

## 平成 27 年度（第 57 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 27 年 8 月 21 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 [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 2 条 この法律において「放射線」とは、原子力基本法第 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含有物（[A] されているこれらのものを含む。）で [B] で定めるものをいう。

3 この法律において「[C]」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。」

	[A]	[B]	[C]
1	密封	政令	表示付認証機器
2	密封	省令	放射性同位元素装備機器
3	機器に装備	政令	放射性同位元素装備機器
4	機器に装備	省令	表示付認証機器
5	機器に装備	政令	表示付認証機器

〔解答〕

3

注) 法第 2 条（定義）

問 2 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。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 27 年 4 月 1 日とする。

A 1 個当たりの数量が、370 キロベクレルの密封されたセシウム 137 を装備した照射装置を 1 台のみ

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

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。

- B 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。
- 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を装備した校正用線源を10個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、37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を1台のみ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 ABCのみ    2 ABのみ    3 ADのみ    4 CDのみ    5 BCDのみ

〔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)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)

- A: 正    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号イ
- B: 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」届け出なければならない。
- C: 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号ロ「許可を受け」ではなく「届け出」なければならない。
- D: 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号イ

問3 許可又は届出の手續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の組合せはどれか。

- A 表示付認証機器のみを認証条件に従って使用しようとする者は、工場又は事業所ごとに、かつ、認証番号が同じ表示付認証機器ごとに、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。
- B 1個当たりの数量が10テラベクレルの密封された放射性同位元素のみを業として販売しようとする者は、販売所ごとに、原子力規制委員会の許可を受けなければならない。
- C 表示付特定認証機器のみを業として賃貸しようとする者は、賃貸事業所ごとに、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個当たりの数量が下限数量の1,000倍を超える密封された放射性同位元素であって機器に装備されていないもののみを使用しようとする者は、工場又は事業所ごとに、原子力規制委員会の許可を受けなければならない。

- 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) 法第3条(使用の許可)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)第1項、法第4条(販売及び賃貸の業の届出)第1項、令第3条(使用の許可の申請)第1項及び第2項、

令第5条（表示付認証機器の使用をする者の届出）

- A：誤 法第3条の3第1項，令第5条「あらかじめ」ではなく「使用の開始から30日以内に」届け出なければならない。
- B：誤 法第4条第1項「販売所ごとに」という規定はない。また、「許可を受け」ではなく「あらかじめ，届け出」なければならない。
- C：誤 法第4条第1項「賃貸事業所ごとに」という規定はない。
- D：正 法第3条第1項，令第3条第1項及び第2項

問4 使用の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。

- A 届出使用者は，氏名又は名称を変更しようとするときは，あらかじめ，その旨を原子力規制委員会に届け出なければならない。
- B 届出使用者は，使用の目的及び方法を変更しようとするときは，あらかじめ，その旨を原子力規制委員会に届け出なければならない。
- C 届出使用者は，法人の代表者の氏名を変更したときは，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。
- D 届出使用者は，使用の場所を変更したときは，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。

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条の2（使用の届出）

- A：誤 法第3条の2第1項～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：正 法第3条の2第1項及び第2項
- C：正 法第3条の2第1項及び第3項
- D：誤 法第3条の2第1項及び第2項「変更の日から30日以内に」ではなく「あらかじめ」届け出なければならない。

問5 次のうち，放射性同位元素を業として販売しようとする者（表示付特定認証機器を業として販売する者を除く。）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 放射線障害を防止するために講ずる措置を記載した書面
- C 販売の業を適確に遂行するに足りる経理的基礎を有することを明らかにする書面
- D 予定事業開始時期，予定事業期間及び放射性同位元素の種類ごとの年間販売予定数量（予定事業期間が1年に満たない場合にあっては，その期間の販売予定数量）を記載した書面

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

〔解答〕

4

## 主任者 コーナー

注) 法第4条(販売及び賃貸の業の届出)第1項, 令第6条(販売及び賃貸の業の届出), 則第6条(販売及び賃貸の業の届出)第2項

- A: 誤 規定なし。  
 B: 誤 規定なし。  
 C: 誤 規定なし。  
 D: 正 法第4条第1項, 令第6条, 則第6条第2項

問6 使用の許可を与えられない者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5条 次の各号のいずれかに該当する者には, 第3条第1項本文又は前条第1項の許可を与えない。〕

- (1) 第26条第1項の規定により許可を取り消され, 取消しの日から2年を経過していない者  
 (2) この法律又はこの法律に基づく命令の規定に違反し,  以上の刑に処せられ, その執行を終わり, 又は執行を受けることがなくなった後, 2年を経過していない者  
 (3)   
 (4) 法人であって, その業務を行う  のうちに前3号のいずれかに該当する者のあるもの」

	A	B	C
1	懲役	未成年被後見人	代表者
2	罰金	成年被後見人	役員
3	懲役	未成年被後見人	役員
4	罰金	被保佐人	取締役
5	禁錮	被保佐人	取締役

〔解答〕

2

注) 法第5条(欠格事項)第1項

問7 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, 許可使用者が密封された放射性同位元素を一時的に使用の場所を変更して使用する場合に放射線障害防止法上で定められているものの A~C の組合せとして正しいものはどれか。ただし, 使用する放射性同位元素の数量は政令で定める数量以下とする。

	A	B	C
1	非破壊検査	土壌中の組成の調査	鉱石の成分の調査
2	非破壊検査	水中の有害物質の濃度調査	機械, 装置等の校正検査
3	非破壊検査	地下検層	水中の有害物質の濃度調査
4	河川の流砂の調査	橋梁 <sup>りょう</sup> の強度検査	土壌中の組成の調査
5	機械, 装置等の校正検査	地下検層	展覧, 展示又は講習のためにする実演

〔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出に係る使

用の目的を指定する告示)

- 1：誤 A：法第10条6項，B：規定なし，C：規定なし  
 2：誤 A：法第10条6項，B：規定なし，C：令第9条第1項第4号  
 3：誤 A：法第10条6項，B：令第9条第1項第1号，C：規定なし  
 4：誤 A：規定なし，B：規定なし，C：規定なし  
 5：正 A：令第9条第1項第4号，B：令第9条第1項第1号，C：令第9条第1項第3号

問8 次のうち，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 使用施設の廃止に伴う放射性同位元素使用室の位置の変更  
 C 放射性同位元素の使用時間数の減少  
 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 法第10条第2項，則第9条の2第1号  
 B：誤 規定なし。  
 C：正 法第10条第2項，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1号  
 D：正 法第10条第2項，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 許可証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 許可証を損じたときは，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。  
 B 許可証を汚した者が許可証再交付申請書を原子力規制委員会に提出する場合には，その許可証をこれに添えなければならない。  
 C 許可証を失ったときは，10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。  
 D 許可証を失った者が許可証再交付申請書を原子力規制委員会に提出する場合には，その許可証の写しをこれに添えなければならない。  
 E 許可証を失って再交付を受けた許可使用者が，失った許可証を発見したときは，速やかに，その許可証を原子力規制委員会に返納しなければならない。  
 1 AとD 2 AとE 3 BとC 4 BとE 5 CとD

〔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）

## 主任者 コーナー

- A：誤 規定なし。
- B：正 法第 12 条，則第 14 条第 2 項
- C：誤 規定なし。
- D：誤 規定なし。
- E：正 法第 12 条，則第 14 条第 3 項

問 10 次のうち，特定設計認証を受けることができる放射性同位元素装備機器として，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。なお，これらの機器はその表面から 10 センチメートル離れた位置における 1 センチメートル線量当量率が 1 マイクロシーベルト毎時以下であるものとする。

- A 熱粒子化式センサー
- B レーダー受信部切替放電管
- C 携帯型液化ガス液面計
- D 煙感知器

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

〔解答〕

2

注) 法第 12 条の 2 (放射性同位元素装備機器の設計認証等) 第 2 項，令第 12 条 (特定設計認証) 第 1 項，平成 17 年 7 月 4 日 文部科学省告示第 93 号 (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施行令第 12 条第 1 項第 3 号の放射性同位元素装備機器を指定する告示)

- A：正 法第 12 条の 2 第 2 項，令第 12 条第 1 項第 3 号，平成 17 年 7 月 4 日 文部科学省告示第 93 号第 2 号
- B：正 法第 12 条の 2 第 2 項，令第 12 条第 1 項第 2 号
- C：誤 規定なし。
- D：正 法第 12 条の 2 第 2 項，令第 12 条第 1 項第 1 号

問 11 認証の基準に関する次の記述のうち，設計認証の申請に係る放射性同位元素装備機器を，当該申請に係る使用，保管及び運搬に関する条件に従って取り扱うときに，放射線障害防止法上定められている外部被ばくに係る線量限度はどれか。

- 1 実効線量が 1 年間につき 1 ミリシーベルト
- 2 実効線量が 1 年間につき 100 マイクロシーベルト
- 3 等価線量が 1 年間につき 1 ミリシーベルト
- 4 等価線量が 1 年間につき 100 マイクロシーベルト
- 5 実効線量が 1 年間につき 20 ミリシーベルト

