第59回

第2種放射線取扱主任者試験 問題と解答例

第59回 平成29年8月25日実施

第59回

第2種放射線取扱主任者試験問題と解答例

目 次

法	令		
5	第 59 回	(平成 29 年)	 1
£1£1	arre I. I. dha . w		
-	里技術 I		
É	第 59 回	(平成 29 年)	 15
管理	埋技術 Ⅱ		
<u>5</u>	第 59 回	(平成 29 年)	 35

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。

法令

第59回(平成29年)

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。ただし、問題文の「 」内の文章は、放射線障害防止法又は関係法令の条文を示し、項数は算用数字、号数は()つきの算用数字で表す。また、条文は問に応じて一部を省略して示す。

次の各間について、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 使用の許可又は届出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。ただし、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。
 - A 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2個で1組として装備し、その1組をもって照射する機構を有するレベル計1台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。
 - B 1個当たりの数量が10メガベクレルの密封されたコバルト60を装備した厚さ計のみ10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。
 - C 1個当たりの数量が10メガベクレルの密封されたコバルト60を装備した表示付認証機器のみ10台を認証条件に従って使用しようとする者は、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。
 - D 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1台のみを使用しようとする者は、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。
 - 1 ABC $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 2 AB $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 3 AD $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 4 CD $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 5 BCD $\mathcal{O}\mathcal{A}$

[解答]

3

注)法第3条(使用の許可), 法第3条の2(使用の届出), 法第3条の3(表示付認証機器の使用する者の届出), 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)第1号

- A:正 法第3条第1項,令第3条第1項,告示第5号第1条第1号イ
- B:誤 法第3条の2第1項 「使用の許可」ではなく、「使用の届出」である
- C:誤 法第3条の3第1項 「あらかじめ」ではなく「使用の開始の日から30日以内に」
- D:正 法第3条の2第1項,令第3条第1項,告示第5号第1条第1号イ 届出使用者であり,あらかじめ届ける必要がある

- 問2 1個当たりの数量が18.5 ギガベクレルの密封されたアメリシウム241 を装備した厚さ計1台のみを使用している事業所において、厚さ計を設置した施設を改修するために、当該厚さ計を一時的に事業所内の別の場所に移して使用することとなった。この場合に、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、アメリシウム241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。
 - 1 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。
 - 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 許可使用に係る変更の許可の申請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〕

3

- 注)法第3条(使用の許可)第1項,法第10条(使用施設等の変更)第2項,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,則第9条の2(変更の許可を要しない軽微な変更)
 - 1:誤 法第10条第6項、令第9条第1項の各号には該当しない。
 - 2:誤 法第10条第2項, 則第9条の2の各号には該当しない。
 - 3:正 法第3条第1項, 法第10条第2項 18.5メガベクレルの密封されたアメリシウム241を装備した厚さ計を使用する事業所は, アメリシウム241の下限数量10キロベクレルの1,000倍を超えることから許可使用者となる。
 - 4:誤 法第3条第1項に該当する許可使用者であるため届出ではない。
 - 5:誤 そのような規定はない。
- 問3 密封された放射性同位元素の使用の届出に関する次の文章の A \sim C 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3条 法第3条の2第1項の規定による使用の届出は、別記様式第2の届書により、しなければならない。

- 2 前項の届書には、令第4条第2項の規定により、次の各号に掲げる書類を添えなければならない。
- (1) 予定使用開始時期及び予定使用期間を記載した書面
- (2) A 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 B を示し、かつ、 C 平面図
- (3) B の遮蔽壁その他の遮蔽物が第14条の9第3号に規定する能力を有するものであることを示す書面及び図面|

	A	В	C
1	使用	使用施設	縮尺及び方位を付けた
2	使用	貯蔵施設	その付近の
3	使用	貯蔵施設	縮尺及び方位を付けた
4	保管	貯蔵施設	その付近の
5	保管	使用施設	縮尺及び方位を付けた

[解答]

3

注) 則第3条(使用の届出)

問4 次のうち、表示付認証機器届出使用者が、変更の日から30日以内に、その旨を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。
〔解答〕
4
注) 法第3条の3(表示付認証機器を使用する者の届出) 第1項
A:誤 そのような規定はない。
B:正 法第3条の3第1項
C:誤 そのような規定はない。
D:正 法第3条の3第1項
問5 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 販売所の所在地 B 放射性同位元素の種類 C 放射性同位元素の保管の委託先の氏名又は名称 D 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 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ
〔解答〕
2
注)法第4条(販売および賃貸の業の届出)第2項,第3項 A:正 法第4条第2項
B:正 法第4条第2項
C:誤 そのような規定はない。
D:誤 法第4条第3項
変更の日から30日以内に届出
問 6 許可使用に係る使用の場所の一時的変更の届出に関する次の文章の A C 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9条 法第10条第6項に規定する政令で定める放射性同位元素の数量は、密封された放射性同位元
素について、 A ベクレルを超えない範囲内で放射性同位元素の B に応じて原子力規制委員
会が定める数量とし、同項に規定する政令で定める放射性同位元素の C は、次に掲げるものとす

(5) 物の密度, 質量又は組成の調査で原子力規制委員会が指定するもの

(4) 機械,装置等の校正検査

(3) 展覧,展示又は講習のためにする実演

る。

(1) 地下検層(2) 河床洗掘調査

	A	В	С
1	3テラ	化学形等	使用の方法
2	5 テラ	種類	使用の方法
3	3テラ	種類	使用の方法
4	5 テラ	化学形等	使用の目的
5	3 テラ	種類	使用の目的

〔解答〕

5

- 注) 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
- 問7 次のうち、許可使用者が原子力規制委員会に対してとる手続きの際に、許可証を添え、又は提出しなければならない場合として、放射線障害防止法上正しいものの組合せはどれか。
 - A 新たに密封された放射性同位元素を追加する許可使用に係る変更許可の申請
 - B 法人の代表者の交代による許可使用に係る氏名等の変更の届出
 - C 放射性同位元素の数量を減少する許可使用に関する軽微な変更に係る変更の届出
 - D 許可証を損じたことによる許可証の再交付の申請
 - 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10条(使用施設等の変更)第2項,第5項,法第12条(許可証の再交付)
 - A:正 法第10条第2項
 - B:誤 許可証を提出する必要はない。
 - C:正 法第10条第5項
 - D:正 法第12条
- 問8 1個当たりの数量が7.4 ギガベクレルの密封されたセシウム137 を装備したレベル計1台を使用している許可使用者が,許可使用に関する軽微な変更に係る変更届で変更できる場合として,放射線障害防止法上正しいものの組合せは,次のうちどれか。
 - A 表示付認証機器であるレベル計3台を新たに追加して使用する場合
 - B 使用施設の管理区域を拡大する場合(ただし、工事を伴わないものとする。)
 - C レベル計に装備されたセシウム 137 の使用時間数を増加する場合
 - D 使用中のレベル計と同種,同型の装置であって,1個当たりの数量が3.7 ギガベクレルの密封されたセシウム137 を装備したレベル計1台に更新する場合
 - 1 A & B 2 A & C 3 B & C 4 B & D 5 C & D

〔解答〕

4

- 注)法第3条の3(表示付認証機器の使用をする者の届出),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日文部科学省告示第81号(変更の許可を要しない軽微な変更を定める告示)
 - A:誤 法第3条の3。則第9条の2及び告示第81号に該当しない。
 - B:正 告示第81号
 - C:誤 則第9条の2及び告示第81号に該当しない。

法-5

D:正 法第10条第2項. 則第9条第2項

- 問9 許可使用者が、許可証の一部を損じた場合の原子力規制委員会への手続きとして、放射線障害防止法上 正しいものは次のうちどれか。
 - 1 許可使用に係る変更許可申請書を提出する際に、所持している残りの許可証を添付して許可証の交付を受けた。
 - 2 許可使用に係る氏名等の変更届を提出する際に、所持している残りの許可証を添付して許可証の交付を受けた。
 - 3 所持している残りの許可証は添付せずに許可証再交付申請書を提出して許可証の再交付を受けた。
 - 4 所持している残りの許可証を添付し、許可証再交付申請書を提出して許可証の再交付を受けた。
 - 5 放射線管理状況報告書を提出する際に、所持している残りの許可証を添付して許可証の交付を受けた。

[解答]

4

- 注) 法第12条(許可証の再交付), 則第14条(許可証の再交付)第2項
 - 1:誤 法第12条. 則第14条第2項

許可証の一部を損じたときは、許可証再交付申請書にその許可証を添えて提出しなければならない。

2:誤 法第12条, 則第14条第2項

許可証の一部を損じたときは、許可証再交付申請書にその許可証を添えて提出しなければならない。

3:誤 則第14条第2項

許可証の一部を損じたときは、許可証再交付申請書にその許可証を添えて提出しなければならない。

- 4:正 則第14条第2項
- 5:誤 法第12条. 則第14条第2項

許可証の一部を損じたときは、許可証再交付申請書にその許可証を添えて提出しなければならない。

問 10 表示付認証機器又は表示付特定認証機器の販売等に関する次の文章の A ~ D 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 12 条の 6 表示付認証機器又は表示付特定認証機器を販売し、又は賃貸しようとする者は、原子力規制委員会規則で定めるところにより、当該表示付認証機器又は表示付特定認証機器に、 A (当該設計認証又は特定設計認証の番号をいう。)、当該設計認証又は特定設計認証に係る B 、保管及び C に関する条件(以下「認証条件」という。)、これを D しようとする場合にあっては第 19条第 5 項に規定する者にその D を委託しなければならない旨その他原子力規制委員会規則で定める事項を記載した文書を添付しなければならない。

	A	В	С	D
1	認証番号	販売又は賃貸	廃棄	運搬
2	線源番号	販売又は賃貸	運搬	廃棄
3	線源番号	使用	廃棄	運搬
4	認証番号	使用	廃棄	運搬

5	認証番号	使用	運搬	廃棄
〔解答〕				
5				

- 注)法第12条の6 (認証機器の表示等)
- 問 11 次のうち、使用施設等の基準適合義務において、届出使用者が、技術上の基準に適合するように、その 位置、構造及び設備を維持しなければならない施設として放射線障害防止法上正しいものはどれか。
 - 1 使用施設
 - 2 貯蔵施設
 - 3 廃棄施設
 - 4 廃棄物詰替施設
 - 5 廃棄物貯蔵施設

2

- 注) 法第3条の2 (使用の届出) 第1項第5号
 - 1:誤 届出使用者は該当しない。
 - 2:正 法第3条の2第1項第5号
 - 3:誤 届出使用者は該当しない。
 - 4:誤 届出使用者は該当しない。
 - 5:誤 届出使用者は該当しない。
- 問 12 密封された放射性同位元素の使用の基準に関する次の文章の A \sim C 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15条 法第15条第1項の原子力規制委員会規則で定める技術上の基準(第3項に係るものを除く。)は、次のとおりとする。

(2) 密封された放射性同位元素の使用をする場合には、その放射性同位元素を常に次に適合する状態において使用をすること。

イ 正常な使用状態においては、 A 又は B されるおそれのないこと。

ロ 密封された放射性同位元素が漏えい、浸透等により C して汚染するおそれのないこと。」

	A	В	С
1	打擊	加熱	拡散
2	浸漬	落下	漏出
3	加熱	破損	紛失
4	紛失	浸漬	拡散
5	開封	破壊	散逸

[解答]

5

- 注) 則第15条(使用の基準)第1項第2号
- 問 13 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 密封された放射性同位元素を気密性の構造の容器に入れて保管する場合にあっては貯蔵施設において行うこと。

法令(第59回)

- B 貯蔵施設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。
- C 貯蔵施設には、その遮蔽能力を超えて放射性同位元素を貯蔵しないこと。
- D 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。
 - 1 A & B 2 A & C 3 B & C 4 B & D 5 C & D

〔解答〕

4

- 注) 法第16条(保管の基準等) 第1項. 則第17条(保管の基準) 第1項
 - A:誤 法第16条第1項, 則第17条第1項第1号 「気密性」ではなく「耐火性」である。
 - B:正 法第16条第1項,則第17条第1項第8号
 - C:誤 法第16条第1項, 則第17条第1項第2号

「遮蔽能力」ではなく、「貯蔵能力」である。

- D:正 法第16条第1項, 則第17条第1項第9号
- 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 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。
 - 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 弁が誤って操作されないような措置が講じられていること。
 - D 周囲の圧力を 60 キロパスカルとした場合に、放射性同位元素の漏えいがないこと。
 - 1 A & B 2 A & C 3 B & C 4 B & D 5 C & 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), 則第18条の5(A型輸送物に係る技術上の基準)
 - A:正 則第18条の4第7号
 - B:誤 則第18条の5第2号

A型輸送物の基準である。

- C:正 則第18条の4第5号
- D:誤 則第18条の5第5号

A型輸送物の基準である。

- 問 15 1 個当たりの数量が 10 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 1 台のみを固定して取り扱う場所であって、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。ただし、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。
 - A 放射線の量の測定は、作業を開始する前に1回行うこと。
 - B 放射線の量の測定は、作業を開始した後にあっては、6月を超えない期間ごとに1回行うこと。
 - C 放射線の量の測定の結果については、測定の都度記録すること。
 - D 放射線の量の測定の結果については、当該放射性同位元素の使用を廃止するまで保存すること。
 - 1 ABC $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 2 AB $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 3 AD $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 4 CD $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 5 BCD $\mathcal{O}\mathcal{A}$

1

- 注) 法第20条 (測定) 第1項, 則第20条 (測定) 第1項, 第4項
 - A:正 法第20条第1項. 則第20条第1項第4号
 - B:正 法第20条第1項. 則第20条第1項第4号ハ
 - C:正 法第20条第1項, 則第20条第4項第1号
 - D:誤 法第20条第1項, 則第20条第4項第1号

「使用を廃止するまで」ではなく「5年間」保存である。

- 問 16 次の記述のうち、外部被ばくによる線量の測定の結果について、集計し、集計の都度、記録しなければ ならない期間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 男子にあっては、毎月1日を始期とする各1月間
 - B 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
 - C 4月1日を始期とする1年間
 - D 本人の申出等により許可届出使用者が妊娠の事実を知ることとなった女子にあっては、出産までの 期間
 - 1 A & B 2 A & C 3 B & C 4 B & D 5 C & D

〔解答〕

3

- 注) 法第20条(測定) 第2項, 則第20条(測定) 第2項, 第4項
 - A:誤 法第20条第2項, 則第20条第4項第5号

「男子」ではなく、「本人の申し出により許可届出事業者又は許可廃棄業者が妊娠の事実を知ることとなった女子 | である。

- B:正 法第20条第2項, 則第20条第4項第5号
- C:正 法第20条第2項, 則第20条第4項第5号
- D:誤 法第20条第2項, 則第20条第4項第5号

「出産までの期間」ではなく、「出産までの間毎月1日を始期とする1月間について」である。

- 問 17 次のうち、放射線の量の測定を行う場所として、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 事業所等の境界
 - B 事業所等内において表示付認証機器を使用する場所
 - C 事業所等内において人が居住する区域
 - D 管理区域の境界
 - 1 ACD のみ 2 AB のみ 3 AC のみ 4 BD のみ 5 BCD のみ

〔解答〕

1

- 注) 法第20条(測定) 第1項, 則第20条(測定) 第1項
 - A:正 法第20条第1項,則第20条第1項第3号(放射線の量)チ
 - B:誤 そのような規定はない。
 - C:正 法第20条第1項,則第20条第1項第3号(放射線の量)ト
 - D:正 法第20条第1項,則第20条第1項第3号(放射線の量)へ

