地球大気で 3 番目に多い成分であるが、その由来について同位体に着目しながら考えてみる。

同位体とは原子核内における A の数が等しく、 B の数が異なる原子のことをいう。

アルゴンの同位体のうち安定なものとして、 ^{36}Ar , ^{38}Ar 及び ^{40}Ar がある。なお、 ^{38}Ar の原子核における B の数は ア 個である。また、 ^{38}Ar の核外電子の数は イ 個である。

主任者 コーナー

<A, B の解答群>

1 中性子 2 中性微子 3 陽子 4 陽電子 5 電子 6 正孔

<ア, イの解答群>

1 15 2 16 3 17 4 18 5 19 6 20 7 21 8 22

II 宇宙全体におけるアルゴンの主な生成過程の一つに、恒星内元素合成がある。太陽などの恒星の中心では核融合反応により、様々な元素が生み出されている。この核融合反応の第一段階は水素の原子核 2 個が融合して、重水素の原子核 (^2H) を生じる反応である。



この式で、 e^- は を、 ν はニュートリノ (中性微子) を表す。 e^- は電子に衝突すると を起こし、複数本の電磁波を発生する。この電磁波のエネルギーの総和は、 1 事象当たり約 MeV である。

引き続き幾つかの反応過程を経て、結果的に、4 個の水素原子から 1 個の ^4He が生成される。更に、恒星の質量にも依存するが、複数個の ^4He が核融合を繰り返し、 ^8Be 、、 ^{16}O 、 ^{20}Ne などの原子核が生成する (アルファ反応)。この反応により、原子核を構成する核子の数が ^4He の原子核を構成する核子の数の整数倍であるものは、比較的生成しやすい。

このことから、宇宙全体では、3 種類のアルゴン安定同位体のうち の存在比が最も大きいと予想される。実際、太陽大気における の同位体存在度は 84.2% である事が知られている。

<C, D の解答群>

1 中性子 2 陽子 3 陽電子 4 電子 5 正孔 6 ミュー粒子
7 電子対生成 8 電子対消滅 9 レイリー散乱 10 コンプトン散乱

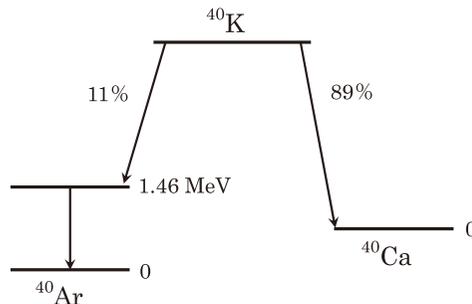
<ウの解答群>

1 0.51 2 1.02 3 2.04 3 4.08

<E, F の解答群>

1 ^{12}B 2 ^{12}C 3 ^{12}N 4 ^{12}O 5 ^{36}Ar 6 ^{38}Ar 7 ^{39}Ar 8 ^{40}Ar

III 恒星内元素合成とは異なるアルゴンの主要な生成過程に、 ^{40}K の壊変がある。次の壊変図のように、 ^{40}K の壊変には により ^{40}Ca を生じる場合と、 により ^{40}Ar を生じる場合がある。



^{40}K は地球のような岩石型惑星には普遍的に存在し、半減期は約 12.5 億年である。地球が形成されたのは約 46 億年前と考えられるので、地球形成当初に存在した ^{40}K のうち % は既に壊変し、

壊変した⁴⁰Kの[オ] %の原子数の⁴⁰Arが生じていると考えられる。つまり、現在の地球上には地球形成時に存在した⁴⁰Kの[カ] %の原子数の⁴⁰Arが存在すると考えられる。

なお、地球大気におけるアルゴン同位体の99.6%は⁴⁰Arである。このことから、アルゴンが地球大気中で3番目に多い成分である理由は、⁴⁰Kの壊変で生成した⁴⁰Arが大気圏内に蓄積された結果と考えられている。