〔解答〕

1

注) 法第 12 条の 3 (認証の基準) 第 1 項，則第 14 条の 3 (認証の基準) 第 1 項第 1 号イ，平成 17 年 7 月 4 日 文部科学省告示第 94 号 (設計認証等に関する技術上の基準に係る細目を定める告示) 第 1 条 (外部被ばくに係る線量限度)

問 12 使用の基準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。

「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、 [ A ] 等異常の有無を [ B ] により点検し、異常が判明したときは、探査その他 [ C ] を防止するために必要な措置を講ずること。」

[ A ]	[ B ]	[ C ]
1 破損	触手等	放射線影響
2 き裂	加圧等	汚染の広がり
3 漏えい	放射線測定器	放射線障害
4 脱落	目視等	被ばく
5 腐食	打診等	放射性同位元素の脱落

〔解答〕

3

注) 法第 15 条 (使用の基準) 第 1 項, 則第 15 条 (使用の基準) 第 1 項第 14 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 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。
- B 貯蔵箱は、周囲の温度の範囲において、破損等の生じるおそれがないこと。
- C 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。
- D 密封された放射性同位元素を耐火性の構造の容器に入れて保管する場合にあっては使用施設において行うこと。

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

〔解答〕

2

注) 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 : 正    法第 16 条第 1 項, 則第 17 条第 1 項第 2 号

B : 誤    規定なし。

C : 正    法第 16 条第 1 項, 則第 17 条第 1 項第 8 号

D : 誤    法第 16 条第 1 項, 則第 17 条第 1 項第 1 号 「使用施設」ではなく「貯蔵施設」において行う。

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 開封されたときに見やすい位置 (当該位置に表示を有することが困難である場合は、放射性輸送物の表面) に「放射性」又は「RADIOACTIVE」の表示を有していること。ただし、原子力規制委員会の定める場合は、この限りでない。
- B 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。
- C 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。
- D 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。

## 主任者 コーナー

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

〔解答〕

1

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 6 号

B : 正    則第 18 条の 4 第 7 号

C : 誤    規定なし。A 型輸送物に係る技術上の基準である。則第 18 条の 5 第 5 号

D : 誤    規定なし。A 型輸送物に係る技術上の基準である。則第 18 条の 5 第 2 号

問 15 次のうち、放射線障害のおそれのある場所における放射線の量の測定の結果について、測定の都度記録し、5 年間保存し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 測定をした者の氏名
- B 放射線測定器の種類及び型式
- C 測定方法
- D 測定箇所

- 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) 法第 20 条 (測定) 第 3 項, 則第 20 条 (測定) 第 4 項

A : 正    法第 20 条第 3 項, 則第 20 条第 4 項第 1 号ハ

B : 正    法第 20 条第 3 項, 則第 20 条第 4 項第 1 号ニ

C : 正    法第 20 条第 3 項, 則第 20 条第 4 項第 1 号ホ

D : 正    法第 20 条第 3 項, 則第 20 条第 4 項第 1 号ロ

問 16 外部被ばくによる線量の算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はどれか。ただし、中性子線による被ばくはないものとする。

- 1 外部被ばくによる実効線量は、預託実効線量とすること。
- 2 皮膚の等価線量は、3 ミリメートル線量当量とすること。
- 3 手、足等の末端部の等価線量は、3 ミリメートル線量当量とすること。
- 4 眼の水晶体の等価線量は、1 センチメートル線量当量又は 3 ミリメートル線量当量とすること。
- 5 妊娠中である女子の腹部表面の等価線量は、1 センチメートル線量当量とすること。

〔解答〕

5

注) 法第 20 条 (測定) 第 3 項, 則第 20 条 (測定) 第 4 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等を定める件) 第 20 条 (実効線量及び等価線量の算定)

1 : 誤    法第 20 条第 3 項, 則第 20 条第 4 項第 5 号, 平成 12 年 10 月 23 日科学技術庁告示第 5 号第 20 条第 1 項第 1 号 「預託実効線量」ではなく「1 センチメートル線量当量」とすること。

- 2：誤 法第20条第3項，則第20条第4項第5号，平成12年10月23日科学技術庁告示第5号第20条第2項第1号「3ミリメートル線量当量」ではなく「70マイクロメートル線量当量」とすること。
- 3：誤 規定なし。
- 4：誤 法第20条第3項，則第20条第4項第5号，平成12年10月23日科学技術庁告示第5号第20条第2項第2号「1センチメートル線量当量又は3ミリメートル線量当量」ではなく「1センチメートル線量当量又は70マイクロメートル線量当量のうち，適切な方」とすること。
- 5：正 法第20条第3項，則第20条第4項第5号，平成12年10月23日科学技術庁告示第5号第20条第2項第3号

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 事業所等内において人が居住する区域  
 B 事業所等内において人が業務を行う区域  
 C 事業所等の境界  
 D 管理区域の境界

- 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」ト  
 B：誤 規定なし。  
 C：正 法第20条第1項，則第20条第1項第3号「放射線の量」チ  
 D：正 法第20条第1項，則第20条第1項第3号「放射線の量」ヘ

問18 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 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こと。  
 B 放射線管理の状況の報告に関すること。  
 C 危険時の措置に関すること。  
 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 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

〔解答〕

5

注) 法第21条(放射線障害予防規程)第1項，則第21条(放射線障害予防規程)第1項

- A：正 法第21条第1項，則第21条第1項第5号  
 B：正 法第21条第1項，則第21条第1項第11号  
 C：正 法第21条第1項，則第21条第1項第10号

## 主任者 コーナー

D：正 法第 21 条第 1 項，則第 21 条第 1 項第 7 号

問 19 教育訓練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，対象者には，教育及び訓練の項目又は事項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。

- A 取扱等業務に従事する者であって，管理区域に立ち入らないものに対する教育及び訓練は，取扱等業務を開始する前及び取扱等業務を開始した後にあっては 3 年を超えない期間ごとに行わなければならない。
- B 放射線業務従事者に対する教育及び訓練は，初めて管理区域に立ち入る前及び管理区域に立ち入った後にあっては 1 年を超えない期間ごとに行わなければならない。
- C 取扱等業務に従事する者であって，管理区域に立ち入らないものに対する教育及び訓練は，取扱等業務を開始する前に定められた項目について施さなければならないが，時間数は定められていない。
- D 見学のため管理区域に一時的に立ち入る者に対する教育及び訓練は，当該者が立ち入る放射線施設において放射線障害が発生することを防止するために必要な事項について施さなければならないが，時間数は定められていない。

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

〔解答〕

4

注) 法第 22 条 (教育訓練)，則第 21 条の 2 (教育訓練) 第 1 項及び第 3 項，平成 3 年 11 月 15 日科学技術庁告示第 10 号 (教育及び訓練の時間数を定める告示)

- A：誤 法第 22 条，則第 21 条の 2 第 1 項第 3 号 「3 年」ではなく「1 年」を超えない期間ごとに行わなければならない。
- B：正 法第 22 条，則第 21 条の 2 第 1 項第 2 号
- C：誤 法第 22 条，則第 21 条の 2 第 1 項第 3 号及び第 4 号，則第 21 条の 2 第 3 項，平成 3 年 11 月 15 日科学技術庁告示第 10 号 時間数は定められている。
- D：正 法第 22 条，則第 21 条の 2 第 1 項第 5 号，則第 21 条の 2 第 3 項，平成 3 年 11 月 15 日科学技術庁告示第 10 号

問 20 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。) に対し，初めて管理区域に立ち入る前に行う健康診断の方法としての問診及び検査又は検診のうち，医師が必要と認める場合に限り行うものとして，放射線障害防止法上正しいものは，次のうちどれか。

- 1 放射線の被ばく歴の有無 (問診)
- 2 眼
- 3 皮膚
- 4 末しょう血液中の血色素量又はヘマトクリット値，赤血球数，白血球数及び白血球百分率
- 5 原子力規制委員会が指定する機関が定める部位及び項目

〔解答〕

2

注) 法第 23 条 (健康診断) 第 1 項，則第 22 条 (健康診断) 第 1 項第 1 号及び第 6 号

初めて管理区域に立ち入る前に行う健康診断にあたっては、検査又は健診は、眼については医師が必要と認める場合に限る。5は規定なし。

問 21 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 [ 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 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、[ B ]、医師による [ C ]、必要な保健指導等の適切な措置を講ずること。〕

	A	B	C
1	立入り	遅滞なく	問診
2	立入り	直ちに	問診
3	取扱い	遅滞なく	問診
4	取扱い	直ちに	診断
5	立入り	遅滞なく	診断

〔解答〕

5

注) 法第 24 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)、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 22 次のうち、届出販売業者が、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 譲受け又は販売その他譲渡に係る放射性同位元素の種類及び数量  
 B 放射性同位元素の譲受け又は販売その他譲渡の年月日及びその相手方の氏名又は名称  
 C 保管を委託した放射性同位元素の種類及び数量  
 D 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

- 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 25 条 (記帳義務) 第 2 項、則第 24 条 (記帳) 第 1 項