問 18 放射線障害予防規程を原子力規制委員会に届け出なければならない者として、放射線障害防止法上定め
られているものの組合せは、次のうちどれか。
A 届出使用者
B 密封された放射性同位元素のみを販売する届出販売業者
C 表示付認証機器届出使用者
D 表示付認証機器のみを賃貸する届出賃貸業者
1 A & B 2 A & C 3 B & C 4 B & D 5 C & D
〔解答〕

- 注) 法第21条(放射線障害予防規程), 法第25条の2(表示付認証機器等の使用等に係る特例)
 - A:正 法第21条
 - B:正 法第21条
 - C:誤 法第25条の2
 - D:誤 法第21条
- 間19次の項目のうち、届出使用者が放射線業務従事者に対し施さなければならない教育及び訓練の項目とし 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 放射線の測定
 - B 放射線の人体に与える影響
 - C 環境に対する放射線の影響
 - D 放射線障害予防規程
 - 1 A & B 2 A & C 3 A & D 4 B & C 5 B & D

5

- 注) 法第22条(教育訓練), 則第21条の2(教育訓練)第1項
 - A:誤 そのような規定はない。
 - B:正 法第22条, 則第21条の2第1項第4号イ
 - C:誤 そのような規定はない。
 - D:正 法第22条, 則第21条の2第1項第4号二
- ■ C 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、管理区域への立入時間の短縮、A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 B 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、遅滞なく、医師 による C , 必要な B 等の適切な措置を講ずること。|

	A	В	С
1	立入り	保健指導	診断
2	立入り	健康診断	被ばく歴の確認
3	立入り	保健指導	被ばく歴の確認
4	取扱い	健康診断	被ばく歴の確認
5	取扱い	保健指導	診断

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 届出使用者がその届出に係る放射性同位元素のすべての使用を廃止したため、廃止措置計画の計画期間を1年として、使用の廃止の日に廃止の届出及び廃止措置計画の届出を行った。この場合、使用の廃止の日に所持していた放射性同位元素を所持することができる期間として、放射線障害防止法上定められているものは次のうちどれか。
 - 1 廃止措置計画の計画期間
 - 2 使用の廃止の日から6月
 - 3 使用の廃止の日から3月
 - 4 使用の廃止の日から30日
 - 5 使用の廃止の日から10日

〔解答〕

4

- 注) 法第30条(所持の制限), 則第28条(所持の制限)
 - 1:誤 法第30条第9号, 則第28条

廃止の日から30日以内である。

2:誤 法第30条第9号, 則第28条 廃止の日から30日以内である。

3:誤 法第30条第9号, 則第28条 廃止の日から30日以内である。

4:正 法第30条第9号, 則第28条

5:誤 法第30条第9号, 則第28条 廃止の日から30日以内である。

- 問22次のうち、届出使用者が、帳簿を備え、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 譲受け又は譲渡しに係る放射性同位元素の種類及び数量
 - B 貯蔵施設における放射性同位元素の保管に従事する者の氏名
 - C 放射線施設に立ち入る者に対する教育及び訓練の実施年月日,項目並びに当該教育及び訓練を受けた者の氏名
 - D 使用 (詰替えを除く。) に係る放射性同位元素の種類及び数量
 - 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

[解答]

4

- 注) 法第25条(記帳義務) 第2項, 則第24条(記帳) 第1項
 - A:誤 法第25条第2項, 則第24条第1項第2号イ 届出販売業者が備えるべき帳簿である。
 - B:正 法第25条第2項. 則第24条第1項第1号リ
 - C:正 法第25条第2項. 則第24条第1項第1号タ
 - D:正 法第25条第2項、則第24条第1項第1号ハ
- 間23 合併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 許可使用者である法人の合併の場合(許可使用者である法人と許可使用者でない法人とが合併する場合において、許可使用者である法人が存続するときを除く。)において、当該合併について原子力規制委員会の認可を受けたときは、合併後存続する法人又は合併により設立された法人は、許可使用者の地位を承継する。
 - B 届出使用者である法人の分割の場合(当該届出に係る放射性同位元素の一部を承継させる場合に限る。)において、分割により当該放射性同位元素を承継した法人は、届出使用者の地位を承継することができる。
 - C 届出販売業者である法人の合併の場合(届出販売業者である法人と届出販売業者でない法人とが合併する場合において、届出販売業者である法人が存続するときを除く。)において、合併後存続する法人又は合併により設立された法人は、届出販売業者の地位を承継することができる。
 - D 届出賃貸業者である法人の分割の場合(当該届出に係るすべての放射性同位元素を承継させる場合に限る。)において、分割により当該放射性同位元素を承継した法人は、届出賃貸業者の地位を承継することができる。
 - 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

3

- 注) 法第26条の2(合併等)第1項,第4項,第6項,第7項
 - A:正 法第26条の2第1項
 - B:誤 法第26条の2第4項

「放射性同位元素の一部を承継」ではなく、「すべての放射性同位元素及び放射性汚染物並び に貯蔵施設を一体として承継」である。

- C:正 法第26条の2第6項
- D:正 法第26条の2第7項
- 問24 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 計画期間
 - B 放射性同位元素の輸出,譲渡し,返還又は廃棄の方法
 - C 放射線管理状況報告書の提出
 - D 放射線障害を受けた者に対する補償
 - 1 ABC のみ 2 AB のみ 3 AD のみ 4 CD のみ 5 BCD のみ

[解答]

2

注) 法第28条(許可の取り消し,使用の廃止等に伴う措置等)第2項

則第26条(許可の取り消し、使用の廃止等に伴う措置等)第2項

A:正 法第28条第2項. 則第26条第2項第5号

B:正 法第28条第2項. 則第26条第2項第1号

C:誤 そのような規定はない。

D:誤 そのような規定はない。

問 25 危険時の措置に関する次の文章の A ~ C 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 33 条 許可届出使用者等は,その所持する放射性同位元素若しくは放射線発生装置又は放射性汚染物に関し,地震,火災その他の災害が起こったことにより, A のおそれがある場合又は A が発生した場合においては,直ちに,原子力規制委員会規則で定めるところにより, B なければならない。

2 前項の事態を発見した者は、直ちに、その旨を C に通報しなければならない。」

A B C

1 紛失,破損等 応急の措置を講じ 警察官又は海上保安官

2 紛失,破損等 応急の措置を講じ 原子力規制委員会

3 放射線障害 健康診断を実施し 原子力規制委員会

4 紛失,破損等 健康診断を実施し 警察官又は海上保安官

5 放射線障害 応急の措置を講じ 警察官又は海上保安官

[解答]

5

注) 法第33条(危険時の措置)

- 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に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 5 テラベクレルの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 1個当たりの数量が5テラベクレル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
 - D 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
 - 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34条(放射線取扱主任者)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を放射線取扱主任者に選任しなければならない。

- C:正 法第34条第1項第2号
- D:正 法第34条第1項第3号
- 問27次のうち、届出販売業者が選任した放射線取扱主任者が受講する定期講習の課目として、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 放射性同位元素 (密封されたものに限る。) の取扱いに関する課目

法令(第59回)

- B 使用施設等(密封された放射性同位元素を取り扱うものに限る。)の安全管理に関する課目
- C 放射線の量の測定の実務に関する課目
- D 法に関する課目

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) 法第36条の2 (定期講習) 第2項

平成17年7月4日文部科学省庁告示第95号 (講習の時間数等を定める告示)

第3条(定期講習の時間数)第2項,第3項

A:誤 法第36条の2第2項,告示第95号第3条第2項(2) 許可届出使用者が選任した放射線取扱主任者が受講する。

B:誤 法第36条の2第2項,告示第95号第3条第2項(3) 許可届出使用者が選任した放射線取扱主任者が受講する。

C:誤 そのような規定はない。

D:正 法第36条の2第2項,告示第95号第3条第3項(1)

- 問28 放射線取扱主任者に定期講習を受け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、次のうちどれか。
 - A 表示付認証機器及び密封された放射性同位元素を業として賃貸している届出賃貸業者
 - B 表示付認証機器のみを業として販売している届出販売業者
 - C 表示付認証機器届出使用者
 - D 1個当たりの数量が5テラベクレルの密封された放射性同位元素のみを使用している許可使用者
 - 1 A & C 2 A & D 3 B & C 4 B & D 5 C & D

〔解答〕

2

- 注) 法第36条の2 (定期講習) 第1項, 則第32条 (定期講習) 第1項
 - A:正 法第36条の2第1項, 則第32条第1項第2号
 - B:誤 法第36条の2第1項,則第32条第1項第2号 表示付認証機器のみを販売する者を除く
 - C:誤 そのような規定はない。
 - D:正 法第36条の2第1項, 則第32条第1項第1号
- 問 29 1 個当たりの数量が5 テラベクレルの密封された放射性同位元素のみを使用している届出使用者において、放射線取扱主任者が海外出張をすることになった。当該放射線取扱主任者がその職務を行うことができないが、この間も放射性同位元素を継続して使用することとした。この出張期間中における放射線取扱主任者の代理者の選任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 出張の期間が10日間であったので、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 にその旨の届出は行わなかった。
 - B 出張の期間が45日間であったので、放射線取扱主任者の代理者を選任し、選任した日の20日後に原子力規制委員会にその旨の届出を行った。
 - C 出張の期間が90日間であったので、放射線取扱主任者の代理者を選任し、選任した日の40日後に原子力規制委員会にその旨の届出を行った。

- D 出張の期間が5日間であったので、放射線取扱主任者の代理者の選任は行わなかった。
 - 1 ACD のみ 2 AB のみ 3 BC のみ 4 D のみ 5 ABCD すべて

2

- 注)法第37条(放射線取扱主任者の代理者)第1項,第3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:正 法第37条第1項, 第3項, 則第33条第3項
 - B:正 法第37条第1項,第3項,則第33条第3項
 - C:誤 法第37条第1項, 第3項, 則第33条第3項 「40日後」ではなく「30日以内」である。
 - D:誤 法第37条第1項

放射線取扱主任者がその職務を行うことができない期間中は、代理者を選任しなければならない。

- 問30 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 届出販売業者から運搬を委託された者は、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 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。
 - C 届出賃貸業者は、放射線管理状況報告書を毎年4月1日からその翌年の3月31日までの期間について作成し、当該期間の経過後6月以内に原子力規制委員会に提出しなければならない。
 - D 許可使用者は、放射性同位元素の取扱いにおいて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で5ミリシーベルト、放射線業務従事者以外の者で0.5ミリシーベルトを超えたときのみ、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。
 - 1 ACD OA 2 AB OA 3 AC OA 4 BD OA 5 BCD OA

〔解答〕

2

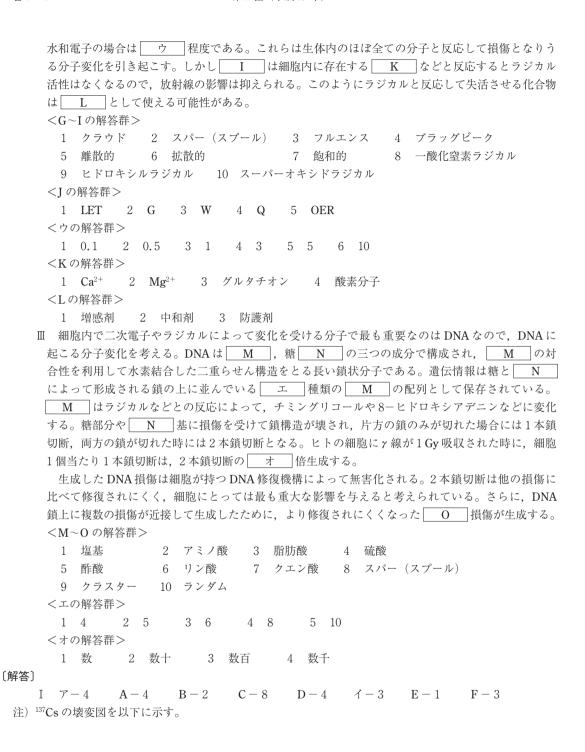
- 注) 法第42条(報告徴収) 第1項, 則第39条(報告の徴収) 第1項, 第3項
 - A:正 法第42条第1項,則第39条第1項第1号
 - B:正 法第42条第1項, 則第39条第1項第8号
 - C:誤 法第42条第1項,則第39条第3項「6月以内」ではなく,「3月以内」である。
 - D:誤 法第42条第1項,則第39条第1項第7号

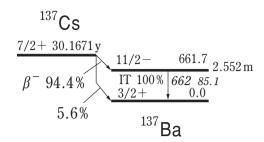
「超えたときのみ」ではなく「超え、又は超えるおそれがあるとき」である。

管理技術I

第59回 (平成29年)

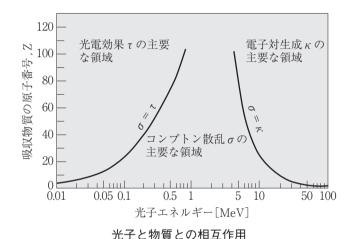
間1 次のⅠ~Ⅲの文章の の部分に入る最も適切な語句,記号又は数値を,それぞれの解答群から
1つだけ選べ。
I 密封放射線源として最もよく使われるものの一つに、 $^{137}\mathrm{Cs}\gamma$ 線源がある。その線源から放出され
る主な γ 線のエネルギーは
子核の励起状態から放出されるものである。このエネルギーのγ線が生体に入射すると、 B
と C を起こすが、しきい値のある D は起こさない。 C を繰り返してエネルギ
原子断面積は物質の原子番号の イ 乗に比例する。また、この原子断面積は、吸収端付近での
変化を除き、光子の E 。これらの過程によりγ線のエネルギーのほとんどは二次電子の運動
エネルギーに変換される。
B などにより、原子の内殻軌道の電子が放出されて空孔が生じると、より外殻の電子がそ
れを埋めることにより F あるいはオージェ電子が放出される。これらのエネルギーを分析す
ることによって、物質の元素分析や電子状態の研究をすることができる。
<アの解答群>
1 316 2 478 3 511 4 662 5 1,173 6 1,333
<aの解答群></aの解答群>
1 I 2 Xe 3 Cs 4 Ba
<b~d の解答群=""></b~d>
1 同位体効果 2 光電効果 3 酸素効果 4 電子対生成 5 遮蔽効果
6 線量率効果 7 トンネル効果 8 コンプトン散乱
<イの解答群>
1 1~2 2 2~3 3 4~5 4 7~8
<e の解答群=""></e>
1 エネルギーが低くなるほど大きい 2 エネルギーが低くなるほど小さい
3 エネルギーに依存しない
<fの解答群></fの解答群>
1 制動 X 線 2 熱中性子 3 特性 X 線 4 陽子
Ⅱ 生成した二次電子は、生体中で分子と衝突して電離・励起を起こし、その近辺に複数のイオンやラ
ジカルの集合体である G を生成する。一般に、電子の場合には G は飛跡に沿って
H に生成するが、高 LET 粒子線の場合には飛跡に沿って連続的に生成する。
の間接作用の評価に重要である。水分子の電離・励起によって生成する化学種の中でも反応性が高く、
生体構成分子の損傷生成に関与するものに I , 水素ラジカル, 水和電子などがある。吸収さ
れたエネルギー $100~{ m eV}$ 当たりにこれらの活性種が生成する数は $oxedsymbol{oxed{J}}$ 値と呼ばれ, $oxedsymbol{oxed{I}}$ と