<G, Hの解答群>

- 1 α壊変 2 β⁺壊変 3 β⁻壊変 4 EC壊変 5 核異性体転移
6 内部転換 7 中性子捕獲 8 自発核分裂

<エ~カの解答群>

- 1 1.5 2 10 3 11 4 18 5 69 6 84 7 92 8 96

IV 現在の地球における天然のKのうち、⁴⁰Kの同位体存在度を0.012%とすると、Kの重量1g当たりに含まれる⁴⁰Kの原子数は約[キ]個であり、その放射能は約[ク]Bqである。ただし、Kの原子量を39とする。また⁴⁰Kの半減期の12.5億年は 3.9×10^{16} 秒とする。

また、Kは生体に必要不可欠な元素であり、人体(体重70kgとする)にも平均で約4,400Bqの⁴⁰Kが含まれ、[I]に分布していることが知られている。また、このことによる年間被ばく線量の推定は[ケ]mSv(国連科学委員会2000年報告書)と示されている。

また応用として、⁴⁰Kの放射性壊変を利用した年代測定が行われており、「カリウム-アルゴン法」が[J]を試料とする分析に用いられる。

<キの解答群>

- 1 1.4×10^{14} 2 1.5×10^{15} 3 1.6×10^{16} 4 1.7×10^{17} 5 1.8×10^{18}
6 1.9×10^{19}

<ク, ケの解答群>

- 1 0.017 2 0.032 3 0.17 4 0.32 5 1.7 6 3.2 7 17 8 32
9 170 10 320 11 1,700 12 3,200

<Iの解答群>

- 1 骨 2 脾臓 3 甲状腺 4 全身

<Jの解答群>

- 1 骨や貝殻 2 氷河や南極の氷 3 木製品や紙 4 岩石や鉱物

[解答]

I [A]-3 [B]-1 [ア]-6 [イ]-4

注) ア: Arは周期律表上、He, Neに次ぐ第3周期の希ガス元素であり、原子番号18(陽子の数)の元素である。

II [C]-3 [D]-8 [ウ]-2 [E]-2 [F]-5

注) C, D, ウ: 電子と陽電子(e⁺)が衝突して消滅する電子対消滅では、それぞれの静止エネルギーに相当する0.511MeVのエネルギーを持つ2本の消滅放射線(電磁波)が互いに反対方向に放出される。したがって、電磁波のエネルギーの総和は、電子対消滅1事象当たり約1.02MeVとなる。

注) E, F: 恒星内で⁴Heを原料とした核融合反応が進行するので、生成核を構成する陽子及び中性子

主任者 コーナー

の数は ${}^4\text{He}$ 原子核を構成するそれぞれの核子の数の整数倍となる。

Ⅲ -3 -4 -7 -3 -2

注) エ：地球形成当初に存在した ${}^{40}\text{K}$ の原子数を N_0 ，現在までに壊変した原子数を N_d とすると，

$$N_d = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 \{1 - (1/2)^{t/T}\} \dots\dots\dots (1)$$

(λ ， T ， t は，それぞれ，壊変定数， ${}^{40}\text{K}$ の半減期，地球形成後の経過時間)

と表される。 $t/T = 46/12.5 \approx 3.7$ より，現在までに地球形成から約 3.7 半減期が経過しているが，もし経過時間が 3 半減期であるとする，(1) 式を元に計算すると，地球形成当初に存在した ${}^{40}\text{K}$ の約 88% が壊変したことになる。また，経過時間を 4 半減期とするならば，約 94% が壊変したことになる。したがって， $88 < \text{エ} < 94$ の関係となる。

オ，カ：壊変図より，壊変した ${}^{40}\text{K}$ の 11% が ${}^{40}\text{Ar}$ となるので，現在の地球上には地球形成時に存在した ${}^{40}\text{K}$ の約 10% ($92\% \times 0.11$) の原子数の ${}^{40}\text{Ar}$ が存在することになる。

Ⅳ -5 -8 -3 -4 -4

注) キ：1 g の K の原子数は，K の原子量が 39 (39 g/mol) だから，アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とすると， $6.0 \times 10^{23} \times (1/39) = 1.5 \times 10^{22}$ [個]