A : 正    法第 25 条第 2 項、則第 24 条第 1 項第 2 号イ

B : 正    法第 25 条第 2 項、則第 24 条第 1 項第 2 号ロ

C : 正    法第 25 条第 2 項、則第 24 条第 1 項第 2 号ニ

D : 正    法第 25 条第 2 項、則第 24 条第 1 項第 2 号ホ

## 主任者 コーナー

問 23 使用の廃止等の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。

- A 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その許可に係る放射性同位元素のすべての使用を廃止しようとするときは、あらかじめ、その旨を原子力規制委員会に届け出なければならない。
- B 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ときは、遅滞なく、その旨を原子力規制委員会に届け出なければならない。
- C 届出販売業者がその業を廃止したときは、遅滞なく、その旨を原子力規制委員会に届け出なければならない。
- D 表示付認証機器届出使用者がその届出に係る表示付認証機器のすべての使用を廃止したときは、遅滞なく、その旨を原子力規制委員会が指定する機関に届け出なければならない。
- 1 ACDのみ    2 ABのみ    3 BCのみ    4 Dのみ    5 ABCDすべて

〔解答〕

3

注) 法第 27 条 (使用の廃止等の届出) 第 1 項, 則第 25 条 (使用の廃止等の届出) 第 1 項, 則第 26 条の 2 (表示付認証機器に係る使用の廃止等の届出等) 第 1 項

- A : 誤    法第 27 条第 1 項, 則第 25 条第 1 項 「あらかじめ」ではなく「遅滞なく」届け出なければならない。
- B : 正    法第 27 条第 1 項, 則第 25 条第 1 項
- C : 正    法第 27 条第 1 項, 則第 25 条第 1 項
- D : 誤    法第 27 条第 1 項, 則第 26 条の 2 第 1 項 「原子力規制委員会が指定する機関」ではなく「原子力規制委員会」に届け出なければならない。

問 24 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 29 条 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。) は, 次の各号のいずれかに該当する場合のほか, 譲り渡し, 譲り受け, 貸し付け, 又は借り受けてはならない。

(1) 許可使用者がその  に記載された  の放射性同位元素を, 輸出し, 他の許可届出使用者, 届出販売業者, 届出賃貸業者若しくは許可廃棄業者に譲り渡し, 若しくは貸し付け, 又はその  に記載された貯蔵施設の  の範囲内で譲り受け, 若しくは借り受ける場合〕

- |   | A   | B  | C    |
|---|-----|----|------|
| 1 | 申請書 | 数量 | 貯蔵能力 |
| 2 | 申請書 | 数量 | 遮蔽能力 |
| 3 | 許可証 | 数量 | 遮蔽能力 |
| 4 | 許可証 | 種類 | 遮蔽能力 |
| 5 | 許可証 | 種類 | 貯蔵能力 |

〔解答〕

5

注) 法第 29 条 (譲渡し, 譲受け等の制限)

問 25 所持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 届出販売業者は、その届け出た種類の放射性同位元素を運搬のために所持することができる。
- B 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ときは、その廃止した日に所持していた放射性同位元素を、使用の廃止の日から 30 日間所持することができる。
- C 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その許可を取り消されたときは、その許可を取り消された日に所持していた放射性同位元素を、使用の廃止の日から 3 月間所持することができる。
- D 届出賃貸業者から放射性同位元素の運搬を委託された者は、その委託を受けた放射性同位元素を所持することができる。

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

〔解答〕

2

注) 法第 27 条 (使用の廃止等の届出) 第 1 項, 法 30 条 (所持の制限), 則第 28 条 (所持の制限)

A : 正    法第 30 条第 3 号

B : 正    法第 27 条第 1 項, 法第 30 条第 7 号, 則第 28 条

C : 誤    法第 30 条第 6 号, 則第 28 条 「使用の廃止の日から 3 月」ではなく「許可の取消しの日から 30 日」間所持することができる。

D : 正    法第 30 条第 3 号及び第 11 号

問 26 危険時の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 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、 が起こったことにより、 のおそれがある場合又は が発生した場合においては、 , 原子力規制委員会規則で定めるところにより、応急の措置を講じなければならない。」

	A	B	C
1	地震, 火災その他の災害	紛失	直ちに
2	地震, 火災その他の災害	放射線障害	直ちに
3	地震, 火災その他の災害	紛失	速やかに
4	遮蔽物の破損等の不測の事態	放射線障害	速やかに
5	遮蔽物の破損等の不測の事態	紛失	直ちに

〔解答〕

2

注) 法第 33 条 (危険時の措置) 第 1 項

問 27 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 表示付認証機器のみを賃貸している届出賃貸業者
- B 密封されていない放射性同位元素のみを使用している許可使用者

## 主任者 コーナー

- C 表示付認証機器及び密封された放射性同位元素を販売している届出販売業者  
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, 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, 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の中から選任する。  
C : 正 法第 34 条第 1 項第 3 号  
D : 正 法第 12 条の 8 第 1 項, 令第 13 条第 1 項, 法第 34 条第 1 項第 1 号及び第 2 号

問 28 放射線取扱主任者に定期講習を受けさせることを要しない事業者として, 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 1 個当たりの数量が下限数量の 1,000 倍を超えない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  
B 1 個当たりの数量が 1 テラベクレルを超える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  
C 表示付認証機器のみを販売している届出販売業者  
D 表示付認証機器のみを賃貸している届出賃貸業者  
1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

〔解答〕

5

- 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 : 誤 法第 36 条の 2 第 1 項, 則第 32 条第 1 項第 1 号 受けさせなければならない。  
B : 誤 法第 36 条の 2 第 1 項, 則第 32 条第 1 項第 1 号 受けさせなければならない。  
C : 正 法第 36 条の 2 第 1 項, 則第 32 条第 1 項第 2 号  
D : 正 法第 36 条の 2 第 1 項, 則第 32 条第 1 項第 2 号

問 29 密封された放射性同位元素のみを使用している事業所において, 放射線取扱主任者が海外出張のためその職務を行うことができなくなったが, 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。この事業所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の選任は行わなかった。  
B 出張の期間が 40 日間であったので, 出張の開始日に放射線取扱主任者の代理者を選任し, 出張の開始日の 10 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 2 ヶ月間であったので, 出張の開始日に放射線取扱主任者の代理者を選任し, 出張の開始日の 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 20 日間であったので, 出張の開始日に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。

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

〔解答〕

4

注) 法第 37 条 (放射線取扱主任者の代理者), 則第 33 条 (放射線取扱主任者の代理者の選任等)

- A : 誤    法第 37 条第 1 項    代理者を選任しなければならない。  
 B : 正    法第 37 条第 3 項, 則第 33 条第 3 項    選任した日から 30 日以内に届け出なければならない。  
 C : 誤    法第 37 条第 3 項, 則第 33 条第 3 項    選任した日から 30 日以内に届け出なければならない。  
 D : 正    法第 37 条第 3 項, 則第 33 条第 3 項

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 許可使用者は, 放射線管理状況報告書を毎年 4 月 1 日からその翌年 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。  
 B 許可使用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。  
 C 許可使用者は, 使用施設内の人が常時立ち入る場所において人が被ばくするおそれのある線量が, 原子力規制委員会が定める線量限度を超え, 又は超えるおそれがあるときは, 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。

- 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 42 条 (報告徴収), 則第 39 条 (報告の徴収)

- A : 誤    則第 39 条第 3 項    経過後「6 月」ではなく「3 月」以内である。  
 B : 正    則第 39 条第 1 項第 1 号  
 C : 正    則第 39 条第 1 項第 6 号  
 D : 正    則第 39 条第 1 項第 8 号

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を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

I 人体を構成する基本単位は細胞であり、細胞が高線量の放射線照射を受けると細胞死が引き起こされ、臓器・組織の機能障害等が生じて放射線障害が観察されるようになる。

骨髄、皮膚、腸上皮などにある幹細胞は活発に分裂しているが、高線量の放射線照射を受けると、細胞の機能が損なわれ、数回の分裂を経てから死に至ることが多い。このような状態を□Aと呼ぶが、DNAやタンパク質の合成等、細胞の代謝機能はある程度維持された状態であり、細胞を培養して□Bを形成するかどうかで生死が判定される。

一方、末梢血のリンパ球、成熟卵母細胞、肝細胞、□Cなど通常は分裂を行わない分化・成熟した細胞は、高線量の放射線照射を受けると、分裂することなく死ぬ。このような状態を□Dと呼ぶ。□Dには、□Eと□Fの2つのタイプがある。

□Eでは、細胞や核の膨化、DNAの不規則な分解等が起き、細胞膜が破れて細胞の構成成分が飛散するため、周辺に炎症等の病変を惹起する。一方、□Fでは、核濃縮、クロマチンの凝縮、サイズに規則性のあるDNAの□Gが特徴的で、細胞膜に包まれたまま死細胞が丸ごとマクロファージ（食細胞）により貪食、消化されるため、周囲に炎症等の病変を引き起こさない。

<A～Dの解答群>

- 1 増殖死    2 間期死    3 遅延死    4 スフェロイド    5 マイクロスフェア  
6 コロニー    7 毛のう上皮細胞    8 精原細胞    9 神経細胞