A, ア: 137 Cs は β - 壊変して 94.4% が励起状態の 137m Ba となり、1 壊変当たり 85.1% が 662 keV の γ 線を放出して 137 Ba となる。 137 Cs 密封線源は、この γ 線を利用している。

光子と生体の相互作用の中で、光電効果、コンプトン散乱、電子対生成は重要で、それぞれの確率 (原子断面積) は光子エネルギーと物質の原子番号に依存する。



(『放射線・アイソトープ 講義と実習』(日本アイソトープ協会編, 丸善))

B~E, イ:図のように、比較的低い光子エネルギーでは主に光電効果が起こる。光電効果は、光子の全エネルギーが物質原子に吸収され、原子から軌道電子が放出される現象で、特に K 殻の軌道電子が放出されやすい。光電効果の原子断面積は、おおよそ物質の原子番号の4~5 乗に比例し、光子エネルギーの3.5 乗に反比例する。

光子エネルギーが高くなると、コンプトン散乱が主要な相互作用になってくる。コンプトン散乱は、光子と軌道電子の弾性衝突によってコンプトン電子と散乱光子が生じる現象で、光子は電子にエネルギーの一部を与えるため、散乱光子は元の光子よりもエネルギーが低くなる。散乱光子は物質外へ逃れるか、引き続きコンプトン散乱や光電効果を起こす。

さらに光子エネルギーが高くなると、電子対生成が起きてくる。電子対生成は、光子が原子核近傍で消滅し、電子と陽電子の一対を生じる現象である。電子と陽電子の静止エネルギーは、どちらも 511 keV のため、1022 keV を下回る光子エネルギーでは、この相互作用は起こらない。

F:なお、原子の内殻軌道の電子が放出されて空孔が生じると、より外殻の電子がそれを埋めることにより、単一エネルギーの特性 X 線あるいはオージェ電子が放出される。このエネルギースペクトルが物質の特性を反映するため、物質の元素分析や電子状態の研究をすることができる。

- 注) $G \sim I$: スパー (スプール) は、低 LET 放射線では離散的に生成するが、高 LET 放射線では連続的に生成する。スパー内では、ヒドロキシルラジカル、水素ラジカル、水和電子などの活性種が生じており、これらは生体構成分子を損傷する。これを間接作用という。低 LET 放射線の生体に対する影響では、直接作用に比べて間接作用の寄与が大きい。
 - J, ウ:放射線から吸収されたエネルギー $100 \, eV$ 当たりの,これらの活性種が生成する数を G 値と呼び、ヒドロキシルラジカルと水和電子では、低 LET 放射線の場合、3 程度である。
 - K, L:グルタチオンは分子内にSH基を有し、ヒドロキシルラジカルなどの酸化力の強い物質を還元して失活させる効果があり、防護剤として使える可能性がある。
- 注)M, N, エ: DNA は4種類の塩基(アデニン, グアニン, チミン, シトシン), 糖, リン酸の三つの成分で構成され, 塩基の対合性を利用して水素結合した二重らせん構造の鎖状分子である。
 - オ:ヒトの細胞に 1 Gy の γ 線が吸収された時、細胞 1 個当たり 2 本鎖切断が $16\sim40$ 個、1 本鎖切断が $600\sim1000$ 個生成するといわれている。
 - O:ヒトの DNA 修復機構において,1本鎖切断の修復は,損傷を受けていない方の DNA 鎖を鋳型として修復するため,ほとんどの場合は正しく修復される。2本鎖切断の修復には,相同組換え修復と非相同末端結合がある。前者では,細胞分裂の特定の周期だけ,姉妹染色分体を鋳型にした修復が行われる。これに対し,後者では切断部位を DNA の欠失を伴いながら修復するため,突然変異を伴いやすい。さらに損傷が近接し,DNA らせん 1~2巻(おおよそ 10~20 塩基対)に複数個以上の損傷がある場合をクラスター損傷と呼び、修復は困難となる。

問 2	次のⅠ~Ⅲの文章の	の部分に入る最も適切な語句又は数値を,	それぞれの解答群から1つだ
l.	け選べ。		

I 放射線による確率的影響は、細胞に生じた突然変異が引き金となって起こる。突然変異の生成から 影響の発現に至るプロセスは、次のように考えられている。

放射線照射された細胞では DNA に塩基損傷,1 本鎖切断,2 本鎖切断等の損傷が生じる。これらの DNA 損傷は,細胞に本来備わっている修復機構により修復される。生体の機能維持にも重要な 2 本鎖切断の修復機構には主として A と B の 2 経路が知られているが,修復の誤りが生じやすいのは, A である。

不完全または誤った修復がなされた場合は、C 等による細胞死を起こすだけでなく、細胞死を免れて DNA 上の遺伝子の情報が変化したまま増殖して、遺伝子突然変異や染色体突然変異(染色体異常)を起こすこともある。遺伝子突然変異には塩基の置換やD 等が含まれる。染色体異常としては、モノソミーやトリソミーなどのE 異常は起こりにくく、D ,逆位、環状染色体、転座、二動原体染色体などのF 異常が起きやすいとされている。

突然変異を有する体細胞では、形質転換を起こしてがん化する確率が高くなり、生殖細胞に生じた 突然変異は子孫に伝達されて遺伝的損傷や遺伝性疾患が発生する可能性が増す。

<A. Bの解答群>

- 1 塩基除去修復 2 ヌクレオチド除去修復 3 非相同末端結合 4 相同組換え修復 <C, Dの解答群>
 - 1 アポトーシス 2 エクソサイトーシス 3 エンドサイトーシス 4 脱落
 - 5 分割 6 欠失

	\leq E	, F	の解	答群	>																		
	1	娄	效的		2	質的	勺	3	3 7	機能		4	椲	造									
Π	ヒ	: 1	こおり	けるカ	放射網	泉発え	ぎんの)調子	至研?	究と	して	は,	原爆	被爆	者の)疫等	之調了	上が	代表的	的な	もの、	であ	り, 白
	血病	うとそ	それじ	以外の	の臓器	岩・糸	且織に	こ生し	ごる	多く	の固	形が	んて	線量	と発	€生≅	三と 0	り関付	系が	明ら	かに	され	ている
	日	本力	しでに	は少な	ない[G		白血	病を	除レ	たち	易合,	1白	血病に	す, オ	被爆	後2-	~3 4	羊では	曽加	しは	じめ	, 6~7
	年で	ドピー	- クと	こなし), -	それば	以降り	で第り	こ減	少し	てい	るの	が特	徴で	ある	, , , ,	これり	こ対	して,	乳	房,「	甲状	腺,膀
	脱,	卵巢	单, 盾	节,糸	吉腸,	食道	道なと	ごにき	主じ	る固	形カ	ふんに	は,初	皮爆衫	美 10	~ 15	年く	らし	いでt	曽加:	が始	まり	, 年と
	とも	に増	曽加し	続い	ナてき	вり,	統計	十的に	こ有	意な	発生	率の	増加]が認	はめら	っれて	こいる	, o	しか	L,	前立	腺,	子宫,
	直腸	ij, [Н		など	の固	形が	んに	は有	意な	発生	上率均	曽加り	はみに	うれ	てい	ない	0					
	ح	の』	ように	Ξ, Ε	白血り	おとほ	国形カ	ぶんて	では	潜伏	期と	発生	パタ	ーン	が舅	具なる	らが,	横	軸に	波ば	く線	量,	縦軸に
	発生	:率を	ととっ	った約	泉量を	动果	関係で	でもぇ	違い	がみ	られ	l, É	山川	病にし	t,		I	モラ	デルカ	ðš,	また[固形	がんに
	は,		J	モ	デル	がそ	れぞ	れ適	用さ	れて	[V1]	3 ₀											
	_	方,	放身	寸線り	こより	る遺伝	云性	(的)	影	響に	つい	ては	٠, ح	れま	での)原焓	 	暴者(の調	査で	は, 1	波爆	してい
	ない	集回	11と上	とべて	て有意	意なえ	をは 詰	なめら	っれ	てい	ない	。 Ł	10	おけ	る遺	量伝性	生 (自	匀) ;	影響(の発	生率	を推	定する
	方法	きとし	して,	シ	ョウ:	ジョウ	ナバコ	こやっ	マウ	スな	どの	動物	実騎	能によ	りす	えめた	:突然	《変	異率	から	線量	率 効	果や動
	物種	差等	争いく	、つれ	かのり	要因で	で補正	ELT	て直	接推	定す	る直	接法	きと,	総タ	ミ然変	で異≥	を	自然组	突然	変異	率の	2 倍に
	する	のに	こ必要	更な糸	線量,	すれ	なわせ	Ď, []	K	を重	動物質	実験	によ	り求	め,	ヒト	の遺	遺伝性	生疾	患のト	自然	発生率
	と比	ご較し	して木	目対自	的な	発生=	軽を扌	能定"	する	間接	法と	こがま	5る。		K	カ	大き	14	と遺作	云性	(的)	影	響は起
	こり	12 <	くいた)Š, l	ニト ~	では、	マウフ	く等の	の実	験か	5 [ア	(Gy 程	度と	推分	ミされ	してい	いる。)			
	<G	, Н	の解	答群	\$ >																		
	1	É	急性帽	骨髓性	生	2	慢性	生骨骼	迶性		3	急性	リン	パ性	:	4	慢性	生リ	ンパ	生			
	5	月.	日嚢			6	膵臓	敱			7	肝臓				8	胃						
	<i-< td=""><td>~K</td><td>の解</td><td>答群</td><td>></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></i-<>	~K	の解	答群	>																		
	1	ī	直線	4	2 2	次曲	線	3	<u>I</u> I	直線-	-23	欠曲網	泉	4	倍	加線	量	5	쑠	- 価約	泉量		
	6	木	目対糸	泉量																			
	<ア	の角	解答帮	羊>																			
	1	0	. 1		2	0.2		3	1		4	5											
Ш	玉	際力		泉防	護委.	員会	(ICF	RP)	が拐	見唱す	トるた	汝射	線防	護体	系で	は,	確率	的	影響 (の防	護にる	あた	っては
	線量	と及て	が線	量率(の高値	氏にな	かかれ	つらす	ぎ 同	じ突	然変	異か	確率	5的に	生じ), 景	/響/)発	生率に	は線	量に	比例	すると
	いう	仮気	とに 差	もづい	いて,		L	モ	デル	が通	短用さ	されっ	CVI	3。									

この L モデルに従い、高線量・高線量率被ばくである原爆被爆者のがんの発生率から、リ スク係数(単位線量当たりのがんの発生率)を求める。低線量・低線量率被ばくでのリスク係数を推 定するために M を2として,原爆被爆者等のデータから得られたリスク係数を2で除するこ とにより低線量域でのリスク係数の推定値が得られる。

ICRPは、ある年齢分布の集団における確率的影響について男女で平均したリスク係数(名目リス ク係数)を勧告している。ICRP 2007 年勧告では、子供から老人までの全ての年齢集団(全集団)で 1 Sv 当たりのがんの名目リスク係数を 5.5%, 成人(18 歳から 64 歳までの就労年齢)集団で 4.1% としている。

同様に、遺伝性(的)影響の名目リスク係数も示されているが、ICRP 2007 年勧告では、評価対象 を被ばくした個人からみてはじめの

イ

世代までに限り、突然変異からの回復があることなど を考慮した結果, ICRP 1990 年勧告値より小さく, 1 Sv 当たり, 全集団で ウ %, 成人集団で 0.1% となった。

確率的影響の防護では、
L
モデルが前提となるので、確定的影響のように線量限度を設け て発生を防止することはできない。そこで臓器・組織によるリスクの違いに基づく N を用い て、放射線被ばくにおける \bigcirc の を算定し、 \bigcirc 0 限度を超えないように平常時の被ばくを制 限する。その値は、放射線業務従事者では5年間の積算値が エ mSv (いずれの一年において も オ mSv)と定められている。

<L, Mの解答群>

1 しきい線量のない直線

2 しきい線量のない2次曲線

3 しきい線量のない直線-2次曲線

4 線量・線量率効果係数

5 線量減少率

6 生物学的効果比

<イ~オの解答群>

1 0.2 2 0.4 6 2 7 3 8 4 9 15 3 0.6 4 0.8 5 1 10 25 11 35 12 50 13 100 14 120 15 150

<N. O の解答群>

1 放射線加重係数 2 組織加重係数 3 線質係数 4 等価線量 5 実効線量

6 吸収線量

[解答]

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

- 注)A、B: 2本鎖切断の修復には、非相同末端結合と相同組換え修復がある。相同組換え修復は、主に DNA 合成(複製)が行われた後、すなわち、細胞周期のS期後期から G_2 期に行われる修復機構である。 切断部の修復に際して、損傷を受けた DNA の近傍にある無傷の相同な DNA の配列を鋳型として 修復するため、修復エラーが生じない。他方、非相同末端結合は、切断された DNA を直接つなぐ 修復であるために修復エラーが生じやすい。
 - $C \sim F$: 修復エラーを生じた細胞がアポトーシスなどにより除去されずに、遺伝子の情報が変化したま ま増殖し、遺伝子突然変異や染色体突然変異(染色体異常)を引き起こすことがある。一般に、遺 伝子突然変異は、染色体の外観的な構造変化 (形態学的変化) は認められずに遺伝子だけが変化す る突然変異をさし、ヌクレオチドの欠失または挿入によりヌクレオチド数が減少または増加したり、 塩基の置換によるヌクレオチドの種類だけの変化などにより DNA 配列が変化したりする変異であ る。これに対して、染色体異常は、染色体に形態学的異常が認められることをいい、染色体の数の 異常(数的異常-モノソミーやトリソミーなど)と染色体の構造の異常(構造異常)とに分類され るが、放射線により誘発されるのは、主に、欠失・逆位・環状染色体・転座・二動原体染色体とい った構造異常である。

H-6I - 3J - 1 K - 4 $\mathcal{T}-3$

- 注)G、H:白血病は、骨髄性白血病とリンパ性白血病に大きく分類され、それらは、さらに急性と慢性に 分類されるが、急性骨髄性白血病は放射線で誘発されやすく、慢性リンパ性白血病は誘発されにく いことが知られている。一般に、放射線に誘発される白血病の潜伏期は短く、被ばく後2~3年で 増加しはじめ、6~7年後にピークとなるのに対し、固形がんの潜伏期は長く、十数年~数十年で ある。原爆被爆者の疫学調査によれば、肺がんや胃がん、結腸がんなどの多くのがんについて、統 計的に有意なリスクの上昇が認められるが、直腸がん、膵臓がん、子宮がん、前立腺がん、悪性リ ンパ腫については、有意なリスクの増加は見られていない。
 - Ⅰ. Ⅰ:放射線発がんのリスクは、実際のデータをもとに何らかのモデルにあてはめて推定される。放 射線発がんの線量効果関係は、白血病についてはLQ モデル(直線-2 次曲線モデル)が、固形が んについてはLモデル(直線モデル)が適合する。