${}^{40}\text{K}$ の同位体存在度は 0.012% だから，

$$1.5 \times 10^{22} \times (0.012/100) = 1.8 \times 10^{18} \text{ [個]}$$

ク：放射能 $A = \lambda N$ ($\lambda = \ln 2/T = 0.69/T$) より，

$$A \text{ [Bq]} = \{0.69 / (3.9 \times 10^{16} \text{ [秒]})\} \times (1.8 \times 10^{18}) \approx 32 \text{ [Bq]}$$

管 理 技 術 II

次の各問について、1 から 5 までの 5 つの選択肢のうち、適切な答えを 1 つだけ 選び、注意事項に従って解答用紙に記入せよ。

問 1 次の量と単位の関係のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 放射能 — s^{-1}
 B 壊変定数 — s^{-1}
 C 粒子フルエンス — m^{-2}
 D カーマ — $J \cdot kg^{-1}$

- 1 ABC のみ 2 ABD のみ 3 ACD のみ 4 BCD のみ 5 ABCD すべて

〔解答〕

5

注) 全て定義に対応した単位である。壊変定数は、壊変定数=0.693/半減期の関係にある。

問 2 β^- 壊変に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 質量数が 1 だけ増加する。
 B 核内の中性子が陽子に変わる現象である。
 C 親核と娘核の質量差が電子の質量の 2 倍より大きくないと起こらない。
 D 壊変のエネルギーは、娘原子、電子、反ニュートリノの 3 体に分配される。

- 1 A と B 2 A と C 3 B と C 4 B と D 5 C と D

〔解答〕

4

注) A：誤 原子番号が 1 だけ増加する。

C：誤 β^- 壊変ではなく、 β^+ 壊変が起こる条件である。

問 3 β^- 壊変をする核種の組合せは、次のうちどれか。

- A ^{87}Rb
 B ^{99}Tc
 C ^{137}Cs
 D ^{210}Pb

- 1 ABC のみ 2 ABD のみ 3 ACD のみ 4 BCD のみ 5 ABCD すべて

〔解答〕

5

主任者 コーナー

- 注) A : $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr} + e + \bar{\nu}$
 B : $^{99}\text{Tc} \rightarrow ^{99}\text{Ru} + e + \bar{\nu}$
 C : $^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{137\text{m}}\text{Ba} + e + \bar{\nu}$ (94.4%), $^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{137}\text{Ba} + e + \bar{\nu}$ (5.6%)
 D : $^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{210}\text{Bi} + e + \bar{\nu}$, $^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{206}\text{Hg} + \alpha$ ($1.9 \times 10^{-6}\%$)

問4 0.5 MBq の ^{40}K の質量 [g] として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{40}K の半減期は 4.0×10^{16} 秒、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

- 1 0.38 2 0.76 3 1.9 4 3.8 5 7.6

〔解答〕

3

- 注) ^{40}K の原子数は、 $0.5 \times 10^6 \div \{0.693 / (4.0 \times 10^{16})\} = 2.9 \times 10^{22}$ [個]
 したがって、質量は、 $40 \times \{2.9 \times 10^{22} / (6.0 \times 10^{23})\} = 1.9$ [g] である。

問5 放射性核種の半減期に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 半減期の短い核種ほど、壊変定数は小さい。
 B 体内に取り込まれた核種の有効半減期は、物理的半減期よりも短い。
 C 放射性核種の平均寿命は半減期よりも短い。
 D 親核種の半減期よりも娘核種の半減期の方が長いとき、放射平衡は成立しない。

- 1 A と B 2 A と C 3 A と D 4 B と C 5 B と D

〔解答〕

5

- 注) A : 誤 半減期と壊変定数は反比例の関係にある。
 B : 正 $1/\text{有効半減期} = 1/\text{物理的半減期} + 1/\text{生物学的半減期}$
 で表され、有効半減期は、物理的半減期及び生物学的半減期より短くなる。
 C : 誤 平均寿命は、放射性原子核数が $1/e$ に減少する時間で、半減期の 1.44 倍である。