<E～Gの解答群>

- 1 エクソサイトーシス    2 ネクローシス    3 アポトーシス    4 分散化  
5 断片化    6 泡沫化

II 1906年、フランスのベルゴニーとトリボンドーは、ラットの精巣にラジウムのγ線を照射して生殖細胞の分化・成熟の過程と障害の程度とを対比させ、細胞の放射線感受性について次のような結論を導き出した。「①細胞分裂の頻度が高いものほど、②将来行う細胞分裂の回数が多いものほど、③形態及び機能が未分化なものほど、細胞の放射線感受性は高い」。すなわち、分化・成熟した細胞は、分裂しないので放射線感受性が□H、死にくいが、未分化で分裂が盛んな細胞ほど感受性が□I、死にやすいということになり、臓器・組織の放射線感受性は、それらを構成している細胞の致死感受性を反映したものとなる。

赤血球、白血球などの血液細胞（血球）を造る臓器・組織には、骨髄、胸腺、胎児期の□Jや肝臓などが含まれる。成人の骨髄は、造血幹細胞が活発に分裂して造血機能を維持している赤色骨髄（赤色髄）と、脂肪化して造血機能を失った白色骨髄（黄色髄）で構成されるが、加齢に従って赤色髄の割合は□K。

赤色骨髄に含まれる造血幹細胞及び前駆細胞は放射線感受性が高く、比較的低線量の被ばくでも造血機能低下が起り、血球の供給が止まるため、次第に末梢血中の血球数の減少が認められるようになる。被ばく線量にもよるが、被ばく直後から減少が認められるのは、白血球の一種で、免疫機能を担う **L** である。

**L** より少し遅れて減少し始めるのは、別のタイプの白血球である顆粒球で、その大半を占める **M** は、細菌の貪食・殺菌等、重要な感染防御の役割を担っている。**M** に続いて減少が認められるのは、血液凝固に関わる血小板である。**N** で酸素と二酸化炭素のガス交換を行う赤血球は、寿命が約 120 日と長いので、骨髄からの供給低下の影響を直ちには受けにくく、最も遅く減少する。

<H, I の解答群>

- 1 高く    2 低く    3 中程度で

<J, K の解答群>

- 1 腎臓    2 膵臓    3 脾臓    4 大きくなる    5 小さくなる    6 変わらない

<L~N の解答群>

- 1 好中球    2 好酸球    3 好塩基球    4 リンパ球    5 単球    6 樹状細胞  
7 心臓    8 肺    9 脳

Ⅲ 放射線によって誘発されるがんは、体細胞突然変異が原因で起きる確率的影響に分類され、原爆被爆者の調査結果からは、発症するまでの最短の **O** 期間は、白血病で 2~3 年、固形がんでは 10 年程度とされている。

放射線防護上は、どのくらいの線量の被ばくでどのくらいがんが発生するかを評価することが重要であり、**P** (Gy または Sv) あたりの放射線誘発がんの発生確率をリスク係数と呼ぶ。低線量放射線被ばくによる生涯の発がん確率について、国際放射線防護委員会 (ICRP) の勧告では、原爆被爆者等のがん罹患率等のデータに基づき、性及び年齢で平均化された生涯のリスク推定値として、がんの名目リスク係数が提示されている。

放射線被ばくにより生殖細胞の遺伝子突然変異や染色体異常が引き起こされ、それが子孫に伝達されて **Q** レベルで現れるのが確率的影響としての遺伝性 (的) 影響である。遺伝性 (的) 影響の有意な **R** は原爆被爆者などの調査結果からは認められていないが、動物実験などでは確かめられているので、重要な放射線防護の対象とされ、がんと同様、ICRP 勧告で名目リスク係数が提示されている。

遺伝性 (的) 影響の発生率の推定法には、動物実験により求めた突然変異率から、線量率効果、動物種差、1 種類の形質からすべての優性遺伝への換算、表現型の重篤度などを補正・外挿して遺伝性 (的) 影響の発生率を算定する方法 (直接法) と、突然変異率を自然発生レベルの 2 倍にするのに必要な線量 (倍加線量) を動物実験から求め、ヒトでの遺伝疾患の自然発生率から推定する間接法 (倍加線量法) がある。一般に、倍加線量の値が大きいほど遺伝性 (的) 影響は **S** とされている。

ICRP の勧告では、**T** の算定のため、個々の臓器・組織について、組織加重係数を定めている。この組織加重係数の大きさ (数値) は、個々の臓器・組織の確率的影響に対する感受性 (がんや遺伝性 (的) 影響の起こりやすさ) を表しており、細胞死の起こりやすさに基づく臓器・組織の致死感受性とは区別される。

## 主任者 コーナー

<O~Rの解答群>

- 1 潜伏 2 進展 3 持続 4 集団線量 5 単位線量 6 年間線量  
7 集団 8 個体 9 増加 10 減少

<S, Tの解答群>

- 1 起こりやすい 2 起こりにくい 3 吸収線量 4 等価線量 5 線量当量  
6 実効線量

[解答]

- I -1 -6 -9 -2 -2 -3  
-5

注) 細胞が放射線を受けると細胞分裂が阻害されて分裂遅延が起きたり細胞死という結果が生じたりする。細胞死は、増殖死(分裂死)と間期死に分類をすることができる。

増殖死は骨髄、皮膚、腸上皮の幹細胞や培養細胞で見られる。細胞をシャーレなどで培養すると、放射線照射を受けていない細胞の場合は増殖を繰り返してコロニーが形成されるのが観察されるが、照射を受けた細胞では数回の分裂しかできず、大きなコロニーは形成されないで増殖死の判定ができる。これに対して間期死は、放射線照射を受けた後、分裂することなく死ぬことをいう。間期死にはアポトーシスとネクローシスの2つのタイプがある。

アポトーシスはプログラムされた能動的な死ということができ、核の濃縮やDNAが切断されてDNAラダーへと断片化する現象などが見られ、また、細胞の内容物が流出しないので周囲に炎症を引き起こさない。これに対して、ネクローシスは病理的で受動的な死であり、DNAのランダムな断片化や細胞の膨潤などが起こるとともに、細胞の内容物が放出されることにより周囲に炎症を引き起こす。

- II -2 -1 -3 -5 -4 -1  
-8

注) J: ヒトの場合、胎児期には脾臓・骨髄・リンパ組織・肝臓で造血が行われるが、出生後は脾臓及び肝臓での造血機能は失われる。ただし、脾臓は完全にその機能を失うのではなく、大量出血の際などには脾臓で造血が行われることがある。

K: 小児期には全身の骨に赤色骨髄が存在しているが、加齢にしたがって四肢の骨の造血機能は失われていく。

L: リンパ球は分化した細胞であるが、放射線に対する感受性が高い。

M: 白血球は、リンパ球・単球・顆粒球に分類され、顆粒球はさらに好酸球・好中球・好塩基球に分けることができるが、好中球が顆粒球の大部分を占める。

- III -1 -5 -8 -9 -2 -6

注) S: 倍加線量の値が大きいということは、突然変異率を自然発生レベルの2倍にするのに必要とする線量が大きくなるということ、すなわち、より多くの線量の被ばくをしなければ遺伝性(的)影響が表れないということである。

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

- I  $^{60}\text{Co}$  は、  して  $^{60}\text{Ni}$  となり、その励起状態から、2本の  $\gamma$  線が放出される。 $\beta$  線を適切に遮

蔽したものが<sup>60</sup>Co 密封γ線源として市販されている。

<sup>60</sup>Co 線源からのγ線が物質に入射したときの相互作用を考える際、これらのγ線のエネルギーは [ B ] のしきい値、 [ ア ] MeV より大きい、 [ B ] の頻度は一般的には無視できる。最も頻度の高い相互作用は [ C ] である。この過程ではγ線が物質中の電子と衝突して、そのエネルギーの一部を電子に与え、高速電子が生成する。 [ C ] を繰り返すことによって、γ線のエネルギーは減少し、最終的には [ D ] によってγ線は消滅する。

<A~Dの解答群>

- 1 α壊変    2 β<sup>-</sup>壊変    3 β<sup>+</sup>壊変    4 核異性体転移    5 内部転換  
6 トムソン散乱    7 光電効果    8 コンプトン散乱    9 電子対生成

<アの解答群>

- 1 0.511    2 1.022    3 2.044

II γ線によって生成した高速電子は、生体中でその飛跡に沿って断続的に電離を起こして、エネルギーを物質に与え、イオンやラジカルなどの集合体である [ E ] を生成する。細胞内DNAに損傷が生成する過程には、DNA分子に電離が起きる [ F ] 作用と、飛跡に沿って生成した [ E ] からのラジカルが拡散してDNAに損傷を与える [ G ] 作用がある。 [ G ] 作用は、ラジカル捕捉剤の投与でDNA損傷の生成あるいは生体影響が [ H ] されることによって検出できる。