- K, ア:放射線発がんについては、上述のように、主に原爆被爆者の疫学調査に基づいてリスクの推定がなされてきたが、遺伝性影響については被爆者の疫学調査のデータでは有意な増加は認められていない。したがって、ショウジョウバエやマウスなどを用いた動物実験のデータが情報源となる。遺伝性影響のリスク推定には直接法と間接法がある。直接法は、動物実験により求めた突然変異率を線量率効果や動物種差などの要因で補正して推定し、単位被ばく線量当たりの突然変異率で表す方法である。これに対し、間接法によるリスク推定では倍加線量という概念が用いられる。倍加線量とは、自然発生する突然変異と同数の突然変異を生じるのに必要な線量である。遺伝性影響に関する放射性感受性を比較する際に用いられ、倍加線量の値が大きければ、感受性が低いことになる。なお、ヒトについての倍加線量は、約1 Gv と推定されている。
- 注) L, M:被ばく線量が増加すれば発がんのリスクは高まる。ただし、ある線量以上(しきい線量以上)の被ばくをすると必ずがんが発生するのではなく、発生率が高くなるのみである。逆に、被ばく線量が少なくなると発がんのリスクは低下するが、がんは自然にも発生するので、低線量被ばくによる発がん率は自然発生率の変動の範囲内となってしまう。したがって、被ばく線量がどんなに少なくても、がんが誘発されるのかどうかは不明であるが、放射線防護の観点から、発がんのような確率的影響のリスクについては、しきい線量のない直線モデルが適用されている。また、線量が同じであっても線量率が異なればリスクが異なるので、その線量率の効果をあらわすための指標として線量・線量率効果係数(DDREF)がある。DDREFは、高線量率での効果に対する低線量率での効果の減少の比率の逆数となる。たとえば、高線量率に比べて低線量率の効果が 1/2 になった場合、DDREFは2ということになる。DDREFは、高線量・高線量率のデータを外挿して低線量・低線量率でのリスクを推定するために用いられる。
 - イ, ウ:遺伝性影響の名目リスク係数は, ICRP 1990 年勧告では, 1 Sv 当たり, 全集団で1.3%, 成人で0.8% であったのが, ICRP 2007 年勧告では, それぞれ, 0.2% および0.1% と, かなり小さな値になった。これは, 1990 年勧告では遺伝性影響が将来世代のすべてにわたるものとしていたのが, 2007 年勧告では被ばくした本人からみてはじめの2世代に限ったことと, 突然変異からの回復があることを考慮したためである。
 - N, O, エ, オ:ヒトへの確率的影響を評価するためには、被ばく線量の管理においては、吸収線量ではなく、放射線の線質やエネルギーを考慮し、さらに臓器・組織によって放射線感受性が異なることも考慮した実効線量が用いられなければならない。この臓器・組織の感受性(リスク)をあらわす係数が組織加重係数である。放射線業務従事者の実効線量限度は、5年間で100 mSv と定められているとともに、いずれの1年間においても50 mSv を超えてはならないとされている。

問3 次の I ~Ⅲの文章の の部分に入る最も適切な語句,数値又は数式を,それぞれの解答群から 1 つだけ選べ。

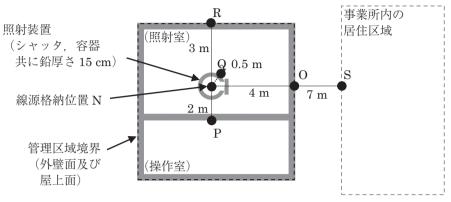


図1 γ線照射施設の平面図

I ある事業所では、コンクリートの壁及び天井(厚さ 60 cm)で囲まれた照射室と操作室からなる γ 線照射施設において、 60 Co 密封線源(10 GBq)1 個だけを取り付けて使用する照射装置(シャッタ、容器共に鉛厚さ 15 cm の遮蔽を備えたもの、以下「照射装置」という。)を用いることを検討している。シャッタ開放時の鉛容器の照射孔は点 O 方向に向いており、ビームは十分にコリメートされ、水平に照射される。照射室及び操作室の間はコンクリート壁(厚さ 60 cm)で隔てられており、照射装置のシャッタ操作は操作室から行われ、線源使用時(シャッタ開放中)は照射室には立ち入らない。操作室内の点 P は、線源 N から 2 m 離れている。線源保管時には、作業者は線源 N から 0.5 m まで近づくことができる(点 Q)。管理区域の境界はコンクリート外壁面及び屋上面であり、壁面及び屋上を含めて最も距離が短い境界上の点 R は線源 N から 3 m、ビーム軸上の点 O は 4 m 離れている。また、線源 N から 7 m の位置(点 S)に事業所内の居住区域がある。

ここで、作業者の1週間当たり最大となる実効線量、並びに管理区域の境界及び居住区域における3月間の実効線量を次の表の値を用いて評価する。

	ᄼᅺᆉᆉᇄᅝᆸᄝᅺᄼᄼᆇᆇᄼ	実効線量透過率						
線源	実効線量率定数 [μSv·m²·MBq ⁻¹ ·h ⁻¹]	鉛 5 cm	鉛 10 cm	鉛 15 cm	コンクリート 60 cm			
⁶⁰ Co	3.1×10 ⁻¹	8.3×10 ⁻²	4.8×10^{-3}	2.6×10^{-4}	9.2×10^{-3}			

なお、評価時間は人が常時立ち入る場所においては 1 週間につき 40 時間、管理区域の境界においては 3 月間 500 時間、居住区域においては 3 月間 2, 184 時間とする。また、散乱線の影響は考えないものとする。

線源を1週間につき最大40時間使用する状態か,又は最大40時間保管する状態で,施設内に立ち入る場合,使用施設内の人が常時立ち入る場所において線源の使用時及び保管時における作業者の実効線量は,それぞれ点Pの位置で最大A μ Sv及び点Qの位置で最大B μ Svとなる。これらの値はともに,法令で定める人が常時立ち入る場所における線量限度である1週間につき μ Svを超えない。

次に、線源を3月間につき最大500時間使用する状態か、又は最大500時間保管する状態で、事業

所内に立ち入る。 と,使用時及び				_		_	_					
と,使用時及び保管時は,それぞれ最大 \mathbf{C} μ Sv 及び \mathbf{D} μ Sv となる。これらの値はともに,法令で定める管理区域の設定に係る実効線量である 3 月間につき \mathbf{C} μ Sv を超えない。												
同様に、線源を3月間につき最大500時間使用する場合、事業所内の居住区域における実効線量を												
評価する。この場合,線源の使用時における実効線量は最大 $\boxed{}$ μ \sim												
で定める事業所内の居住区域における線量限度である3月間につき \bigcirc ウ \bigcirc μ Sv を超える。												
そこで、3月間における線源使用時間を短縮することも検討してみた。できる限り使用時間を長く												
することを考えた場合, エ 時間までであれば、線源の保管時の線量寄与も含めたとしても、												
法令で定める線量限度を超えずに使用できる。												
<a, bの解答群<="" td=""><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></a,>												
1 1.6×10^{-6}					7.5>				$\times 10^{-1}$		3.4×10	
6 1.8×10^{0}		6.7×	(10^{0})	8	2.7>	< 10 ¹	9	1.3	$\times 10^{2}$	10	2.4×10	3
<ア〜エの解答						_				_		
1 1.0 2		3	50	4		5	250					
	450	10	500	11	800	12	1,000	13	1,300	14	2,500	
15 3,000	4 <											
<c~e td="" の解答群<=""><td></td><td>1.00</td><td>×10=3</td><td>2</td><td>7 5</td><td>×10=2</td><td>4</td><td>2.4</td><td>$\times 10^{-1}$</td><td></td><td></td><td></td></c~e>		1.00	×10=3	2	7 5	×10=2	4	2.4	$\times 10^{-1}$			
$ \begin{array}{cccc} 1 & 1.6 \times 10^{-4} \\ 5 & 4.2 \times 10^{-1} \end{array} $			(10^{-3})		7.5>			2.7				
9 5.4 \times 10 ¹			(10^{0})		3.0>			4.6				
		2.4×			5.3>		12	4.0	^ 10 ⁻			
Ⅱ ⁶⁰ Co 密封線源							昭射装品	置12岁	5 荷するん	作業を	給討す 2	
照射装置に線		-										
5 cm) を照射装												
く、詰替装置か												
源から 0.5 m の												
h-1 となる。詰権												
量を 300 μ Sv 以	下に抑え	こること	こを考え	ると	,長く	とも[G	分以	以内で作	業を行	う必要な	ぶある。
次に,個人線												
は、体幹部に個	人線量計	十を着月	目する。	一般	に男性	生につ	いては	オ		、性 (#	妊娠の意	思のない旨
を書面で申し出	た者等を	:除く)	につい	ては	カ	に	個人線	量計で	を着用し	,	H を	測定する。
皮膚の等価線量	は,強烫	透過性で	であるγ	線に	ついて	'は, [Н	を測	測定する	ことて	. I	の代替値
とする管理が可	能である	る。さん	うに, オ	卡端部	(丰	など)	が体	幹部より	多くだ	放射線を	受けるおそ
れがある場合は,	末端部	なにも作	固人線量	量計を	着用す	トる。:	末端部	におい	って測定	すべき	:量は, [Iで
ある。												
<f の解答群=""></f>												
1 $3.2 \times 10^{\circ}$	2	6.0×1	10^{1}	3 2	6.6×10	$)^{2}$	4 1.1	1×10	³ 5	3.1>	$< 10^{3}$	
<g の解答群=""></g>												
1 2 2	3 3	5	4 (õ	5 8	6	10	7	16	8 20) 9	25
10 30	A411											
< オ〜キの解答。 1 頭部	辞> 2 頸部		n	,	, -	. 소 p	_ ,	دورا، واج		마는 수대	-	_L_n= 50
	けい			,	, –	· ÷17	5 Д	마스 소리	6	日台 立口	7	上 № 1 立7

<H. Iの解答群>

- 1 1 cm 線量当量 2 3 mm 線量当量 3 70μ m 線量当量
- Ⅲ ⁶⁰Co 密封線源(10 GBq)を事業所外において運搬することを考える。

線源を専用の詰替装置(鉛厚さ5 cm)に格納し、詰替装置ごと輸送容器に収納する。線源から輸送容器表面までの距離が50 cm であったとき、輸送容器表面の1時間当たりの実効線量は、輸送容器による遮蔽を無視すると F μ Sv·h⁻¹となる。ここでは、この値を1 cm 線量当量率とみなす。この輸送容器をA型輸送物として運搬する場合、輸送物表面における1 cm 線量当量率は J μ Sv·h⁻¹以下でなければならないが、その条件は満たす。一方、輸送物表面から1 m の地点の1 cm 線量当量率は K μ Sv·h⁻¹以下でなければならず、このままではその条件を満たさない。詰替装置と輸送容器の間に鉛5 cm の遮蔽を追加すれば、1 時間当たりの実効線量は、L μ Sv·h⁻¹となり条件を満たす。

- 1 1 2 2.5 3 5 4 15 5 50 6 100 7 500 8 1,000
- 9 2,000 10 5,000

<Lの解答群>

- 1 3.6×10^{-1} 2 3.4×10^{0} 3 6.7×10^{0} 4 1.5×10^{1} 5 1.2×10^{2}
- <M の解答群>
 - 1 TI = 0 2 $0.05 < TI \le 1$ 3 $1 < TI \le 10$ 4 10 < TI

[解答]

- I A-3 B-9 7-12 1-13 1-5 1-8 C-13 D-5 E-11
- 注)実効線量[μ Sv] = 実効線量率定数[μ Sv·m²·MBq¬¹·h¬¹]×放射能[MBq]×遮蔽体の実効線量透過率 (複数の遮蔽体がある場合には,各々の透過率の積を全体の透過率とする。)×評価時間[h]÷線源から 評価点までの距離[m]の2乗…… (1)
 - A:線源 N から点 P までの距離は $2 \, \text{m}$, 放射能は $10 \, \text{GBq} = 10 \times 10^3 \, \text{MBq}$, 遮蔽体は鉛 $15 \, \text{cm}$ とコンクリート $60 \, \text{cm}$, 評価時間は $40 \, \text{時間なので}$, $(1) \, 式より$, 線源使用時の実効線量は以下となる。
 - $(3.1 \times 10^{-1}) [\mu \text{ Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^3) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^4) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^4) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (10 \times 10^4) [\text{MBq}] \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (2.6 \times 10$
 - $(9.2 \times 10^{-3}) \times 40 [h] \div 2^{2} [m^{2}] = 0.074152 \div 7.5 \times 10^{-2} [\mu \text{ Sy}]$
 - B:線源Nから点Qまでの距離は $0.5\,\mathrm{m}$, 遮蔽体は鉛 $15\,\mathrm{cm}$ となる。その他の条件は設問Aと同様なので、(1)式より、線源保管時の実効線量は以下となる。
 - $(3.1\times10^{-1})\times(10\times10^{3})\times(2.6\times10^{-4})\times40\div0.5^{2}=128.96$

 $= 1.3 \times 10^2 [\mu \text{ Sv}]$

- ア:使用施設内の人が常時立ち入る場所における線量限度については、実効線量が1週間につき1mSvである。
- C:ビーム軸上の点O で評価する。線源Nから点Oまでの距離は4m, 遮蔽体はコンクリート60cm, 評価時間は500時間なので,(1)式より,線源使用時の管理区域の境界における実効線量は以下となる。
 - $(3.1\times10^{-1})\times(10\times10^{3})\times(9.2\times10^{-3})\times500\div4^{2}=891.25$

 $=9.0\times10^{2}$ [μ Sv]

D:線源と最も距離が短い点Rで評価する。線源Nから点Rまでの距離は3m, 遮蔽体は鉛15cmと

コンクリート $60 \, \mathrm{cm}$, 評価時間は $500 \, \mathrm{時間}$ なので、(1)式より、線源保管時の管理区域の境界における実効線量は以下となる。

 $(3.1 \times 10^{-1}) \times (10 \times 10^{3}) \times (2.6 \times 10^{-4}) \times (9.2 \times 10^{-3}) \times 500 \div 3^{2} = 0.41196$ $\div 4.2 \times 10^{-1} [\ \mu \text{ Sy}]$

- イ:管理区域の設定において、外部放射線に係る線量については、実効線量が3月間につき1.3 mSv である。
- E:線源 N から点 S までの距離は $7 \, \text{m}$, 遮蔽体はコンクリート $60 \, \text{cm}$, 評価時間は $500 \, \text{時間なので}$, (1) 式より、事業所内の居住区域における実効線量は以下となる。

 $(3.1 \times 10^{-1}) \times (10 \times 10^{3}) \times (9.2 \times 10^{-3}) \times 500 \div 7^{2} = 291.03 \div 3.0 \times 10^{2} [\mu \text{ Sv}]$

- ウ:事業所内の人が居住する区域における線量限度については、実効線量が 3 月間につき $250\,\mu$ Sv である。
- エ:線源使用時間をx時間,線源保管時間を(500-x)時間とし,線量限度である 250μ Sv を超えないとすると、次の式で表される。

 $\{(3.1\times10^{-1})\times(10\times10^{3})\times(9.2\times10^{-3})\times\mathbf{x}\div7^{2}\}+\{(3.1\times10^{-1})\times(10\times10^{3})\times10^{-1}\}\times(10\times10^{-1})\times(10\times1$

 $(2.6 \times 10^{-4}) \times (9.2 \times 10^{-3}) \times (500 - x) \div 7^{2}$ < 250 \$\text{\$\text{\$l\$}}\$ \$\text{\$l\$}, \$\text{\$x\$} < 429.51\$

よって選択肢の中で 429.51 時間を超えずに最も近い値は 400 時間である。

 $II \quad F-4 \quad G-7 \quad \forall -3 \quad \forall -6 \quad \forall -4 \quad H-1 \quad I-3$

よって選択肢の中で16.364分を超えずに最も近い値は16分である。

注)F:線源から作業者の距離は $0.5 \, \text{m}$,放射能は $10 \, \text{GBq} = 10 \times 10^3 \, \text{MBq}$,遮蔽体は鉛 $5 \, \text{cm}$ なので、 $1 \, \text{時間当たりの実効線量は以下となる。}$