問6 A~D の荷電粒子によって生成されるスパーク (スプール) について、その間隔の大きい方から順に正しく並んでいるものは、次のうちどれか。

- A 0.1 MeV 電子 B 1 MeV 電子 C 10 MeV 陽子 D 10 MeV α 粒子

- 1 C > B > A > D
 2 D > C > B > A
 3 A > B > C > D
 4 D > C > A > B
 5 B > A > C > D

〔解答〕

5

- 注) LET が大きいほどスパークの間隔は小さくなる。電子線は低 LET 放射線であり、重粒子線は高 LET 放射線である。0.1 MeV と 1 MeV の電子、10 MeV の陽子と同エネルギーの α 粒子の LET は、それぞれ約 0.4, 0.2, 4.7, 56 keV/ μm で、スパークの間隔は、それぞれ約 150, 300, 13, 1.1 nm である。

問7 β 線と物質との相互作用及びそれに伴って生じる制動放射線に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 制動放射線は、原子核のクーロン場との相互作用により生じる。
- B β 線の飛程は、最大エネルギーのほぼ2乗に比例する。
- C β 線のエネルギーが高いほど比電離も大きい。
- D 制動放射線のエネルギー分布は、連続スペクトルを示す。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

〔解答〕

3

注) B：誤 β 線の最大エネルギーEとAl中の飛程Rの関係について、以下のような経験式(Featherの式)が求められ、Eのほぼ2乗に比例するような関係ではない。

$$R = 0.407E^{1.38} \quad (0.8 > E > 0.15 \text{ MeV}), \quad R = 0.542E - 0.133 \quad (E > 0.8 \text{ MeV})$$

C：誤 比電離は β 線のエネルギーが高くなるにつれて小さくなるが、速度が光速に近づくとほぼ一定になる。

問8 コンプトン散乱に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A コンプトン散乱は光子の粒子性を示す現象である。
- B 入射光子の波長は散乱光子の波長よりも長い。
- C 散乱光子が入射光子の飛来した方向へ戻る場合に、散乱光子のエネルギーは最小になる。
- D スペクトルに現れるコンプトンエッジの位置(エネルギー)は検出器の素材により異なる。

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

〔解答〕

1

注) B：誤 コンプトン散乱では、散乱光子の波長が入射光子の波長より長くなる。

C：正 コンプトン電子のエネルギーが最大に、散乱光子のエネルギーが最小になる。

D：誤 コンプトンエッジのエネルギーは、入射 γ 線のエネルギーのみによって決まる。

問9 サーベイメータによる空間線量率の測定に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 通常的环境モニタリングでは、地上約1mの高さで測定する。
- B 線量率が不明な場合、測定レンジを小さい方から順に大きい方へ切り換えて測定する。
- C 時定数は、線量率が低いほど、より小さい値に設定する。
- D 時定数の設定値の3倍以上の時間が経過してから読み取る。

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

〔解答〕

2

注) B：誤 線量率が不明な場合には、測定レンジを大きい方から順に小さい方に切り換えて測定する。

C：誤 線量率が低いほど揺らぎが大きくなるので、時定数はより大きな値に設定する。

主任者 コーナー

問 10 試料からの放射線を 100 秒間測定したところ、9,000 カウントが得られた。一方、バックグラウンドは 200 秒間の測定で 4,000 カウントであった。正味の計数率の誤差 [cps] として最も近い値は、次のうちどれか。