放射線によるDNA損傷の生成機構の研究には、プラスミドDNAがよく用いられる。この分子は超らせん構造を持つ環状の2本鎖DNAである。放射線によって1本鎖切断が生成すると超らせん構造がほどけて緩い環状DNAとなり、2本鎖切断が生成すると直鎖状のDNAとなる。これらの3種の状態はゲル中で電場をかけたときの移動度が異なるので、電気泳動法によって簡便に分離・識別でき、それらの切断の収量を定量することができる。1本鎖切断および2本鎖切断の収量は、低線量域では線量に対して [ I ] 的に増えていく。2本鎖切断の収量は、1本鎖切断の収量の概ね [ イ ] 分の1程度とされている。水溶液中で放射線照射されたプラスミド試料中に無傷で残っている、超らせん構造を持つDNAの割合は放射線量に対して [ J ] 的に減少する。用いるプラスミドDNAの分子量が大きくなると線量当たりのDNA切断の収量は [ K ] なる。

<E~Hの解答群>

- 1 カーマ    2 シンチレーション    3 スプール    4 相乗    5 相加    6 直接  
7 間接    8 軽減    9 増幅

<I~Kの解答群>

- 1 指数関数    2 対数関数    3 一次関数    4 二次関数    5 大きく    6 小さく  
7 一定と

<イの解答群>

- 1 4~8    2 40~80    3 400~800

III 放射線の生物影響を評価する上で最も基本的な量は、 [ L ] である。しかし、被ばくの生物影響の程度は、同じ [ L ] であっても放射線の種類、エネルギー、線量率、被ばく部位によって異なる。放射線防護の観点からは次のように定義された [ M ] を用いて健康影響の程度を見積もっている。 [ M ] は、臓器毎の [ N ] と臓器によって定められた [ O ] の積を足し合わせたものである。

## 主任者 コーナー

り、 $\square N$  は  $\square L$  と  $\square P$  の積で表わされる。

外部被ばくに対する評価の実用量としては、 $\square M$  の代わりに、組織等価物質で作られた球あるいは平板（スラブ）ファントムの表面から  $\square U$  の深さにおける線量当量である  $\square W$  線量当量が用いられている。また、皮膚の  $\square N$  に対しては  $\square E$  線量当量が用いられている。

<L~Pの解答群>

- 1 照射線量    2 吸収線量    3 実効線量    4 線質係数    5 RBE  
6 質量吸収係数    7 組織加重係数    8 放射線加重係数    9 深部線量  
10 モニタリング線量    11 預託線量    12 等価線量

<ウ、エの解答群>

- 1 10  $\mu\text{m}$     2 70  $\mu\text{m}$     3 1 mm    4 3 mm    5 1 cm

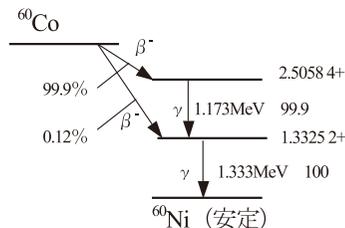
[解答]

- I  $\square A$  - 2     $\square B$  - 9     $\square C$  - 8     $\square D$  - 7     $\square E$  - 2

注)  $^{60}\text{Co}$  (半減期は 5.2713 年) の壊変図式は以下のとおりである。コバルトから放出される主な  $\beta^-$  線の最大エネルギーは、0.318 MeV (99.9%) 及び 1.491 MeV (0.12%)、 $\gamma$  線のエネルギーは 1.173 MeV (99.9%) 及び 1.332 MeV (100%) である。

入射する物質により相互作用は異なるが、これらのエネルギーの  $\gamma$  線のエネルギー領域では、物質に関係なくコンプトン散乱が主となる。エネルギーが減少すると光電効果が主となる。

電子対生成は  $\gamma$  線のエネルギーが 1.022 MeV 以上で起こるが、その頻度は一般的に無視できる。これと逆の現象が、ポジロン核種の  $\beta^+$  壊変で見られる。放出された陽電子 ( $\beta^+$ ) が電子との接触で 2 本の 511 keV の消滅放射線 (計 1.022 MeV) を放出し、陽電子 ( $\beta^+$ ) と電子が消滅する。



- II  $\square E$  - 3     $\square F$  - 6     $\square G$  - 7     $\square H$  - 8     $\square I$  - 3     $\square J$  - 1  
 $\square K$  - 5     $\square L$  - 2

注) 放射線が DNA に損傷を与える作用には 2 種類ある。1 つは直接作用、もう 1 つは間接作用である。間接作用では、放射線が水分子を電離あるいは励起し、ヒドロキシラジカル ( $\text{OH}\cdot$ ) や水素ラジカル ( $\text{H}\cdot$ ) などのフリーラジカル (遊離基) を生成する。そして、フリーラジカルの集合体をスプールと呼ぶ。間接作用とは、これらが拡散し、DNA が損傷することをいう。生成されたフリーラジカルが DNA を損傷する前に捕捉 (取り除く、または不活性な状態にする) ことができれば、DNA 損傷を軽減することができる。なお、人体の 60~70% が水分であり、放射線が直接 DNA に到達する割合は低いため、間接作用の割合が直接作用よりも高くなる。

DNA の損傷原因は、放射線以外にもタバコや化学物質などがあり、1 日当たり、1 万から 100 万箇所損傷が起きているといわれている。しかし、細胞には DNA 損傷を修復する機能がある。DNA が損傷すると修復酵素により修復される。2 本鎖切断は 1 本鎖切断よりも生じにくく、数十

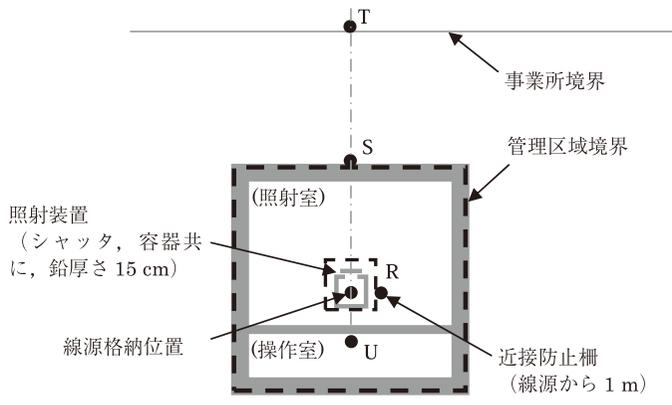
倍のエネルギーを必要とする。高 LET 放射線では電離密度，すなわちスプールの密度が高いため，2 本鎖切断の割合が増える。1 本鎖切断の方が生成数は多いが修復されやすく，2 本鎖切断の方が生成数は少ないが修復されにくい。

- Ⅲ  L - 2     M - 3     N - 12     O - 7     P - 8     ウ - 5  
 エ - 2

注) 放射線による被ばく線量を評価するために用いられる量としては，大きく分けて2種類ある。国際放射線防護委員会 (ICRP) が定義している防護量と国際放射線単位および測定委員会 (ICRU) が定義している実用量である。防護量としては，等価線量及び実効線量がある。放射線の種類によって放射線の人体への影響が異なるため，等価線量は各器官・臓器の吸収線量に放射線加重係数を掛け合わせることで算出する。実効線量は，等価線量に確率的影響に対する器官・臓器の相対的な放射線感受性を表す組織加重係数を掛け合わせることで算出する。しかし，防護量は測定可能な量でないため，放射線モニタリングに直接用いることができない。

一方，実用量は，防護量の推定値を適切に表す測定可能な量である。実用量には，場のモニタリングに用いられる周辺線量当量及び方向性線量当量，個人モニタリングに用いられる個人線量当量がある。実用量の算出に用いられる規格化された組織等価物質で作られた球あるいは平板 (スラブ) ファントムのことを ICRU 球 (直径 30 cm) または ICRU スラブファントム (30 cm×30 cm×15 cm 厚) という。問題にある 1 cm 線量当量 (深部臓器)，70 μm 線量当量 (皮膚) のほか，眼の水晶体の等価線量として 3 mm 線量当量がある。ただし，現行法令では，水晶体の等価線量は，1 cm 線量当量と 70 μm 線量当量のどちらか適切な方 (大きい方) を用いることとなっている。

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，放射線測定器の校正を行うため，コンクリート壁 (厚さ 50 cm) で囲まれた照射室と操作室からなる  $\gamma$  線照射施設において， $^{137}\text{Cs}$  密封線源 (200 GBq) 1 個だけを装備した照射装置 (シャッタ，容器共に鉛厚さ 15 cm) を用いている。照射室及び操作室の間はコンクリート壁 (厚さ 30 cm) で隔てられている。また，照射装置には近接防止のため，線源から 1 m の位置に柵を設けている。

## 主任者 コーナー

$\gamma$ 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Sは、線源から10 m離れている。また、事業所の境界上の点Tは、線源から25 m離れている。

シャッター開放時の鉛容器の照射孔は点S方向に十分にコリメートされている。操作室内で最も線源に近接する点Uは、線源から2 m離れている。照射装置のシャッター操作は操作室から行われ、シャッター開放中は照射室には立ち入らない。

なお、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、1週間40時間、3月間で最大500時間まで線源の使用が認められている。人が常時立ち入る場所における1週間の実効線量は、照射室内の柵上の点Rで最大   $\mu\text{Sv}$ 、操作室の点Uで最大   $\mu\text{Sv}$  となる。管理区域の境界における3月間の実効線量は、点Sで最大   $\mu\text{Sv}$  となる。また、事業所の境界における3月間の実効線量は、点Tで最大   $\mu\text{Sv}$  となる。