 $\begin{array}{l} (3.1\times 10^{-1})\left[\;\mu\;\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\right]\times (10\times 10^3)\left[\text{MBq}\right]\times (8.3\times 10^{-2})\div 0.5^2\left[\text{m}^2\right]\\ = 1029.2 &\stackrel{.}{=} 1.1\times 10^3 \;\left[\;\mu\;\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\right] \end{array}$

- G:外部被ばく線量を 300 μ Sv 以下に抑える場合,作業時間を y 分とすると,次の式で表される。 $(1.1\times10^3)\left[\,\mu\,\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\right]\times(\text{y/60})\left[\text{h}\right]\,\leq\!300\left[\,\mu\,\text{Sv}\right]$ より,y $\leq\!16.364$
- オ,カ:胸部(女子(妊娠の意思のない旨を書面で申し出た者等を除く)にあっては腹部)について 1 cm 線量当量及び70 μ m 線量当量を測定する。
- H:個人線量計で測定される1cm線量当量は、外部被ばくによる実効線量や妊娠を申告した女子の腹部表面における等価線量を測定・評価するための量である。
- I:個人線量計で測定される 70μ m 線量当量は、外部被ばくによる皮膚の等価線量を測定・評価するための量である。また、体幹部均等被ばく及び体幹部不均等被ばくの場合、強透過性の γ 線については、 70μ m 線量当量と 1 cm 線量当量の値の差が小さいので、皮膚の等価線量は体幹部に着用した個人線量計から求めた 1 cm 線量当量とすることができる。
- キ:手,前腕部および足とくるぶし等の被ばくは「末端部被ばく」といい,その部位が高い被ばくを受けるおそれがある場合には,体幹部に着用する線量計のほか,末端部に線量計を着用する必要がある。
- III J-9 K-6 L-3 M-2
- 注) J、K:A型輸送物の技術上の基準の中に、
 - ① 表面における1cm線量当量率の最大値が2mSv毎時を超えないこと。
 - ② 表面から $1 \, \mathrm{m}$ 離れた位置における $1 \, \mathrm{cm}$ 線量当量率の最大値が $100 \, \mu$ Sv 毎時を超えないこと。 との定めがある。
 - L: 詰替装置と輸送容器の間に鉛5cmの遮蔽を追加した場合,遮蔽体の厚さは合計10cmとなる。また,線源から輸送物表面までの距離が50cmなので,線源と評価点の距離は合計1.5mとなる。

したがって、1時間当たりの実効線量は以下となる。

 $\begin{array}{l} (3.1\times 10^{-1})\left[\,\mu\,\mathrm{Sv}\cdot\mathrm{m}^{2}\cdot\mathrm{MBq^{-1}}\cdot\mathrm{h^{-1}}\right]\times(10\times 10^{3})\left[\mathrm{MBq}\right]\times(4.8\times 10^{-3})\div(0.5+1.0)^{2}[\mathrm{m}^{2}]\\ =6.6134\div6.7\times 10^{0}[\,\mu\,\mathrm{Sv}\cdot\mathrm{h^{-1}}] \end{array}$

M:輸送指数 (TRANSPORT INDEX) とは、運搬物の表面から1m離れた位置における1cm線量当量率をmSv毎時単位で表した値の最大値の100倍をいう。

 $(6.7 \times 10^{0}) \times 10^{-3} [\text{mSv} \cdot \text{h}^{-1}] \times 1.2 \times 100 = 0.804$

ただし、標識に表示する数値は小数点 2 桁目以下を切り上げて 0.9 とする。

の部分に入る最も適切な語句,記	定及び電離箱式サーベイメータに関する 号,数値又は数式を,それぞれの解答群か 点に,微小領域を想定する。この点にお	ら1つだけ選べ。
でに生成する正負いずれか一	内部で発生する全ての二次電子(陽電子を 方の電荷(以下,単に電荷という。)の全 空気を検出気体として用いた電離箱では,	てを, その微小領域の空気の
を作る。このようにして有感的 られる <u>C</u> の電荷で補償 した電離箱(以下,単に電離	た二次電子の一部は,有感領域の外へ飛び出 領域の外に生じた電荷が,領域外で発生す されるとき,照射線量の測定が可能とな 箱線量計という。)では,壁の主材に, [中で発生する二次電子により電荷の補償が	る二次電子により領域内で作る。照射線量の測定を目的と D などの E の物
容積 1,000 cm ³ の電離箱線量 き,単位時間当たりに発生し かれている場所の照射線量率(出される。 電離箱線量計により,照射	量計に放射線を照射したところ $10 \mathrm{pA}$ の電 ている電荷は、 $P C \cdot h^{-1}$ と計算さは、空気の密度を $0.0012 \mathrm{g \cdot cm^{-3}}$ とすると線量率 $X[C \cdot \mathrm{kg^{-1} \cdot h^{-1}}]$ が得られたとき、にして計算することができる。	れるので,電離箱線量計の置 1.,
$D=rac{$ 単位時間当たりの $igcap$	C 生成数×空気の F ×1.602 電離箱内の空気の G	$\times 10^{-19}$ (1)
$X = rac{$ 単位時間当たりの $\left[ight]}$ 電離箱内 o	C 生成数× H D 空気の G	(2)
$D = X \times \overline{}$	がける(3)式が導出される。]×1.602×10 ⁻¹⁹ H	(3)
	19 は,エネルギーの単位を換算するための数値は, X の数値におおよそ $\boxed{\hspace{1.5cm}}$ エ $\boxed{\hspace{1.5cm}}$ を	
1 全ての種類の荷電粒子5 圧力	2 光子3 中性子4 全て6 質量7 体積8 密度	の種類の放射線

9	質量阻止能														
< C	の解答群>														
1	制動放射線		2	δ線		3	フ	リーラ	ジカル	V 4	4 電	子一隊	場電子	対	
5	電子-イオ	ン対	6	電子-	-正孔対	-									
< D.	Eの解答群と	>													
	アクリル樹		2 タ	ングフ	ステン	3	黄銅	4	鉛	5	空気	等価			
	高原子番号						絶縁								
	,イの解答群														
	7.2×10^{-9}		3.6×	10^{-8}	3	6.0×	10^{-7}	4	1.2×	$< 10^{-6}$	5	3.03	$\times 10^{-5}$		
	7.2×10^{-4}														
	~Hの解答群>		0.0			••••			1.2			0.0			
			体積		3	密月	宇		4	圧力					
5					† 7						阳止能				
	電気素量							VIV. 3.2.							
	の解答群>	10	小工厂		- 11	123	<i>3019</i> C		12	1 5	77] 至				
	eV·Gy ⁻¹	2 ,	$eV \cdot I^{-1}$	3	Gv.e	\mathbf{v}^{-1}	1	I.eV	-1	5 I.	Gv^{-1}				
	の解答群>	2 '	C v J	J	dy c	· •	7	Jev		0)	Су				
	1.3×10^{-5}	2	6 0×	10-3	3	0 16	1	3/1	5	080					
	射線施設の管:										ベイメ	一夕。	がある	> ,	のま
	イメータは、		_		_										
	通常,線量率				_										
	造市、 林里平 的にしか出な					7 2 10	(HC //	VHI 42 2	(45 .), A /	小いれ ボン 、	,,,	<i>)</i> (C,	NX 31 1	V C /\J
	離箱式サーベ					(z	然)の	估がま	·군소	h スト	うに捻	正名	h てい	Z	
	施相以り K (率) は,														2
	<u>K</u> (学) は, は約 オ	,		/エメ(ツ	又4人7水 生	! (``	ر م ا _ر	15 N	又ロゾバー	八さく	, 冰水/次	K W	CS V)	勿口,	, -(
	は形 <u></u>	,		- t 全山	並の生	. 提出) マ 😑	を形っ	キフィ		(++	¬°)	ふミイナ1	足して	1. 7	は 活
	い。通常はキ														
	,線量率が変														
	表示の機器の														
	る。サーベイ		•										直に変	1Ľ L 7	72 8
	。線量率が変	11207	からも	杪後())指不他	は、飲	包相指	不値の) _ C)	となる	0			
-	Jの解答群>	el-t- Let	0				፣ ታግ ለቤ		0.11	e tr.	_ =	.1 244 -1-	_		
	エネルギー										5 音	十数学	<u> 2</u>		
	ピーク線量	率	7	槓算級	量	8)	パルス	波高分	市						
	の解答群>														
_	空気カーマ	2	実効	J線量	3	1 cm	線量当	量	4	方向性	線量当	量			
	の解答群>														
	1.2 2		3	3.2	4 4	1.2	5	5.2							
$<$ L $^{-}$	~N の解答群>	>													
1					α線と	•							差	7	積
8	商 9	回復	時間	10	時定数		11	遅延	時間	12	分解	侍間			

<0の解答群>

1 $1 - \exp(-t/\tau)$ 2 $\exp(-t/\tau)$ 3 $1 - \exp(-0.693 t/\tau)$ 4 $\exp(-0.693 t/\tau)$ 5 $1 - \exp(0.693 \tau/t)$ 6 $\exp(\tau/t)$

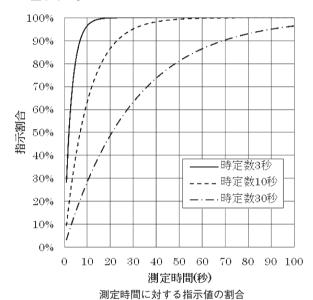
「解答〕

I A-2 B-6 C-5 D-1 E-5
$$\mathcal{T}$$
-2 \mathcal{I} -5 F-5 G-1 H-9 \mathcal{T} -4 \mathcal{I} -4

- 注)A, B: 照射線量とは、光子(X線や γ 線)で単位質量の空気を照射して生じた電荷の量で、単位は $C \cdot kg^{-1}$ である。
 - C:荷電粒子が気体中を通過すると,気体分子を電離し電子とイオンの対(電子-イオン対)を多数生成する。
 - D: 照射線量の算出には、光子照射により有感領域で発生する二次電子が生成した電荷の総量[C]が必要である。しかし実際には有感領域外で二次電子が発生する場合もあるため、その不足分の補償が必要となる。検出器内部には空気が充填されているので、その周囲に空気に近い元素組成をもつ素材で壁を作ることで、壁材から発生する二次電子により電荷の補償が行われている。設問の選択肢で空気に近い元素で構成された物質はアクリル樹脂である。
 - E:設問Dの壁の補償特性が空気の層と等しい場合、この壁材を空気等価物質と呼ぶ。
 - ア: $10[pA] = 10 \times 10^{-12}[A]$ である。 $1[A] = 1[C \cdot s^{-1}]$ であることから,1h(=3600 s)当たりに発生している電荷は、 $10 \times 10^{-12} \times 3600 = 3.6 \times 10^{-8}[C \cdot h^{-1}]$ となる。
 - イ:容積 1,000 cm³ の空気の質量は $0.0012 \times 1000 \times 10^{-3} = 1.2 \times 10^{-3} [kg]$ であることから、照射線量率は $(3.6 \times 10^{-8}) \div (1.2 \times 10^{-3}) = 3.0 \times 10^{-5} [\mathbf{C} \cdot \mathbf{kg}^{-1} \cdot \mathbf{h}^{-1}]$ となる。
 - F:物質中で 1 対の電子-イオン対を作るのに必要な平均エネルギーを W 値という。
 - G:空気吸収線量率D の単位 $[Gy \cdot h^{-1}]$ は $[J \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}]$ と書き直すことができる。式 (1) の右辺の分子は,単位時間 (h) 当たりのエネルギー (eV 単位のW 値をJ 単位に変換)を表していることから,分母は kg 単位の質量となる。
 - H:電気素量は電子や陽子 1 個の電荷の大きさに等しく $1.602 \times 10^{-19} [C]$ である。式(2)の照射線量率Xの単位は $[C \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}]$ で,右辺の分子は単位時間(h)に生成される電荷 $[C \cdot h^{-1}]$ を表している。
 - ウ:1 [eV]= 1.6×10^{-19} [J]
 - エ:式(3)の右辺分子の 1.602×10^{-19} [$\mathbf{J}\cdot\mathbf{eV}^{-1}$]と分母 \mathbf{H} の 1.602×10^{-19} [\mathbf{C}]は同値のため, \mathbf{D} の数値 は \mathbf{X} に空気の \mathbf{W} 値である 34[\mathbf{eV}]を乗じた値となる。
 - II I 1 J 7 K 3 ± 1 L 2 M 7 N 10 O 1
- 注) I: 放射線に対する測定器の応答特性(感度など)は,入射エネルギーによって変わるのが普通である。このため,サーベイメータが表示する値($1\,\mathrm{cm}$ 線量当量など)の正しさの程度は,エネルギーによって変わる。この性質のことをエネルギー特性とよぶ。通常のサーベイメータはあるエネルギー(例えば $^{137}\mathrm{Cs}$ の γ 線エネルギー $0.662\,\mathrm{MeV}$)において正しい値を表示するように校正されている。校正点とエネルギーが異なる場合に真の値を求めたいときは,サーベイメータの表示値に補正係数を乗じる必要がある。エネルギー特性はエネルギー依存性とも呼ばれ,広いエネルギー範囲で補正係数が $1\,\mathrm{に近い場合}$,エネルギー特性が良い(又は優れている),あるいはエネルギー依存性が小さい(又は少ない)と表記される。
 - J:連続的に放射線を発生する場合は線量率,瞬間的に放射線を発生する場合は積算線量と,測定対象の放射線の時間変化を考慮して測定モードを使い分ける。設問 O の解説で,指示値読み取りの待ち時間について述べているが,瞬間的な放射線発生では線量率測定モードでの指示値の読み取りは

できない。

- K:1 cm 線量当量とは、国際放射線単位測定委員会(ICRU)が測定のための実用量として導入した値である。人の軟組織と等価の物質で作られた直径30 cm の球(ICRU 球)に放射線が入射した際に、その球の表面から1 cm の深さにおける線量当量を1 cm 線量当量という。法令では実効線量は1 cm 線量当量で算定するため、電離箱式サーベイメータでも1 cm 線量当量(率)で表示されている。
- オ:JIS Z 4511:2005 によると、空気カーマから 1 cm 線量当量への換算係数は「場所」と「個人」の 2 種類があり、設問の「場所」での 137 Cs(0.662 MeV)の場合、換算係数は 1.2 Sv/Gy である。
- L: キャップを外すことで、検出器入射部で放射線が吸収されづらくなるため、 β 線が入射できるようになる。
- M, N:時定数とは出力回路 (積分回路) の抵抗値 $[\Omega]$ と静電容量 [F] の積であり、回路の出力値、すなわちサーベイメータの指示値が飽和値(目標値)の 63%($=1-e^{-1}$)に達するまでの時間に相当する。
- O:3つの異なる時定数において、式 $1-\exp(-t/\tau)$ を用いて作成した測定時間に対する指示値の割合を以下の図に示す。適切な値を読みとるには、指示割合が 95% 以上になるように、時定数の 3 倍以上の時間を待つことが望ましい。



問 5 次の $I \sim \coprod$ の文章の の部分に入る最も適切な語句、数値又は数式を、それぞれの解答群から 1 つだけ選べ。

I ある微小な球体に入射した光子の数を、その球の大円の断面積で除したものをフルエンスという。 また、光子の A の平均値とフルエンスの積をエネルギーフルエンスという。