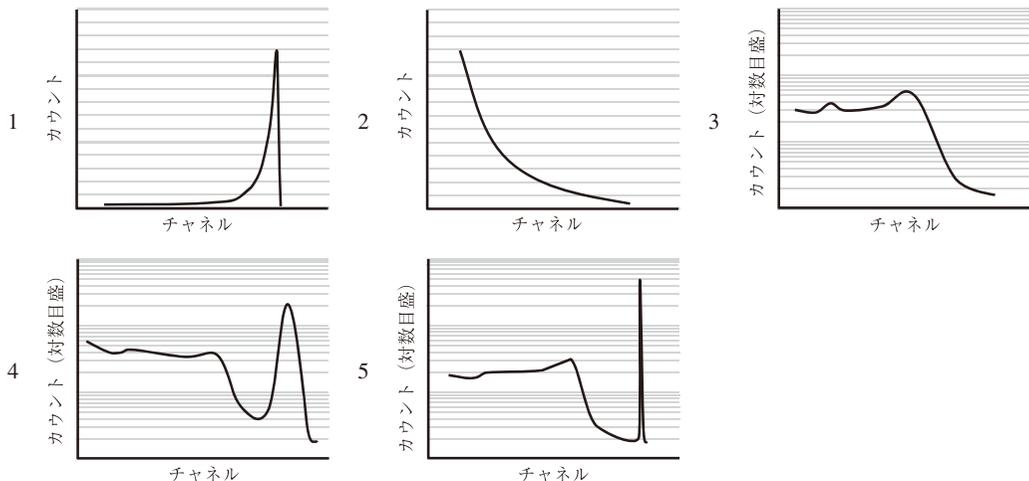
- 1 0.65 2 0.75 3 0.85 4 1.0 5 1.2

〔解答〕

4

注) 試料の計数率 = $9,000/100 \pm 9,000^{1/2}/100$ [cps]
 バックグラウンドの計数率 = $4,000/200 \pm 4,000^{1/2}/200$ [cps]
 正味の計数率の標準偏差 = $\sqrt{9,000/100^2 + 4,000/200^2}$ [cps]
 = 1.0 [cps]

問 11 ^{241}Am α 線源を表面障壁型半導体検出器で測定したときに得られるパルス波高スペクトルとして、最も近いものは次のうちどれか。



〔解答〕

1

注) 表面障壁型半導体検出器を用いれば、 ^{241}Am の α 線 (エネルギー: 5.49, 5.44 MeV) を 0.2% 程度のエネルギー分解能で測定することができる。

問 12 GM 管式サーベイメータの指示が $40,000 \text{ min}^{-1}$ を示した。真の計数値 [min^{-1}] として最も近いものは、次のうちどれか。ただし、分解時間は $200 \mu\text{s}$ とする。

- 1 40,700 2 41,100 3 42,100 4 44,900 5 46,200

〔解答〕

5

注) 真の計数値 = $40,000/60 \div (1 - 40,000/60 \times 0.0002)$ [cps]
 = 769 [cps] = 46,200 [cpm]

問 13 高純度 Ge 半導体検出器に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A α 線のスペクトル測定にも用いられる。
 - B 検出器が冷却されていない状態で高電圧をかけると、プリアンプ（前置増幅器）を損傷するおそれがある。
 - C 200 keV と 600 keV の γ 線では、後者を測定した場合の方が相対エネルギー分解能（%）が良い。
 - D ^{137}Cs 線源を測定すると、151 keV 付近にシングルエスケープピークが観測される。
- 1 A と B 2 A と C 3 B と C 4 B と D 5 C と D

〔解答〕

3

- 注) A：誤 α 線は、Ge 検出器を収めているクライオスタットを透過できない。
 D：誤 ^{137}Cs の γ 線のエネルギーは 662 keV であり、シングルエスケープピークが現れるような電子対生成反応は起きない。

問 14 次の文章の ～ に当てはまる適切な語句の組合せは、下記の選択肢のうちどれか。

GM 計数管では、入射した放射線によって が起こると、 周辺に発生したイオンの^{まわ}影響により電界が弱まり、次の放射線が入射しても、 によって設定されたレベルを越す波高のパルスは発生しなくなる。この時間を分解時間とよび、分解時間のために計数されないことを という。

- | | A | B | C | D |
|---|-------|-----|-----------|-------|
| 1 | 電子なだれ | 陰電極 | アンプ | 数え落とし |
| 2 | 電子増倍 | 陽電極 | ディスクリミネータ | 数え落とし |
| 3 | 電子なだれ | 陽電極 | アンプ | 窒息現象 |
| 4 | 電子増倍 | 陰電極 | アンプ | 窒息現象 |
| 5 | 電子なだれ | 陽電極 | ディスクリミネータ | 数え落とし |

〔解答〕

5

- 注) GM 計数管では、陽極線近傍で電子なだれが発生し、質量が大きく移動速度の遅いイオンが陽極線の周りを取り残されイオンの鞘が形成される。イオンの鞘は電子増倍度を低下させ、数え落としが発生する。ディスクリミネータは波高弁別器のことである。