法令で定める人が常時立ち入る場所における線量限度は1週間につき   $\text{mSv}$ 、管理区域の設定に係る実効線量は3月間につき   $\text{mSv}$ 、事業所の境界における線量限度は3月間につき   $\mu\text{Sv}$  であることから、評価結果はこれらの値を下回っている。

ただし、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、事業所の境界においては3月間2,184時間とし、計算には次の表の値を用いることとする。

線源	実効線量率定数 [ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	実効線量透過率		
		鉛 15 cm	コンクリート 30 cm	コンクリート 50 cm
$^{137}\text{Cs}$	$7.8\times 10^{-2}$	$6.1\times 10^{-8}$	$8.4\times 10^{-2}$	$6.9\times 10^{-3}$

<A~Dの解答群>

1  $2.0\times 10^{-5}$     2  $1.6\times 10^{-4}$     3  $8.0\times 10^{-4}$     4  $1.9\times 10^{-3}$     5  $3.8\times 10^{-2}$   
 6  $4.8\times 10^{-1}$     7  $6.0\times 10^{-1}$     8  $6.0\times 10^0$     9  $1.7\times 10^1$     10  $8.6\times 10^1$   
 11  $1.6\times 10^2$     12  $3.0\times 10^2$     13  $5.4\times 10^2$     14  $9.4\times 10^2$     15  $1.5\times 10^3$

<E~Gの解答群>

1 0.25    2 0.50    3 0.75    4 1.0    5 1.2    6 1.3    7 1.5    8 2.5  
 9 30    10 40    11 100    12 150    13 250    14 300    15 1,000

- II この施設では、放射線測定器のエネルギー特性試験を行えるようにするため、照射装置に既存の $^{137}\text{Cs}$ 密封線源以外に $^{60}\text{Co}$ 密封線源(50 GBq)1個を追加で装備して使用することを計画している。ただし、 $^{137}\text{Cs}$ 密封線源と $^{60}\text{Co}$ 密封線源は同時には使用しない。また、1週間で最大40時間、3月間で最大500時間まで線源を使用することを考える。

この場合、人が常時立ち入る場所における1週間の実効線量は、照射室内の柵上の点Rで最大   $\mu\text{Sv}$ 、操作室の点Uで最大   $\mu\text{Sv}$  となる。管理区域の境界における3月間の実効線量は、点Sで最大   $\mu\text{Sv}$  となる。また、事業所の境界における3月間の実効線量は、点Tで最大   $\mu\text{Sv}$  となる。この評価結果は、法令で定める管理区域の設定に係る実効線量及び事業所の境界における線量限度を超えている。

これらの値を超えないための方策として、最大使用時間の短縮又は $^{60}\text{Co}$ 密封線源の数量(放射能)

の減少を検討する。使用時間の短縮及び数量の減少は必要最小限とする。このとき、 $^{60}\text{Co}$  線源だけを使用した場合を考慮すると、最大使用時間を  $\square$  L  $\square$  当たり  $\square$  M  $\square$  時間又は  $^{60}\text{Co}$  密封線源の数量を  $\square$  N  $\square$  GBq とすることで、法令で定める管理区域の設定に係る実効線量及び事業所の境界における線量限度を下回る。

なお、計算には次の表の値を用いることとする。

線源	実効線量率定数 [ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	実効線量透過率		
		鉛 15 cm	コンクリート 30 cm	コンクリート 50 cm
$^{60}\text{Co}$	$3.1\times 10^{-1}$	$2.6\times 10^{-4}$	$1.5\times 10^{-1}$	$2.4\times 10^{-2}$

<H~K の解答群>

- 1  $1.6\times 10^{-4}$     2  $8.0\times 10^{-4}$     3  $3.8\times 10^{-2}$     4  $4.8\times 10^{-1}$     5  $6.0\times 10^{-1}$   
 6  $6.0\times 10^0$     7  $1.7\times 10^1$     8  $8.6\times 10^1$     9  $1.6\times 10^2$     10  $2.2\times 10^2$     11  $3.0\times 10^2$   
 12  $5.4\times 10^2$     13  $9.4\times 10^2$     14  $1.5\times 10^3$     15  $1.9\times 10^3$

<L の解答群>

- 1 1週間    2 1月間    3 3月間    4 6月間    5 1年間

<M, N の解答群>

- 1 15    2 28    3 34    4 36    5 42    6 87    7 150    8 250  
 9 340    10 420

Ⅲ 放射線測定器のエネルギー特性試験を行う上で、 $^{137}\text{Cs}$  密封線源及び  $^{60}\text{Co}$  密封線源による 1 cm 線量当量率がほぼ同一になるように照射したい。ここでは、簡単のため、実効線量率が同一になるように照射することを考える。

照射室には、放射線測定器に照射する線量率を変化させることを目的として、測定器の設置位置を線源から 1~3.5 m の距離で変えられる設備を備えている。放射線の線束は、 $\square$  O  $\square$  するので、2つの線源によって与えられる同一距離における実効線量率の相対値が 10 倍を超えたら、早めに線源を更新することとする。

$^{137}\text{Cs}$  の半減期は  $\square$  P  $\square$  年、 $^{60}\text{Co}$  の半減期は  $\square$  Q  $\square$  年であるため、 $^{137}\text{Cs}$  密封線源 (200 GBq) 及び  $^{60}\text{Co}$  密封線源 (50 GBq) を同時に更新した場合、次に線源を更新するのは  $\square$  R  $\square$  年後となる。

なお、 $\ln 2$  及び  $\ln 10$  はそれぞれ 0.69 及び 2.3 とする。

<O の解答群>

- 1 距離に比例    2 距離に反比例    3 距離の 2 乗に比例    4 距離の 2 乗に反比例

<P~R の解答群>

- 1 2.5    2 5.3    3 7.4    4 10    5 16    6 22    7 27    8 30    9 35  
 10 40

[解答]

- I  $\square$  A  $\square$  - 5     $\square$  B  $\square$  - 3     $\square$  C  $\square$  - 13     $\square$  D  $\square$  - 10     $\square$  E  $\square$  - 4     $\square$  F  $\square$  - 6  
 $\square$  G  $\square$  - 13

注) 実効線量は次式により求めることができる。

## 主任者 コーナー

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

A, B: 人が常時立ち入る場所での実効線量の算定では、立ち入る時間を週40時間とするので、(1)式より、

$$\begin{aligned} \text{点R} &: 7.8 \times 10^{-2} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 200 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 40 [\text{h}] \div 1^2 [\text{m}^2] \times 6.1 \times 10^{-8} \\ &\quad \approx 3.8 \times 10^{-2} [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{点U} &: 7.8 \times 10^{-2} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 200 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 40 [\text{h}] \div 2^2 [\text{m}^2] \times 6.1 \times 10^{-8} \\ &\quad \times 8.4 \times 10^{-2} \\ &\quad \approx 8.0 \times 10^{-4} [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

C: 管理区域の境界における評価時間は3月間500時間で行う。本問の場合、3月間での最大使用時間は500時間であり、その間、シャッターは開放されていて鉛による遮蔽はなく、管理区域境界のコンクリート壁のみが遮蔽物となるので、(1)式より、

$$\begin{aligned} \text{点S} &: 7.8 \times 10^{-2} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 200 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 500 [\text{h}] \div 10^2 [\text{m}^2] \times 6.9 \times 10^{-3} \\ &\quad \approx 538 [\mu\text{Sv}] \\ &\quad \approx 5.4 \times 10^2 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

D: 事業所の境界の評価時間は3月間2,184時間で行うが、そのうち500時間についてはシャッターが開放され、残りの時間はシャッターが閉じているものとして算定する。

$$\begin{aligned} \text{点T} &: 7.8 \times 10^{-2} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 200 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 500 [\text{h}] \div 25^2 [\text{m}^2] \times 6.9 \times 10^{-3} \\ &\quad + 7.8 \times 10^{-2} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 200 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 1,684 [\text{h}] \div 25^2 [\text{m}^2] \\ &\quad \times 6.9 \times 10^{-3} \times 6.1 \times 10^{-8} \\ &\quad \approx (86.1 + 0.000018) [\mu\text{Sv}] \\ &\quad \approx 8.6 \times 10 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

ただし、上式の第2項の結果から分かるように、シャッターが閉じている時には鉛による遮蔽が大きく効いてくるので、有効数字2桁の計算では線源を使用していない時間についての評価は無視できることが15cm厚の鉛の実効線量透過率から推定される。

- II H - 9    I - 6    J - 15    K - 11    L - 3    M - 9  
N - 3

注) <sup>137</sup>Cs 密封線源と <sup>60</sup>Co 密封線源は同時に使用せず、また、問題Iで <sup>137</sup>Cs 密封線源を1週間につき40時間、3月間につき500時間使用した場合について算定し、線量限度を下回ることを確認しているので、本問では <sup>60</sup>Co 密封線源の使用のみを考える。