よくコリメートされた単色の光子束(フルエンス ϕ)が、遮蔽板へ垂直に入射する場合を考える。ここで、遮蔽板が十分に薄い(厚さ $\mathrm{d}x[\mathrm{m}]$)とき、光子と物質の相互作用によるフルエンスの減少は、

$$-\mathbf{d}\,\phi = \mu\phi\,\mathbf{d}x\tag{1}$$

と表わされる。ここで、 μ は相互作用の起こりやすさを表す係数でB と呼ばれる。つまり、

	遮蔽机	反をμ ⁻¹ の距離([C	・呼ばれ	いる) だけ追	通過する	るごとに,	通過光	子数は「ア	となる。
	また,	μを物質の密度で	で割った値	は I	<u>μ</u> _m とι	呼ばれ	,物質に固	有な値	直である。	
	一力	方、エネルギーフル	レエンス $\phi_{ m I}$	の減少	き, 同様に	-,				
					$=\mu_{\rm E}\phi_{\rm E}\mathrm{d}x$				(2)	
		oされ, 係数μ _E は								
		C与えられれば μ =							<u> </u>	
	散乱に	こよる散乱光子,あ	あるいは電	子対生	成に引き続	き発生	する (う	「物質外にエネル	/ギーを持
	ち去る	らため、 $\mu > \mu_E$ と	なる。							
	<a~< td=""><td>Eの解答群></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></a~<>	Eの解答群>								
	1	幾何学的効率		2 -	エネルギー			3	空気カーマ	
	4	質量エネルギー吸	及収係数	5	質量減弱係	数		6	衝突阻止能	
	7	線エネルギー吸り	又係数	8 7	線エネルギ	一付与	(LET)	9	線減弱係数	
	10	線質係数		11 7	線阻止能			12	線量当量	
	13	半価層		14	飛程			15	平均自由行程	
	< ア の)解答群>								
	1	$\frac{1}{10}$ 2 $\frac{1}{\pi}$	$\frac{1}{3}$	4 =	1					
		10 00	е	2	2					
		Gの解答群>		0.3			ec. 12			
		オージェ電子							. 	
	4	113100000000000000000000000000000000000							七子	
	7	特性X線	8 内部	転換電-	子	9	熱中性子	-		
		陽子		~ PP /	+	, , , ,	BB 21. 2		ATTIN (M. 1. O	
Π		D μ _m と光子コ								
		: 物質の相互作用で たっこねよりよう								
		また,これよりもii tりも低いエネルコ]の奇子が増入	、し、逆に
									> わ ト Z 「 ノ	一 垂 /*
[こ, μ _m と原子番・								
		では <i>Z</i> のおお 比例することが知ら			_, & & U [J	(\a Z	ハわわ	よて [#	:1-, ~10
		LMリターことが知ら -Jの解答群>	211 C V+2	0						
			9	首電子:	 	2	後 古勘到	,	1 米雷効里	
		核異性体転移 コンプトン散乱							・ ル电加木 3 トンネル効果	1
									3 トンホル効果 2 レイリー散舌	
		ウの解答群>	10 /	9 7 4	1、自义自L	11	ノベン版自	L I	2 レイリー 試音	4
		0 2 0.5	3	1	1 2	5	3 6	1		
)解答群>	3	1	4 2	J	3 0	4		
		0 2 0.5	~1 °	1.5	~2.5	1 3	~1	5 5~	~7	
Ш		こ、遮蔽板が存在し								シラマみト
		なお,空気の影響に								
	り。 。 射され		~ W N! C G	J U V)	_ / ·∪o	· - , · · Lī	11/21/21/10 1/21 1/21/21/21 1/21/21/21 1/21/21/21 1/21/21/21 1/21/21/21 1/21/21/21	- 1 300		T-1C-17 /JX
		こる。 ごめに,放射能 <i>A</i> [Balの貞縛	源につ	いて. 図1	のよう	うに. この	点線源	を中心とする半	· 径 R。「m]
		. , ///////////////////////////////////	. 11 - 1111/1/4		- , = +	,	,		_ , / _ /	, = -a [* * *]

の球を考えると、この球面における単位時間・単位面積当たりのγ線通過本数、すなわち光子フルエ

ンス率はK $\times A$ である。つまり、点線源による光子フルエンス率は点線源からの距離の \uparrow 乗に比例する。

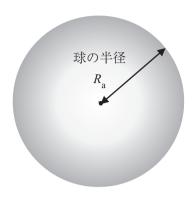
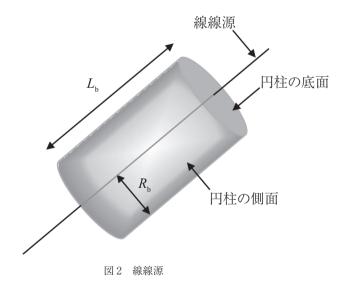
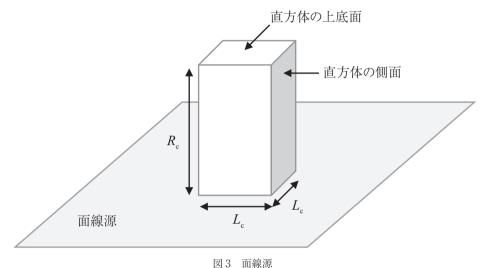


図1 点線源

次に、単位長さ当たりの放射能が $B[\mathbf{Bq\cdot m^{-1}}]$ の十分に長い線線源について、図 2 のように、線線源の周りに半径 $R_b[\mathbf{m}]$ 、高さ $L_b[\mathbf{m}]$ の円柱(L_b は線線源よりも十分に短い)を考える。この円柱内部の放射能は $BL_b[\mathbf{Bq}]$ である。ここで、線線源が十分に長いことから、円柱の底面(上底面と下底面)から出入りする γ 線の本数は相殺する(差し引き 0 本)と考えられるので、この円柱側面における光子フルエンス率は $\boxed{\mathbf{L}} \times \mathbf{B}$ である。つまり、十分に長い線線源による光子フルエンス率は線線源からの距離の $\boxed{}$ 乗に比例する。



最後に、単位面積当たりの放射能が $C[\mathbf{Bq \cdot m^{-2}}]$ の十分に広い面線源について、図3のように、面線源の表面上に一辺が $L_c[\mathbf{m}]$ で高さが $R_c[\mathbf{m}]$ の直方体 (L_c は面線源の一辺よりも十分に短い) を考える。この直方体内部の放射能は $CL_c^2[\mathbf{Bq}]$ である。ここで、面線源が十分に広いことから、直方体の4つの各側面から出入りする γ 線の本数は相殺する(差し引き 0 本)と考えられるので、この上底面の光子フルエンス率は \mathbf{M} ×C である。つまり、十分に広い面線源による光子フルエンス率は面線源からの距離の \mathbf{x} 年に比例する。この状況は、空気の影響を無視すると、平地に \mathbf{x} が均等に降り積もった場合などに当てはまる。



<Kの解答群>

1
$$\frac{1}{4\pi R_a^2}$$
 2 $\frac{1}{\pi R_a^2}$ 3 $\frac{\pi}{R_a^2}$ 4 $\frac{1}{4\pi R_a}$ 5 $\frac{\pi}{R_a}$ 6 $\frac{4\pi}{R_a}$ 7 $\frac{R_a}{\pi}$ 8 πR_a

9
$$4 \pi R_a$$
 10 $\frac{1}{4 \pi}$ 11 $\frac{1}{\pi}$ 12 4π

<オ~キの解答群>

<Lの解答群>

$$1 \quad \frac{1}{2\pi R_b^2} \quad 2 \quad \frac{1}{\pi R_b^2} \quad 3 \quad \frac{\pi}{R_b^2} \quad 4 \quad \frac{1}{2\pi R_b} \quad 5 \quad \frac{\pi}{R_b} \quad 6 \quad \frac{2\pi}{R_b} \quad 7 \quad \frac{R_b}{\pi} \quad 8 \quad \pi R_b$$

9
$$2\pi R_b$$
 10 $\frac{1}{2\pi}$ 11 $\frac{1}{\pi}$ 12 2π

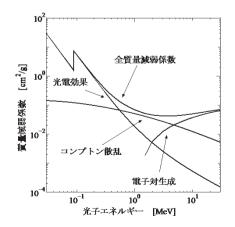
<M の解答群>

1
$$\frac{1}{2R_c^2}$$
 2 $\frac{1}{\pi R_c^2}$ 3 $\frac{\pi}{R_c^2}$ 4 $\frac{1}{2R_c}$ 5 $\frac{\pi}{R_c}$ 6 $\frac{2}{R_c}$ 7 $\frac{R_c}{\pi}$ 8 πR_c 9 $2R_c$ 10 $\frac{1}{2}$ 11 $\frac{1}{\pi}$ 12 2

- I A-2 B-9 C-15 D-5 * E-7 $\mathcal{T}-3$ F-7 G-4
- 注) $A: フルエンスは単位面積を通過する粒子または光子の数(標準単位系での単位は <math>m^{-2}$)を表し、エネルギーフルエンスは単位面積を通過するエネルギー量(単位は $I \cdot m^{-2}$)を表す。
 - B, C, ア, D:(1) の微分方程式を解くと $\phi = \phi_0 e^{-\mu x}$ が得られる(ϕ_0 は遮蔽板への入射フルエンス)。 この式に $x = 1/\mu$ を代入すると $= \phi_0 e^{-1}$ となり,フルエンスが 1/e になることがわかる。なお,線源弱係数の単位は m^{-1} . 質量減弱係数の単位は m^2 ・kg $^{-1}$ である。
 - F, G:光電効果, コンプトン効果および電子対生成による線減弱係数の成分をそれぞれ $_{ au}$, $_{\sigma}$, $_{\kappa}$ と表すと, 線減弱係数 $_{\mu}$ は $_{\mu}=_{\tau}+_{\sigma}+_{\kappa}$ と書ける ($_{\mu}$ は全線減弱係数とも呼ばれる)。一方, 線エネルギー吸収係数は遮蔽物質によるエネルギーの吸収に着目している量であるが, たとえば, 電子対生成後に生じる消滅光子 (511 keV) は透過能力が高いため, 遮蔽体にエネルギーを付与せずに, 外部に散逸しやすい。 この場合, 消滅光子はエネルギー吸収に寄与しない。同様に, 光電効果に伴い発生する特性 X 線, コンプトン散乱光子などもエネルギーの一部を遮蔽体の外部に持ち去る。よって, 線エネルギー吸収係数 $_{\mu_E}$ は, $_{\mu_E}=(1-f_{\tau})_{\tau}+(1-f_{\sigma})_{\sigma}+(1-f_{\kappa})_{\kappa}$ という形に書くことができる。ここで, f はそれぞれの相互作用においてエネルギーが散逸する割合であり, 0 < f < 1 である。したがって, $_{\mu}>_{\mu_E}$ となる。
 - *Eは2019年7月19日付で(公財)原子力安全技術センターから修正有 http://www.nsr.go.jp/disclosure/law/RI/0000005.html

 $I \quad H-5 \quad I-7 \quad I-4 \quad A-1 \quad b-3 \quad x-4$

- 注) $H \sim J$: 遮蔽体が鉛の場合の光電効果,コンプトン効果および電子対生成による質量減弱係数,ならびにそれらの和(全質量減弱係数)を図に示す(データはアイソトープ手帳第 11 版から引用)。この図から、光子エネルギーが増加するに連れて、光電効果、コンプトン効果、電子対生成の順で全体への寄与が増すことがわかる。
 - イ~エ:線減弱係数 μ や質量減弱係数 μ m の原子番号依存性は大事なので,覚えておくことを勧める。なお,どちらかを覚えていれば,次のように考えることで互いに換算することも可能である。おおまかな概算にすぎないが,参考までに説明する。遮蔽体の密度を ρ とすると, $\mu=\rho\cdot\mu$ m と書ける。ここで,典型的な固体の場合,密度はおおよそ原子番号 Z に比例して増える。したがって,コンプトン効果の線減弱係数が原子番号 Z の 1 乗にほぼ比例することを知っていれば,質量減弱係数は Z の 0 乗に比例すると推定できる。同様に,電子対生成の線減弱係数が Z の 2 乗,光電効果が4~5 乗に比例することを知っていれば,質量減弱係数はそれぞれ Z の 1 乗,3~4 乗に比例すると推察できる。



- 注) γ 線は線源から等方的に放出される。したがって,1 秒間に線源から放出される γ 線の本数 N を注目している空間の表面積 S で割れば,単位時間・単位面積当たりの γ 線透過本数 ϕ' がわかる。いまは γ 線放出率が 1 の線源を考えているので,放射能が A[Ba]のとき, $\phi'=N/S=A/S$ である。
 - K, オ: 半径 R_a の球の表面積は $S=4\pi R_a^2$ だから, $\phi'=\{1/(4\pi R_a^2)\}\times A$ となる。
 - L, カ:問題文に書かれているように、円筒の底面を出入りする γ 線は考えなくてよい。円柱側面の面積は $S=2\pi R_b L_b$ だから、 $\phi'=(BL_b)/(2\pi R_b L_b)=\{1/(2\pi R_b)\}\times B$ である。
 - M, キ:上記と同様に直方体の側面を出入りする γ 線は考えなくてよく,面線源に対して垂直方向への放出のみを考慮すればよい。そのうち,垂直上向きに放出された γ 線のみが直方体の上底面を透過する。上底面の面積は $S=L_c^2$ だから, $\phi'=\{(1/2)\times (CL_c^2)\}/(L_c^2)=(1/2)\times C$ が得られる。

管理技術Ⅱ

第59回 (平成29年)

次の各間について、1から5までの5つの選択肢の5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 線エネルギー吸収係数 — MeV·m⁻¹

B 散乱断面積 — m²

C 質量阻止能 — MeV·kg⁻¹·m²

D 飛程 — m²·kg⁻¹

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

[解答]

- 注) A : 誤 線エネルギー吸収係数は、単位距離当たりに入射放射線が物質に吸収される割合を表したもので、 \mathbf{m}^{-1} で表記される。
 - B:正 散乱断面積は、入射放射線が物質との相互作用で散乱される確率を表したもので、バーン $(1 \text{ barn} = 10^{-28} \text{m}^2)$ で表記される。
 - C:正 質量阻止能は、入射放射線が物質との相互作用で単位長さ当たりに失うエネルギーを対象物質の密度で割ったもので、 $MeV\cdot kg^{-1}\cdot m^2 (=MeV/m \div kg/m^3)$ で表記される。
 - D:誤 飛程は,入射放射線が物質中でエネルギーを失って停止するまでの飛跡の長さで,mで表記される。簡易に最大飛程の近似計算を行うために物質密度で割った $g \cdot cm^{-2}$ で表記されることが多い。
- 問2 $^{40}_{20}$ Ca の一核子当たりの平均結合エネルギー[MeV]として最も近い値は次のうちどれか。ただし、 $^{40}_{20}$ Ca、陽子、中性子および電子の質量を、それぞれ 39.96259 u、1.00728 u、1.00867 u、および 0.00055 u とする。また、1 u=932 MeV とする。

1 7.75 2 8.02 3 8.29 4 8.56 5 8.93

〔解答〕

4

注)原子核の結合エネルギーは以下の式で計算できる。

 $E_b = (20 \times 1.00728 \text{ u}) + (20 \times 1.00867 \text{ u}) + (20 \times 0.00055 \text{ u}) -39.96259 \text{ u}$

 $E_b = 0.36741 \text{ u}$

質量数が40であるため、核子数 (陽子および中性子の合計数) 当たりの平均結合エネルギーは以下の通りとなる。

$$E_{b-unit} = \frac{0.36741 \text{ u}}{40} = 0.00918525 \text{ u} \approx 8.56 \text{ MeV}$$