問 15 γ 線源が複数箇所が存在する作業環境において、線量当量率の測定に用いるサーベイメータとして適しているものの組合せは、次のうちどれか。

- A 電離箱式サーベイメータ
 - B ^3He 比例計数管式サーベイメータ
 - C 端窓型 GM 管式サーベイメータ
 - D ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータ
 - E NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ
- 1 A と B 2 A と E 3 B と D 4 C と D 5 C と E

主任者 コーナー

〔解答〕

2

- 注) A：方向依存性の小さい γ 線用サーベイメータであり、複数箇所に γ 線源が存在する作業環境には適している。
B：中性子用である。
C： γ 、 β 線用であるが方向依存性が大きく、複数箇所に γ 線源が存在するような作業環境には不適である。
D： α 線用である。
E：方向依存性が大きい γ 線に高感度であり、電離箱式サーベイメータとの組合せは適当である。

問 16 ある γ 線照射装置から放出される γ 線の半価層は、物質 A の板では 0.6 mm、物質 B の板では 6.0 mm であった。遮蔽体がないときに γ 線照射装置から 1 m 離れた地点での空気カーマ率が $400 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ であったとすると、物質 A の板 1.4 mm と物質 B の板 10.0 mm を重ね合わせて遮蔽した場合の、同じ地点における空気カーマ率 [$\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$] として最も近いものは、次のうちどれか。ただし、 γ 線は細い線束状にコリメートされているものとする。

1 15 2 25 3 35 4 45 5 55

〔解答〕

2

- 注) 物質 A と物質 B の板を合わせた遮蔽効果は、
 $1.4 \text{ mm} \div 0.6 \text{ mm} + 10.0 \text{ mm} \div 6.0 \text{ mm} = 4$
となり、半価層の 4 倍の厚さの遮蔽に等価と考えられる。
したがって、空気カーマ率は、 $400 \times (1/2)^4 = 25 [\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}]$ となる。

問 17 次の密封線源とその線源を使用する際に携帯すべきサーベイメータの検出器との関係のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{60}Co — 電離箱
B ^{63}Ni — ZnS(Ag)シンチレーション検出器
C ^{85}Kr — GM 計数管
D ^{252}Cf — BF_3 比例計数管

1 ABC のみ 2 ABD のみ 3 ACD のみ 4 BCD のみ 5 ABCD すべて

〔解答〕

3

- 注) B：誤 ^{63}Ni は β 線源であるが、ZnS(Ag)シンチレーション検出器は α 線用の検出器である。

問 18 次の用途のうち、 ^{60}Co 線源が用いられているものの組合せはどれか。

- A ジャガイモの発芽防止
B タンク内の液面レベルの測定
C 石油中の硫黄含有量の測定

- D たばこの葉の充填率の測定
E 骨塩量の測定

1 AとB 2 AとC 3 BとD 4 CとE 5 DとE

〔解答〕

1

- 注) C : 誤 石油中の硫黄分の測定では、透過型あるいは特性 X 線を測定する励起型においても、エネルギーの低い $^{241}\text{Am}(\gamma)$ などの γ 線源が用いられる。
D : 誤 たばこ量目計には、 ^{90}Sr β 線源が用いられる。
E : 誤 骨塩量の定量分析には低エネルギーの $^{241}\text{Am}(\gamma)$ などの γ 線源が用いられる。

問 19 次の γ 線源のうち、エネルギーが 1 MeV 以上の γ 線を放出するものの組合せはどれか。ただし、放出割合が 0.1% 以下の γ 線は無視する。

A ^{22}Na B ^{60}Co C ^{137}Cs D ^{192}Ir E ^{241}Am

1 AとB 2 AとE 3 BとC 4 CとD 5 DとE

〔解答〕

1

- 注) それぞれの核種の主な γ 線放出特性は、次のとおりである (アイソトープ手帳 11 版 (日本アイソトープ協会) より引用)。
A : ^{22}Na 1.275 MeV (99.9%)
B : ^{60}Co 1.173 MeV (99.9%), 1.332 MeV (100%)
C : ^{137}Cs 662 keV (85.1%)
D : ^{192}Ir 317 keV (82.7%), 468 keV (47.8%), 308 keV (29.7%), 296 keV (28.7%)
E : ^{241}Am 59.5 keV (35.9%)