H~K: 問題IのA~Dの場合と同様に算定する。ただし、シャッターが閉じている時間の線量は無視した。

$$\begin{aligned} \text{点R} &: 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 50 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 40 [\text{h}] \div 1^2 [\text{m}^2] \times 2.6 \times 10^{-4} \\ &\quad \approx 161 [\mu\text{Sv}] \\ &\quad \approx 1.6 \times 10^2 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{点U} &: 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}] \times 50 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 40 [\text{h}] \div 2^2 [\text{m}^2] \times 2.6 \times 10^{-4} \\ &\quad \times 1.5 \times 10^{-1} \\ &\quad \approx 6.0 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{点 S} &: 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 50 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 500 [\text{h}] \div 10^2 [\text{m}^2] \times 2.4 \times 10^{-2} \\ &= 1,860 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

$$\doteq 1.9 \times 10^3 [\mu\text{Sv}]$$

$$\begin{aligned} \text{点 T} &: 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 50 \times 10^3 [\text{MBq}] \times 500 [\text{h}] \div 25^2 [\text{m}^2] \times 2.4 \times 10^{-2} \\ &\doteq 298 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

$$\doteq 3.0 \times 10^2 [\mu\text{Sv}]$$

L～N：人が常時立ち入る場所における線量限度は超えておらず、管理区域の境界と事業所の境界の実効線量が限度を超えている。また、管理区域の境界と事業所の境界では管理区域の境界の方が線量限度を超えている割合が大きいため、管理区域の境界における実効線量が線量限度(1,300 [μSv/3月])を超えないようにすればよい。

$$1,300 [\mu\text{Sv}/3\text{月}] / 1,900 [\mu\text{Sv}/3\text{月}] \times 500 [\text{時間}/3\text{月}] \doteq 342 [\text{時間}/3\text{月}] \doteq 340 [\text{時間}/3\text{月}]$$

または、

$$1,300 [\mu\text{Sv}/3\text{月}] / 1,900 [\mu\text{Sv}/3\text{月}] \times 50 [\text{GBq}] \doteq 34.2 [\text{GBq}] \doteq 34 [\text{GBq}]$$

Ⅲ  O - 4       P - 8       Q - 2       R - 6

注) R：<sup>137</sup>Cs 線源と <sup>60</sup>Co 線源を同時に更新した時の同一の距離における実効線量率が同一であるものとする、それぞれの線源核種が減衰することによって <sup>60</sup>Co 線源による実効線量率が <sup>137</sup>Cs 線源による実効線量率の 1/10 になるまでの経過時間を  $t$  年とすると、次の方程式が成り立つ。

$$\begin{aligned} 10 \times 3.1 \times 10^{-1} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 50 \times 10^3 [\text{MBq}] \times e^{-(\ln 2/5.3)t} \\ = 7.8 \times 10^{-2} [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \times 200 \times 10^3 [\text{MBq}] \times e^{-(\ln 2/30)t} \end{aligned}$$

これより、

$$1.55 \times 10^5 \times e^{-(\ln 2/5.3)t} = 1.56 \times 10^4 \times e^{-(\ln 2/30)t}$$

近似して、

$$10 \times e^{-(\ln 2/5.3)t} = e^{-(\ln 2/30)t}$$

両辺の対数をとると、

$$\ln 10 - (\ln 2/5.3)t = -(\ln 2/30)t$$

$$2.3 - 0.130 t = -0.023 t$$

$$0.107 t = 2.3$$

$$\therefore t \doteq 21.5 \doteq 22 [\text{年}]$$

問 4 次の I、II の文章の  の部分に入る最も適切な語句、記号、数値又は数式を、それぞれの解答群から 1 つだけ選べ。

I 作業者の放射線防護のためのモニタリングを、その対象によって分類した場合、作業環境のモニタリングと作業者の個人モニタリングとに大別される。まず、作業環境のモニタリングについて考察する。

外部被ばくに対する作業環境のモニタリングには、種々の動作原理に基づくサーベイメータが用いられている。γ線用サーベイメータの中で、 ア 式サーベイメータは最も感度が高く、低線量率の場所での測定に適している。一方、線量率が比較的高く、γ線エネルギーが特定できない場所では、エネルギー依存性の最も小さい  イ 式サーベイメータが適している。また、直線加速器などの高エネルギー放射線発生装置を使用する場所では、γ線用に加え、 ウ などを利用した  A 線

## 主任者 コーナー

用のサーベイメータが使用される。

作業環境の表面汚染は **B** の原因となる。表面汚染に対する作業環境のモニタリングの一般的な方法には、サーベイメータによる直接法とふき取り検査による間接法 (**C** 法) とがある。例えば、取り扱う核種が  $^{137}\text{Cs}$  であった場合、直接法に用いられるのは、通常、**エ** 式サーベイメータである。また、取り扱う核種が  $^3\text{H}$  であった場合、**C** 法で得た試料の放射能測定には、**D** がしばしば用いられる。今、 $^{137}\text{Cs}$  でほぼ一様に汚染された表面の数箇所を、有効窓面積  $20\text{ cm}^2$  の **エ** 式サーベイメータにより測定し、計数率 (正味) の平均値として  $300\text{ cpm}$  を得たとする。この測定における計数効率 (計数率/壊変率) を  $0.25$  と仮定すると、この汚染の表面汚染密度は、おおよそ **E**  $\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$  と算定される。

空気汚染に対する作業環境のモニタリングには、通常、ダストモニタ、あるいはダストサンプラが用いられる。捕集用濾紙の放射能測定では、**F** 及び **G** の壊変生成物の影響に注意が必要である。捕集後 4 時間以上を経て測定した場合には、**G** の壊変生成物の影響はほとんど無視してよい。今、定格吸引流量  $200\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  のダストサンプラを 10 時間運転し、濾紙上に  $^{137}\text{Cs}$  の放射能  $10\text{ Bq}$  を捕集したとする。この濾紙の捕集効率を  $90\%$  と仮定すると、この期間中の空気中の  $^{137}\text{Cs}$  の平均放射能濃度は **H**  $\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$  と算定される。

<ア～エの解答群>

- 1 GM 管    2 NaI(Tl) シンチレーション    3 ZnS(Ag) シンチレーション  
4 電離箱    5 半導体検出器    6  $^3\text{He}$  比例計数管

<A の解答群>

- 1 高速電子    2 重粒子    3 消滅放射    4 中性子

<B, C の解答群>

- 1 サブマージョンのみ    2 外部被ばくのみ    3 内部被ばくのみ  
4 外部被ばくと内部被ばく    5 コンタクト    6 ストリップ    7 スミア  
8 プロット    9 マウント

<D の解答群>

- 1  $4\pi\beta\gamma$  同時計数装置    2 Ge 検出器    3 液体シンチレーションカウンタ

<E の解答群>

- 1 0.1    2 0.2    3 0.6    4 1    5 2    6 6    7 10    8 20    9 60  
10 100

<F, G の解答群>

- 1  $^{219}\text{Rn}$     2  $^{220}\text{Rn}$     3  $^{222}\text{Rn}$     4  $^{223}\text{Rn}$

<H の解答群>

- 1  $7.5\times 10^{-8}$     2  $9.3\times 10^{-8}$     3  $1.3\times 10^{-7}$     4  $1.8\times 10^{-7}$     5  $2.6\times 10^{-7}$   
6  $3.6\times 10^{-7}$     7  $5.1\times 10^{-7}$     8  $7.5\times 10^{-7}$

II 次に、作業者の個人モニタリングについて考察する。

作業者の外部被ばくに対する個人モニタリングには、種々の測定原理に基づく個人線量計が用いられている。例えば、OSL 線量計は **I** を、蛍光ガラス線量計は **J** を利用した個人線量計である。また、中性子線量測定用の個人線量計には CR-39 などの **K** が用いられている。

個人線量計の基本的な装着部位（基本装着部位）は、特別な事情のある場合を除き、通常は、である。今、全身が均等被ばくする場所において、防護エプロンを着用し、襟部及び基本装着部位であるエプロンのに、個人線量計各1個を装着して作業をしたとする。襟部の測定値が $H_a$ 、基本装着部位の測定値が $H_b$ のとき、実効線量は式を用いて算定するのが適切である。

体内汚染に対する個人モニタリングの方法の一つに体外計測法がある。スクリーニング用の体外計測装置には、通常、プラスチックシンチレーション検出器、あるいはが用いられている。体外計測法による6ヶ月間隔の定期検査を受けてきた作業者に、ある時の検査で初めて有意な体内量が検出されたとする。この場合、摂取が生じていたと仮定して算定すると、摂取量の評価値は最も大きい値となる。

<I, Jの解答群>

- 1 エキソ電子放射    2 エレクトロルミネセンス    3 ケミルミネセンス  
4 ラジオフォトルミネセンス    5 フリーラジカルの生成    6 輝尽発光

<Kの解答群>

- 1 エレクトレット    2 フォトダイオード    3 固体飛跡検出器    4 有機発光体

<L, Mの解答群>

- 1 男子女子ともに胸部    2 男子は胸部、女子は腹部    3 男子女子ともに腹部  
4 内側    5 外側    6 内外任意の側

<Nの解答群>

- 1  $\sqrt{H_a^2+H_b^2}$     2  $\sqrt{H_a \cdot H_b}$     3  $[H_a+H_b]$     4  $[0.11H_a+0.89H_b]$     5  $[0.50H_a+0.50H_b]$   
6  $[0.72H_a+0.28H_b]$