問3 次のウランの同位体のうち、天然存在度が高い順に並べられているものはどれか。

- $1^{238}U$ > ^{235}U > ^{234}U
- $2^{238}U > {}^{234}U > {}^{235}U$
- $3^{235}U > {}^{238}U > {}^{234}U$
- $4^{234}U$ > ^{235}U > ^{238}U
- $5^{234}U > {}^{238}U > {}^{235}U$

[解答]

1

- 注) 234 U ウランの放射性同位体で,天然存在比は 0.0055% である。基底状態の半減期は 2.455×10^5 年である。
 - ²³⁵U ウランの放射性同位体で,天然存在比は 0.72% である。基底状態の半減期は 7.038×10⁸ 年である。
 - 238 U ウランの放射性同位体で,天然存在比は 99.27% である。基底状態の半減期は 4.468×10^9 年である。
 - よって天然存在比は、²³⁸U > ²³⁵U > ²³⁴Uとなる。
- **間4** 永続平衡が成立する親核種-娘核種の組として、正しいものの組合せはどれか。
 - A 90Sr 90Y
 - B 137Cs 137mBa
 - C 140Ba 140La
 - D ²¹⁰Bi ²¹⁰Po
 - 1 ACD のみ 2 AB のみ 3 BC のみ 4 D のみ 5 ABCD すべて

[解答]

2

- 注) A:正 ⁹⁰Sr→ ⁹⁰Y→ ⁹⁰Zrの壊変をたどる。⁹⁰Srの半減期は28.78年, ⁹⁰Yの半減期は64.1時間であり、 娘核種の半減期が親核種に比べて著しく短いため、永続平衡となる。
 - B:正 ¹³⁷Cs → ^{137m}Ba → ¹³⁷Ba の壊変をたどる。 ¹³⁷Cs の半減期は 30.07 年, ^{137m}Ba の半減期は 2.55 分であり、娘核種の半減期が親核種に比べて著しく短いため、永続平衡となる。
 - C:誤 ¹⁴⁰Ba→ ¹⁴⁰La→ ¹⁴⁰Ceの壊変をたどる。¹⁴⁰Baの半減期は12.75日, ¹⁴⁰Laの半減期は1.68日であり、親核種の半減期と娘核種の半減期が同程度であるため、過渡平衡となる。
 - D:誤 ²¹⁰Bi→ ²¹⁰Po→ ²⁰⁶Pbの壊変をたどる。²¹⁰Biの半減期は5.01日, ²¹⁰Poの半減期は138.38日であり、娘核種の半減期が親核種の半減期よりも同程度かつ長いため、平衡とならない。
- 問 5 現在, $8 \, \text{MBq}$ の核種 A (半減期: $4 \, \text{年}$) と $1 \, \text{MBq}$ の核種 B (半減期: $32 \, \text{年}$) の線源がある。両方の放射能が等しくなるのは何年後か。最も近い値[年]は次のうちどれか。
 - 1 6 2 9 3 11 4 14 5 18

[解答]

4

注)放射能が等しくなるまでの時間をT[年]とおくと、A、Bの放射能の関係は以下のように書ける。

$$8 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{T}{4}} = 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{T}{32}}$$
$$8 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{T}{32} - \frac{T}{4}} = 2^{\frac{T}{4} - \frac{T}{32}} = 2^{\frac{8 \cdot T - T}{32}} = 2^{\frac{7}{32} \cdot T}$$

8は2の3乗であるので、

$$\frac{7}{32} \cdot T = 3$$
 $T = 3 \times \frac{32}{7} \approx 13.7 [年]$

問6 ある単一エネルギーの細い光子束に対する遮蔽板の半価層が2.0 mm であるとき、同じ材質の遮蔽板の 1/10 価層 [mm] として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、ln2=0.693、ln10=2.30 とする。

- 1 6.2

- 2 6.6 3 7.0 4 7.4 5 7.8

[解答]

注) 遮蔽板の線源弱係数をμとおいた場合、以下の式が成り立つ。

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{2} = \exp(-\mu \cdot 2.0)$$

これは以下のように変形できる。

$$2 = \exp(\mu \cdot 2.0)$$

$$2.0 \cdot \mu = \ln 2$$

$$\mu = \frac{\ln 2}{2}$$

一方、1/10 価層の厚さをl とおいた場合、以下の式が成り立つ。

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{10} = \exp(-\mu \cdot l)$$

これも上記と同様に以下の様に変形できる。

$$\mu = \frac{\ln 10}{I}$$

以上より,以下の関係式が成り立つ。

$$\mu = \frac{-\ln 2}{2} = \frac{\ln 10}{l}$$

これより、1/10 価層は以下の通りとなる。

$$l = 2 \times \frac{\ln 10}{\ln 2} = 2 \times \frac{2.3}{0.693} \approx 6.64 \text{[mm]}$$

問7 荷電粒子線のLET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 粒子の質量とエネルギーが同じ場合、電荷が大きい方が高い。
- B 粒子の質量と電荷が同じ場合、エネルギーが高い方が高い。
- C 粒子の電荷とエネルギーが同じ場合、質量が大きい方が高い。
- D 標的の物質には依存しない。
 - 1 ACD のみ 2 AB のみ 3 AC のみ 4 BD のみ 5 BCD のみ

[解答]

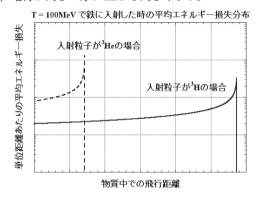
3

注) 荷電粒子線の単位距離当たりの平均エネルギー損失は、以下の式で書ける。

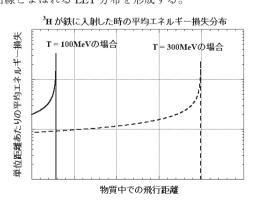
$$\begin{split} &-\frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}x}=4\,\pi\,\cdot r_0{}^2\cdot z^2\cdot \frac{m_0\cdot c^2}{\beta^{\,2}}\cdot N\cdot Z\cdot \left[\ln\left(\frac{2\cdot m_0\cdot c^2}{I}\cdot\,\beta^{\,2}\right)-\ln\left(\,1\,-\cdot\,\beta^{\,2}\right)-\beta^{\,2}\right]\\ &\gamma=\frac{T+M\cdot c^2}{M\cdot c^2}=\frac{1}{\sqrt{1-\beta^{\,2}}}\\ &\beta=\frac{v}{c} \end{split}$$

ここで、n は古典的電子半径、z は入射粒子の電荷、c は光速度、 m_0c^2 は電子の質量エネルギー、N は物質中の単位体積当たりの原子数、Z は原子番号、I は物質の平均励起エネルギー、M は入射粒子の静止質量、T は入射粒子の運動エネルギーである。荷電粒子線の場合、制動放射等による注目領域外へのエネルギー逸失が電子線に比べて相対的に小さいため、単位距離当たりの平均エネルギー損失とLET は大きく違わない。

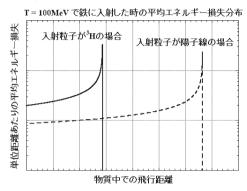
A:正 入射荷電粒子の静止質量と入射時の運動エネルギーが同一の場合,LET は入射粒子の電荷 z の 2 乗に比例するため,電荷が大きい方が LET も大きくなる。



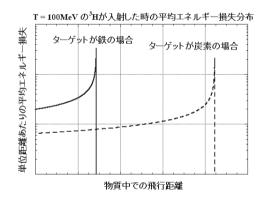
B:誤 入射荷電粒子の静止質量と電荷が同一の場合,低いエネルギー領域($v \ll c$)においては,入射エネルギーが高いほど LET は高くなるが,相対論的エネルギー領域($v \cong c$)になると,入射エネルギーが高くなると LET は低くなる。このため,高エネルギーの荷電粒子が物質に入射した場合には,入射点近辺ではあまりエネルギーを付与せず,停止点近辺で大きなエネルギーを付与し、ブラッグ曲線とよばれる LET 分布を形成する。



C: E 入射荷電粒子の電荷と運動エネルギーが同一の場合,単位距離当たりの平均エネルギー損失は式全体に掛かる $1/\beta^2$ の変化に大きく依存する。運動エネルギー T が一定のまま静止質量 M が大きくなると, γ は 1 に向かって漸減していき, $1/\beta^2$ は大きくなる。このため電荷と運動エネルギーが同一の場合は,質量が大きい方が LET も高くなる。



D:誤 荷電粒子の LET は、標的物質の単位体積当たりの原子個数 N と標的物質の原子番号 Z にほぼ 比例する。



- 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 光子の波長は、散乱前より長くなる。
 - B 原子断面積は、光子エネルギーの増加とともに増加する。
 - C 原子断面積は、物質の原子番号にほぼ比例する。
 - D スペクトル測定時に見られるコンプトンエッジのエネルギーは検出器に使われている検出素子の材質により異なる。
 - 1 A & B 2 A & C 3 A & D 4 B & D 5 C & D

[解答]

2

注)コンプトン散乱は、入射光子がそのエネルギーの一部を物質に付与して散乱される現象である。入射光子のエネルギーとコンプトン反跳電子の最大エネルギー(コンプトン端におけるエネルギー)の差は、以下の式で与えられる。

$$E_{\Delta} = \frac{h\nu}{1 + 2 \cdot \frac{h\nu}{m_{e} \cdot c^{2}}}$$

hv:γ線のエネルギー (keV)

 $m_e c^2$:電子の静止エネルギー(=511 keV)

A:正 入射光子はコンプトン散乱によりそのエネルギーの一部を失っており、散乱前より低いエネルギーとなっているため、波長は散乱前より長くなっている。

B:誤 コンプトン散乱の散乱断面積(問中の原子断面積)は、入射光子のエネルギーが高くなるほど 小さくなる。(図 1 参照)

C:正 コンプトン散乱の散乱断面積は次のクライン-仁科の式により記述される。

$$\begin{split} \frac{\mathrm{d}\,\sigma}{\mathrm{d}\Omega} &= Z \cdot r_0{}^2 \cdot \left(\frac{1}{1 + \alpha \cdot (1 - \cos\theta)}\right)^2 \cdot \left(\frac{1 + \cdot \cos^2\theta}{2}\right) \\ & \cdot \left(1 + \frac{\alpha^2 \cdot (1 - \cos\theta)^2}{(1 + \cos^2\theta) \cdot [1 + \alpha \cdot (1 - \cos\theta)]}\right) \end{split}$$

クライン-仁科の式で記述される通り、散乱断面積は原子番号 Z に一次比例する。

D:誤 コンプトン端のエネルギーは、前述の式により表記される通り、対象物質の材質には依存せず 入射光子のエネルギーにのみ依存する。

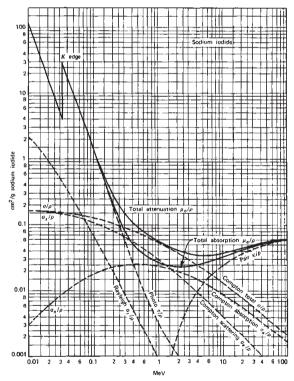


図 1:入射光子のエネルギーに対する Nal との相互作用確率の変化 (The Atomic Nucleus, R. D. Evans (1955) より参照)

問9 時定数20秒の計数率計で放射線を測定し、計数率600 cpm を得たとする。この計数率の統計誤差(標準偏差)[cpm]として最も近い値は、次のうちどれか。

1 1 2 3 3 10 4 30 5 100

〔解答〕

4

注) 計数率計の標準偏差は以下の通りとなる。

$$\sigma = \sqrt{\frac{n}{2\tau}}$$

よって、計数率誤差は以下の通りである。

$$\sigma = \sqrt{\frac{600}{2 \times (20/60)}} = \sqrt{900} = 30[\text{cpm}]$$

- 間10 気体の電離を利用した放射線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 パルス型電離箱では個々の放射線を数えることができる。
 - B 比例計数管では低エネルギー X線のエネルギースペクトルが測定できる。
 - C GM 計数管はプラトー領域の上限付近の電圧で用いられる。
 - D 電離箱,比例計数管および GM 計数管には、それぞれクエンチングガスが添加されている。
 - 1 A & B 2 A & C 3 B & C 4 B & D 5 C & D

[解答]

- 注)気体の電離を利用した放射線検出器(以下「気体検出器」という)は、情報キャリアとして電離電子を採用し、電極により電離電子を収集し計測するものである。代表的な型式として電離箱、比例計数管、ガイガーミュラー計数管(GM 計数管)がある。
 - A:正 パルス型電離箱では、放射線により生成された一群の電離電子をパルス信号として収集・計数 するため、放射線の入射タイミング毎に分離して計測することが可能である。
 - B:正 低エネルギー X 線を比例計数管に入射した場合,一次電離電子のエネルギーが検出器のサイズに比べて小さい場合, X 線から検出ガスに付与されるエネルギー分布を波高スペクトルとして取得することができる。
 - C:誤 GM 計数管を用いる場合、印加電圧の変動による影響を最小限にするため、プラトー領域の真ん中付近の印加電圧で測定することが望ましい。一般的には、検出ガス中のクエンチングガスの損耗を抑えるため、プラトー領域の真ん中から低電圧側で使用されることが多い。
 - D:誤 気体検出器のうち電子増倍作用を利用する検出器(比例計数管及びGM計数管)では、電子増倍に伴うシンチレーション光による電離生成を抑えるために、クエンチングガス(吸収ガス)としてメタン(CH4)を10%ほど添加することが多い。市販の電離箱ではクエンチングガスは用いない。
- 問 11 物理量 X の測定値が A でその不確かさ(標準偏差)が a であり、物理量 Y の測定値が B でその不確かさが b であるとき、次の文章のうち正しいものの組合せはどれか。ただし、X と Y は独立である。
 - A X+Y の期待値はA+B であり、その不確かさは $\sqrt{a^2+b^2}$ である。
 - B X-Y の期待値はA-B であり、その不確かさは $\sqrt{a^2-b^2}$ である。

C XY の期待値はAB であり、その不確かさは $AB\sqrt{\left(rac{a}{A}
ight)^2+\left(rac{b}{B}
ight)^2}$ である。

D
$$\frac{X}{Y}$$
の期待値は $\frac{A}{B}$ であり、その不確かさは $\frac{A}{B}\sqrt{\left(\frac{a}{A}\right)^2-\left(\frac{b}{B}\right)^2}$ である。

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

[解答]

2

注)物理量 X 及び Y の処理値を C, その不確かさを c とおくと, 不確かさ (誤差) の伝播は, 以下の式に より記述される。

$$C = A + B$$
 または $C = A - B$ の場合
 $c^2 = a^2 + b^2$

 $C = A \times B$ または C = A/B の場合

$$\left(\frac{c}{C}\right)^2 = \left(\frac{a}{A}\right)^2 + \left(\frac{b}{B}\right)^2$$

問12次の放射線検出器のうち、サーベイメータに用いられているものはどれか。

- A 電離箱
- B 端窓型 GM 管
- C NaI(TI)シンチレーション検出器
- D 比例計数管
- 1 ACD のみ 2 AB のみ 3 BC のみ 4 D のみ 5 ABCD すべて

[解答]

5

- 注)サーベイメータは、放射線検出器を持ち運んで現場で使用可能なように製作したものである。様々な型 式の検出器がサーベイメータとして製作され販売されている。
 - A:正 電離箱のサーベイメータは、ガンマ・X線の空間線量率の測定を主目的として製作・販売されている。適用の場としては線量率が高めな場所の管理に用いられることが多い。
 - B:正 端窓型 GM 管のサーベイメータは、物体表面の汚染状況の確認を主目的として製作・販売されている。適用の場としては管理区域の出入口における物品管理に用いられることが多い。
 - C:正 NaI(TI) シンチレーションサーベイメータは、ガンマ線の空間線量率の測定を主目的として製作・販売されている。適用の場としてはバックグラウンドに近い低線量率場の管理に用いられることが多い。
 - D:正 比例計数管サーベイメータは、ガンマ・X線の空間線量率の測定を主目的としたものと、低エネルギーベータ線による床面汚染測定を主目的としたものとが製作・販売されている。