問 20 放射性同位元素装置機器と放射線源に関する次の組合せのうち、正しいものはどれか。

- A 厚さ計 — ^{90}Sr , ^{147}Pm
B 水分計 — $^{241}\text{Am}-\text{Be}$, ^{252}Cf
C 密度計 — ^{137}Cs , ^{241}Am
D 蛍光 X 線分析装置 — ^{85}Kr , ^{192}Ir

1 ABC のみ 2 ABD のみ 3 ACD のみ 4 BCD のみ 5 ABCD すべて

〔解答〕

1

- 注) D : 誤 ^{85}Kr は β 線源である。蛍光 X 線分析装置には、 ^{192}Ir よりエネルギーの低い γ 線を放出する $^{241}\text{Am}(\gamma)$ などが用いられる。

問 21 個人被ばく線量計と検出素材の関係として、正しいものの組合せは、次のうちどれか。

- A OSL 線量計 — 酸化アルミニウム
B 熱ルミネセンス線量計 — 硫化亜鉛
C 蛍光ガラス線量計 — 銀活性リン酸塩ガラス

主任者 コーナー

- D 固体飛跡検出器 — ポリ塩化ビニル
E 電子式ポケット線量計 — ゲルマニウム
1 AとB 2 AとC 3 BとD 4 CとE 5 DとE

〔解答〕

2

- 注) B：誤 LiF, CaF₂, CaSO₄などが用いられる。
D：誤 ポリカーボネイト, CR-39などが用いられる。
E：誤 Si, CdTe 結晶が用いられる。

問 22 熱ルミネセンス線量計に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 素子の放射線照射によって励起電子が、捕獲中心に捕らえられる。
B 素子を一定速度で昇温すると、発光強度はある温度でピークを示す。
C 被ばく線量を一度読みとった後でも、その線量情報は素子に保存されている。
D フェーディングの影響は、OSL線量計の場合よりも小さい。
1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

〔解答〕

1

- 注) C：誤 加熱して線量情報を読み取るためアニールされることになり、読取後は、素子内の線量情報は失われる。
D：誤 フェーディングの影響はOSL線量計よりも大きい。

問 23 γ 線急性被ばくによる確定的影響のしきい線量等に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 末梢血リンパ球減少のしきい線量は、0.25 Gy 程度である。
B 精巣では、0.15 Gy の被ばくで一過性の不妊が起きる。
C 1 Gy の被ばくを受けると小腸粘膜の潰瘍が起きる。
D 眼の水晶体に生じる白内障のしきい線量は、15 Gy 程度である。
E 胎児被ばくによる小頭症のしきい線量は、0.1 Gy 程度である。
1 ABCのみ 2 ABEのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 CDEのみ

〔解答〕

2

- 注) C：誤 小腸粘膜の潰瘍のしきい線量は、10 Gy 程度である。
D：誤 白内障のしきい線量は、2 Gy 程度である。

問 24 ICRP 2007 年勧告で提示された臓器・組織の組織加重係数が大きい順に並んでいるものは、次のうちどれか。

- 1 骨髄 (赤色) > 生殖腺 > 皮膚 > 甲状腺
2 食道 > 乳房 > 膀胱 > 骨表面
3 結腸 > 生殖腺 > 唾液腺 > 甲状腺

- 4 肺 > 生殖腺 > 骨表面 > 食道
 5 骨髄（赤色） > 生殖腺 > 肝臓 > 脳

〔解答〕

5

注) ICRP 2007 年勧告の組織加重係数は、次のとおりである。

乳房, 骨髄（赤色）, 結腸, 肺, 胃：0.12

生殖腺：0.08

甲状腺, 食道, 肝臓, 膀胱ぼうこう：0.04

骨表面, 皮膚, 脳, 唾液腺：0.01

残りの組織・臓器（14）：0.12

問 25 体内被ばくに関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 放射性物質は皮膚に創傷があると侵入しやすくなる。
- 2 造影剤トトロラストは、肝臓、脾臓ひなど食細胞や内皮細胞が豊富な組織に蓄積する。
- 3 プルトニウムの酸化物は吸入被ばくにより肺に長期間滞留する。
- 4 体内に取り込まれたトリチウムはホールボディカウンタで計測する。
- 5 バイオアッセイ法では、糞・尿など排泄物中の放射性物質を測定し、排泄率関数により体内沈着量を算定する。