上記以外にも、プラスチックシンチレータや ZnS(Ag) シンチレータ等を用いたサーベイメータも製作・販売されている。

- 問 13 バックグラウンド計数値の標準偏差の 3 倍を検出下限値としたとき,表面汚染サーベイメータの検出下限値[$\mathbf{Bq\cdot cm^{-2}}$]として最も近い値は,次のうちどれか。なお,測定時間は 60 秒,バックグラウンド計数値は 100 カウント,機器効率は 40%,線源効率は 50%,入射窓面積は 20 $\mathbf{cm^{2}}$ とする。
 - $1 \quad 2.0 \times 10^{-2} \quad 2 \quad 3.1 \times 10^{-2} \quad 3 \quad 4.2 \times 10^{-2} \quad 4 \quad 1.3 \times 10^{-1} \quad 5 \quad 5.0 \times 10^{1}$

〔解答〕

4

注)バックグラウンド計数値が100カウントであるため、検出下限の正味計数に相当するカウント数は30カウントとなる。

 $3 \times \sigma = 3 \times \sqrt{100} = 30$ [counts]

ここで、測定時間が60秒であるため、検出下限の正味計数率は0.5[cps]となる。

$$30 \div 60 = 0.5 [\cos]$$

機器効率が40[%],線源効率が50[%]であるため,検出下限数は2.5[Bq] (=[decay/sec])となる。

$$0.5 \times \frac{100}{40} \times \frac{100}{50} = 2.5 [Bq]$$

入射窓面積が20[cm²]であることから、検出下限の表面密度は0.125[Bq/cm²]となる。

$$2.5 \div 20 = 0.125 [Bq/cm^2] \approx 1.3 \times 10^{-1}$$

- 問14 放射線加重係数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 臓器・組織によらず、同じ値が与えられている。
 - B X線に対し、エネルギーによらず、同じ値が与えられている。
 - C 中性子に対し、エネルギーによらず、同じ値が与えられている。
 - D 陽子とα粒子に対し、同じ値が与えられている。
 - 1 A & B 2 A & C 3 A & D 4 B & D 5 C & D

〔解答〕

1

- 注)放射線加重係数とは放射線の種類とエネルギーにより影響の程度が異なることを考慮するための補正係数であり、等価線量を算出する際に用いる。
 - A:正 臓器・組織における放射線影響の違いを補正するのは、組織加重係数である。
 - B:正 X線の放射線加重係数は、エネルギーによらず1である。
 - C:誤 中性子線の放射線加重係数は、単一の値ではなく、中性子のエネルギーに対する連続関数で与えられている。
 - D:誤 陽子の放射線加重係数は 2, α 粒子の放射線加重係数は 20 である。
- 問 15 外部被ばくの防護のための放射線モニタリング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 放射線施設内の作業環境における空間線量率を測定する。
 - B 放射線施設周辺における空間線量率を測定する。
 - C 管理区域境界における積算線量の測定は外部被ばく評価には有効ではない。
 - D 平常時には放射線モニタリングを行う必要はない。
 - 1 ACD のみ 2 AB のみ 3 BC のみ 4 D のみ 5 ABCD すべて

[解答]

2

注)C:誤 事象等発生後の外部被ばく線量評価は、個人被ばく線量計や管理区域内に設置したモニタリン グ装置の測定値等により行うが、管理区域境界において測定された積算線量により補償することもできる。

D:誤 RI 規制法及び施行令等において、平常時も放射線モニタリングを行うことが規定されている。

- 問 16 1 MeV の γ 線が一定の強度で全身に入射するような外部被ばくを考えたとき、入射方向の違いによる 実効線量の大小を正しく示している組合せはどれか。
 - A 後方からの入射 > 前方からの入射
 - B 前方からの入射 > 側方からの入射
 - C 側方からの入射 > 後方からの入射
 - D 前方からの入射 > 全方位(等方)からの入射
 - 1 ACD OA 2 AB OA 3 AC OA 4 BD OA 5 BCD OA

[解答]

4

- 注)放射線感受性の高い,すなわち実効線量を計算する際の組織加重係数が大きい臓器・組織(肺,胃腸,女性の乳房等)は人体の前方に多く存在する。一方,側方からの入射の場合には腕や肩による遮蔽効果が大きくなる。このため,前方,後方,等方,側方の順に,実効線量が高くなる。
- 問17 放射線の遮蔽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 線は 0.3 mm 程度の厚さのゴム手袋で遮蔽できる。
 - B β線の遮蔽では制動放射線を考慮する必要がある。
 - C γ線に対する遮蔽効果は物質の元素組成に依存しない。
 - D 1 MeV 以下の中性子は原子番号の小さい物質で遮蔽するのが有効である。
 - 1 ABD $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 2 AB $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 3 AC $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 4 CD $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 5 BCD $\mathcal{O}\mathcal{A}$

[解答]

1

- 注)C:誤 γ 線は、光電効果、コンプトン効果、電子対生成によりエネルギーを失うが、このうち一度に γ 線のエネルギーをすべて失う光電効果の原子断面積 τ は原子番号 Z と γ 線のエネルギー E_{γ} に依存し、およそ $\tau \propto Z^5 E_{\gamma}$ $\tau^{-3.5}$ という関係となっている。よって、 γ 線に対する遮蔽効果は物質の元素組成に依存する。
- 問 18 放射性同位元素を装備した機器と、主に使われている放射線源の組合せとして、正しいものはどれか。
 - A 非破壊検査装置 85Kr
 - B レベル計 ³²P
 - C 蛍光 X 線分析装置 55Fe
 - D 密度計 ²⁴¹Am
 - E 硫黄分析計 63Ni
 - 1 A & B 2 A & E 3 B & D 4 C & D 5 C & E

〔解答〕

- 注)A:誤 非破壊検査装置として主に使われるのは, 192Ir や 60Co である。85Kr が使われている放射線同位元素装備機器は、紙厚さ計である。
 - B:誤 レベル計に主に使われるのは、 60 Co や 137 Cs である。 32 P は生化学、農学などの分野でトレーサ として用いられる。
 - E:誤 硫黄分析計には 24 Am や 55 Fe など、低エネルギーのX線や γ 線を放出するものが用いられ

る。⁶³Niはガスクロマトグラフ装置のエレクトロン・キャプチャ検出器に用いられている。

問19 密封線源として利用されている核種を半減期の短い順に並べたものの組合せは、次のうちどれか。

- A 241 Am < 192 Ir < 137 Cs
- $\mathrm{B}^{-147}\mathrm{Pm}$ < $\mathrm{^{85}Kr}$ < $\mathrm{^{90}Sr}$
- C 192 Ir < 60 Co < 137 Cs
- D 85 Kr < 60 Co < 241 Am
 - 1 A & B 2 A & C 3 B & C 4 B & D 5 C & D

[解答]

3

注) 各核種の半減期

²⁴¹Am:432.2年

 ^{192}Ir : 73.827 \boxminus

¹³⁷Cs : 30.1671 年

¹⁴⁷Pm : 2.6234 年

⁸⁵Kr :10.776 年

⁹⁰Sr :28.79 年

⁶⁰Co : 5.2713 年

出典:日本アイソトープ編 アイソトープ手帳 11版

- 間20 密封γ線源の産業利用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 ジャガイモの発芽防止に利用されている。
 - B 医療器具などの滅菌には、数十kGyの線量の γ 線が照射されている。
 - C 殺菌照射された物質の放射化は無視できる。
 - D 輸血後のリンパ球による免疫反応を抑制するために、数十 Gy の線量の γ 線が輸血用血液に照射されている。
 - 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)全て正しい。
- 問21 中性子個人線量計に用いられる検出器のうち,正しいものの組合せはどれか。
 - A Ge 半導体検出器
 - B 固体飛跡検出器
 - C 熱ルミネセンス線量計
 - D GM 計数管
 - 1 A & B 2 A & C 3 B & C 4 B & D 5 C & D

〔解答〕

- 注) A : 誤 Ge 半導体検出器は、物質中に含まれる X 線や γ 線のスペクトル分布を測定し、含有核種や放射能を調べる用途に用いられる。
 - D:誤 GM 計数管は、空気中および物質の中・高エネルギーの β 線および $X \cdot \gamma$ 線レベルや、 β 線の

エネルギーを測定する検出器である。

- 問22 個人線量計の使用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 熱ルミネセンス線量計では、手指の被ばく線量を測定することはできない。
 - B OSL線量計は、数十 μ Svといった低線量域の測定には使用できない。
 - C 半導体式ポケット線量計は、作業中に被ばく線量を読み取ることはできない。
 - D 蛍光ガラス線量計は、紫外線照射をしないと線量を読み取ることはできない。
 - 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) A:誤 指輪状の、手指測定用熱ルミネセンス線量計もある。
 - B:誤 $X \cdot \gamma$ 線における OSL 線量計の線量測定範囲は、おおよそ $10 \mu Sv \sim 10 Sv$ である。
 - C:誤 半導体ポケット線量計は、被ばく線量が数字で表示されることにより、作業中に被ばく線量を 知ることができる。
- 問23 放射線の細胞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 放射線のLETが高くなると、直接効果よりも間接効果の寄与が大きくなる。
 - B DNA損傷を受けた細胞は、細胞死により臓器・組織から排除されることがある。
 - C 遺伝子突然変異が生じた体細胞は、がん化する可能性がある。
 - D 精巣における生殖細胞の致死感受性は、精原細胞の方が精子細胞より高い。
 - 1 ABC $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 2 AB $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 3 AD $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 4 CD $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 5 BCD $\mathcal{O}\mathcal{A}$

[解答]

5

- 注) A:誤 放射線のLETが高くなると、生体に対する影響は間接効果よりも直接効果の寄与が大きくなる。
- 問 24 女性放射線業務従事者について線量限度を別に定めている理由となりうる放射線影響として、最も適切なものは次のうちどれか。
 - 1 皮膚炎
 - 2 白内障
 - 3 下痢
 - 4 末梢血リンパ球減少
 - 5 胎児影響

[解答]

5

注) 女性作業者自身の放射線感受性は、男性作業者と大差ない。

しかし、生殖可能年齢にある女性が宿す可能性のある、あるいは妊娠中の女性においては、宿している 胎児に対して防護方策を適用する必要があり、男性作業者、あるいは妊娠する可能性のない女性とは異 なる防護基準、防護方策を適用する必要がある。

このため、女性作業者に対して男性とは異なる線量限度を規定している。

問25 体内被ばく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 体外にある線源から放射線を被ばくしても体内被ばくという。

- B 放射性物質の体内への摂取経路は経口と吸入に限られる。
- C 体内に取り込まれた放射性物質は、その化学的性状によって集積する臓器・組織が異なる。
- D 体内に取り込まれた放射性物質の減少は、有効半減期から見積もられる。
- 1 A & B 2 A & C 3 B & C 4 B & D 5 C & D

[解答]

5

- 注) A:誤 体外にある線源から放射線を被ばくすることは体外被ばくという。
 - B:誤 放射線物質の体内への摂取経路は汚染された食物の経口摂取,放射性物質が含まれる大気や粉塵の吸入,経皮的な吸収,さらに創傷により血中に流入する場合もある。
 - C:正 核種ごとの集積部位の例を,以下に示す。

ストロンチウム:骨

ヨウ素:甲状腺

プルトニウム:肺

- D:正 物理学的半減期と生物学的半減期を併せた,有効半減期から見積もられる。
- 問26 放射線による DNA 損傷の修復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 遺伝的に修復酵素の機能が欠損していることがある。
 - B 特定の DNA 損傷に対して複数の修復酵素が働きうる。
 - C DNA 損傷が修復されないと突然変異を起こす可能性がある。
 - D DNA 損傷を認識する酵素がある。
 - 1 ACD のみ 2 AB のみ 3 BC のみ 4 D のみ 5 ABCD すべて

[解答]

5

- 注)全て正しい。
- 問27 次の放射線障害のうち、I欄に確率的影響を、I欄に確定的影響を記載してあるものの組合せはどれか。

< I >

- A 白血病 甲状腺がん
- B 皮膚がん 皮膚潰瘍
- C 間質性肺炎 脱毛
- D 骨肉腫 永久不妊
- 1 A & B 2 A & C 3 B & C 4 B & D 5 C & D

〔解答〕

- 注)確定的影響とは影響の発生する最小の線量(しきい線量)が存在し、そのしきい線量を超えて被ばくした場合には、線量の増加に伴い発生確率と症状の重篤度が増加する影響であり、がん(白血病、骨肉腫を含む)と遺伝的影響以外の影響は全て確定的影響と考えられている。
 - 一方、確率的影響にはしきい線量が存在しないと仮定されている。
- 間28 A~Dの放射線による組織障害について、しきい線量が低い順に並んでいるものは、次のうちどれか。
 - A 一時的不妊 (精巣)
 - B 紅斑 (皮膚)

- C 壊死 (皮膚)
- D 造血機能低下(骨髄)
 - 1 A < B < C < D
 - 2 A < D < B < C
 - 3 B < A < D < C
 - 4 B < A < C < D
 - 5 A < C < D < B

[解答]

注) 各組織障害のしきい線量値(Gv)

一時的不好(精巣)~0.1

紅斑 (皮膚) 3~10

壊死 (皮膚) 25~

造血機能低下(骨髄)0.5

出典: ICRP 2007 年勧告 Publication 103, IAEA 1998 Safety Reports Series No. 2

- 問 29 γ 線の急性全身被ばくによる死亡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 LD_{50/60} は、被ばく60日後に50% 死亡率をもたらす線量である。
 - B ヒトの LD_{50/60} は、おおよそ 4 Gy である。
 - C 10 Gv までの線量域では、消化器系の障害が主な死因となる。
 - D 10~数十 Gv の線量域では、造血器系の障害が主な死因となる。
 - E 数十 Gv 以上の線量域では、中枢神経系・循環器系の障害が主な死因となる。
 - 1 ABE $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 2 ACD $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 3 ADE $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 4 BCD $\mathcal{O}\mathcal{A}$ 5 BCE $\mathcal{O}\mathcal{A}$

[解答]

1

- 注) 急性全身被ばくによる死亡の原因はいくつかあり、線量によって分子死、中枢神経死、腸死(消化器系)、 骨髄死 (造血器系) に分けられる。
 - C:誤 10 Gv までの線量域では造血器系の障害が主な死因となる。
 - D:誤 10~数十 Gy の線量域では消化器系の障害が主な死因となる。
- 問30 ラジカル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 · OH ラジカルは強い還元力をもつ。
 - B · OH ラジカルは活性酸素種に含まれる。
 - C SH 基をもつシステインを分子内に有する化合物はラジカルを捕捉する働きがある。
 - D 放射線によって付与されるエネルギーとラジカル生成量との比例関係を利用した線量計がある。
 - 1 ACD OA 2 AB OA 3 AC OA 4 BD OA 5 BCD OA

[解答]

5

注) ラジカルとは不対電子をもつ原子や分子を指し、放射線の電離作用でも生成される。活性酸素種にはラ ジカルと非ラジカルのものがある。

A:誤・OHラジカルは強い酸化力をもつ。