〔解答〕

4

注) 4：誤 トリチウムは低エネルギーのβ線放出核種であり、γ線を測定対象としているホールボディカウンタでは計測できない。

問 26 放射線の人体への影響に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 18 歳から 64 歳までの成人の集団における発がんのリスク係数は、すべての年齢からなる集団全体のリスク係数より高いと考えられている。
- B 各臓器・組織の確率的影響の誘発に対する感受性の違いを考慮して組織加重係数が定められている。
- C 原爆被爆者では遺伝性（的）影響はこれまでのところ確認されていない。
- D 急性被ばくと慢性被ばくとでは総線量が同じであれば影響は変わらない。
- 1 A と B 2 A と C 3 B と C 4 B と D 5 C と D

〔解答〕

3

注) A：誤 発がんのリスク係数は、成人集団より全年齢集団の方が高いと考えられている。

D：誤 総線量が同じであれば、慢性被ばくより急性被ばくの方が影響は大きい。

問 27 放射線被ばくによって、細胞レベルでの影響が種々の組織・個体レベルでの影響に繋がる可能性がある。次のうち、適切なものの組合せはどれか。

主任者 コーナー

	細胞の種類	細胞レベルでの影響	主な組織・個体レベルでの影響
A	生殖細胞	細胞死	確定的影響
B	生殖細胞	突然変異	確率的影響
C	体細胞	細胞死	確率的影響
D	体細胞	突然変異	確定的影響

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

〔解答〕

1

注) C, D: 誤 細胞死が確定的影響に、突然変異が確率的影響に繋がる。

問 28 放射線による被ばくに関する次の記述のうち、適切なものの組合せはどれか。

- A 自然放射線被ばくには、宇宙からの放射線は寄与しない。
- B 天然放射性核種の吸入による被ばくには、ラドンの子孫核種は寄与しない。
- C 環境中に存在するセシウム 137 は、人工的に生成されたものがほとんどである。
- D 日本における医療診断による年間の平均被ばく線量は、世界平均よりも高い。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

〔解答〕

5

注) 日本人の平均年間被ばく線量は、次のとおりである（新版 生活環境放射線（原子力安全研究協会）による）。

A: 誤 宇宙線被ばくによる年平均実効線量は、0.3 mSv である。

B: 誤 ラドン・トロン吸入による内部被ばくの年平均実効線量は、0.48 mSv で、それぞれの子孫核種の寄与が大きい。

問 29 放射線による DNA 損傷の生成に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 放射線により生成される塩基損傷には、紫外線によるものと同種類のものが含まれる。
- B 塩基損傷を修復する過程でも 1 本鎖切断が生じる。
- C 低 LET 放射線の場合、2 本鎖切断は 1 本鎖切断よりも高い頻度で生成される。
- D クラスター損傷の生成頻度は LET の増加に伴って減少する。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

〔解答〕

1

注) C: 誤 1 本鎖切断の発生頻度の方が 2 本鎖切断のそれより高い。

D: 誤 クラスター損傷の生成頻度は LET の増加に伴って増加する。

問 30 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A フリーラジカルは不対電子を有し反応性に富む。
- B G 値は、吸収された放射線のエネルギー 1 eV 当たりに変化又は生成する分子・原子の個数を表す。
- C 水和電子 (e_{aq}^-) は還元剤として働く。

D フリッケ線量計はセリウムイオンの還元反応を利用している。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

〔解答〕

2

注) B：誤 1 eV 当たりではなく、100 eV 当たりである。

D：誤 フリッケ線量計は鉄イオンの酸化反応を利用する。
セリウムイオンの還元反応を利用するのはセリウム線量計である。