<Oの解答群>

- 1 Ge 検出器    2 GM 計数管    3 NaI(Tl) 検出器    4 Si(Li) 検出器  
5 チェレンコフ検出器    6 比例計数管

<Pの解答群>

- 1 この6ヶ月間毎日    2 今回の検査の3ヶ月前に1回    3 今回の検査の直前に1回  
4 前回の検査の直後に1回

〔解答〕

- I -2    -4    -6    -1  
-4    -4    -7    -3    -4    -2  
-3    -2

注) イ：電離箱式は感度が低いが、エネルギー依存性が小さい。

ウ： ${}^3\text{He}(n, p){}^3\text{H}$  反応で発生した陽子線による電離量を測定する。

エ：非密封の ${}^{137}\text{Cs}$ からは、0.514 MeV、1.176 MeVの $\beta$ 線が放出される。

D： ${}^3\text{H}$ から放出される $\beta$ 線は、その最大エネルギーが0.0186 MeVと極めて低いため検出媒体に直接接触できる液体シンチレーションカウンタで測定される。

E： $300 [\text{cpm}]/60 [\text{s}]/0.25/20 [\text{cm}^2]=1 [\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}]$

F, G：ラドン ( ${}^{222}\text{Rn}$ ) の壊変生成物の半減期は短いもの ( ${}^{218}\text{Po}$ ,  ${}^{214}\text{Pb}$ ,  ${}^{214}\text{Bi}$  など 3~27分程度) の系列から、長半減期核種 ( ${}^{210}\text{Pb}$  22.2年) へ移行するため、捕集後4時間以上経過すれば、これらの計数率は無視できるほどになる。

## 主任者 コーナー

$$H : 200 [\text{L} \cdot \text{min}^{-1}] \times (10 [\text{h}] \times 60 [\text{min}]) = 1.2 \times 10^5 [\text{L}] = 1.2 \times 10^8 [\text{cm}^3]$$

濾紙の捕集効率 $\eta$ は90%であるから、捕集量は

$$10 [\text{Bq}] / 0.9 \doteq 11.1 [\text{Bq}]$$

空気中の平均放射能濃度は、

$$11.1 [\text{Bq}] / (1.2 \times 10^8 [\text{cm}^3]) \doteq 9.3 \times 10^{-8} [\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-3}]$$

- II  I - 6     J - 4     K - 3     L - 2     M - 4     N - 4  
 O - 3     P - 4

注) K : エッチング処理によるエッチピットの数や形状を分析する。

N : 頭頸部、胸部上腕部、腹部下腿部の1 cm線量当量を、それぞれ $H_a$ 、 $H_b$ 、 $H_c$ とし、 $H_a$ 、 $H_b$ 、 $H_c$ のうち最大の値を示すものを $H_m$ とすると、実効線量 $E$ は次式で計算される。

$$E = 0.08H_a + 0.44H_b + 0.45H_c + 0.03H_m$$

問題文では、 $H_c$ の値はないので、 $H_c = H_b$ とし、また、 $H_b$ はプロテクタ内側の値なので、通常 $H_a$ の方が大きく、 $H_m = H_a$ となる。

以上をまとめて、 $E = 0.11H_a + 0.89H_b$ となる。

問5 シンチレーション検出器を用いた放射線計測に関する次の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 エネルギーを吸収すると直ちに蛍光を発する物質があり、これらは発光型の放射線検出素子として利用される。このような蛍光物質をシンチレータと呼ぶ。シンチレータはその材質により、有機シンチレータと、無機シンチレータに大別される。

有機シンチレータには、スチルベンや□Aなどの結晶、プラスチックシンチレータ、および液体シンチレータ等がある。これらの蛍光物質には、芳香族化合物等の□Bを有する分子が多い。発光強度は□Aの結晶を基準として相対的に示されてきた。これらの分子を構成する主な原子は炭素と水素であるため、高エネルギー $\gamma$ 線に対する□Cが小さい。また原子番号が小さいので、高エネルギー $\gamma$ 線との相互作用における□Dの占める割合が小さく、全吸収ピークが見られないこともある。なお、□Dの起こる確率は原子番号の□ア乗に比例することが知られている。

一方、代表的な無機シンチレータにはNaI(Tl)があり、 $\gamma$ 線用サーベイメータに多用されている。この物質は□E性があり、大気中では不安定なため、結晶は容器に密閉されている。そのため、 $\alpha$ 線の測定には適さない。また、 $\beta$ 線の測定にも適さない。何故ならば、 $\beta$ 線が容器で遮蔽されることに加えて、NaIは実効原子番号が大きく□Fの影響が大きいためである。TlはNaIに□Gを形成するための添加物であり、結晶の発光効率を高め、また発光波長を調整して光検出器との適合性を向上させる役割を果たしている。

NaI(Tl)以外の無機シンチレータには、測定する放射線の種類に特化したものもあり、例えば、特に $\alpha$ 線用として用いられる蛍光体に□Hがある。この物質では大きな単結晶が得られないため、粉末状の微結晶体が用いられている。また、特に中性子線用として用いられる蛍光体に□Iがある。これは間接電離放射線である中性子の検出に(n,  $\alpha$ )反応を利用するものである。

<A～Dの解答群>

- 1 ベンゼン    2 トルエン    3 アントラセン    4 クレゾール    5 不対電子  
 6 自由電子    7  $\sigma$ 電子    8  $\pi$ 電子    9 飛程    10 透過力    11 線減弱係数

12 OER 13 光電吸収 14 コンプトン散乱 15 電子対生成

<アの解答群>

1 0.5~1 2 1~2 3 2~3 4 4~5

<E~Gの解答群>

1 揮発 2 引火 3 潮解 4 風解 5 前方散乱 6 後方散乱  
7 コンプトン散乱 8 ラマン散乱 9 ライトガイド 10 スカベンジャー  
11 禁制帯 12 発光中心

<H, Iの解答群>

1 BGO 2  $\text{CaF}_2(\text{Eu})$  3  $\text{CsI}(\text{Na})$  4  $\text{CsI}(\text{Tl})$  5  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  6  $\text{LiI}(\text{Eu})$   
7 LSO 8  $\text{ZnS}(\text{Ag})$

II シンチレータの発光を電気信号に変換する素子に、光電子増倍管が広く用いられている。多くの発光光子が光電子増倍管へ入射するように、反射材を蛍光体の各面のうち光電子増倍管に接続されていない面に巻く。また、光電子増倍管の入射窓に接する面には光の  $\boxed{\text{J}}$  を低減させるために、光学グリス等を塗布する。光電子増倍管に入射した光子は、 $\boxed{\text{K}}$  で光電子に変換される。 $\boxed{\text{K}}$  には、光電効果が起きやすい物質としてアルカリ金属の化合物等が蒸着されており、光電面とも呼ばれる。

光電子増倍管には外部から  $\boxed{\text{イ}}$  V 程度の電圧が印加されている。発生した光電子は、静電場で加速され  $\boxed{\text{L}}$  と呼ばれる電極に衝突する。この衝撃で  $\boxed{\text{L}}$  からは衝突した電子よりも多数の電子が放出されて、次段の  $\boxed{\text{L}}$  に向かう。このような増幅が十段ないし十数段程度繰り返されることで電子数は指数関数的に増大し、最終的には測定可能な強度の負の電流として  $\boxed{\text{M}}$  から出力される。

<J~Mの解答群>

1 全反射 2 乱反射 3 屈折 4 複屈折 5 アノード 6 フォトカソード  
7 ダイノード

<イの解答群>

1 5~25 2 50~250 3 500~2,500 4 5,000~25,000

III  $\text{NaI}(\text{Tl})$  の蛍光スペクトルのピーク波長は 415 nm である。この結晶に  $\gamma$  線のエネルギーが吸収されると、1 MeV につき約 38,000 個の光子が発生する。簡単のために、すべての光子の波長を 415 nm とすると、光子 1 個のエネルギーは  $\boxed{\text{ウ}}$  eV であるから、吸収されたエネルギーの約  $\boxed{\text{エ}}$  % が光として放出される。なお、光子のエネルギーを  $\varepsilon$  [eV]、波長を  $\lambda$  [nm] とすると、 $\varepsilon\lambda = 1,240$  の関係がある。

ここで、240 keV の  $\gamma$  線のエネルギーが結晶に吸収された場合を具体的に考えてみる。結晶内部で発生した 9,000 個の光子のうち 50% が光電面に到達し、光電面の量子効率が 20% とすると、発生する光電子数の期待値は 900 個である。また、その統計的なゆらぎの大きさは標準偏差  $\sigma = \boxed{\text{オ}}$  個であり、 $\sigma$  で決まるエネルギー分解能（光電ピークの半値幅）の理論的な最小（最良）値は、 $\boxed{\text{カ}}$  keV ある。なお、 $2\sqrt{2\ln 2} = 2.35$  とする。

ここで光電子増倍管の増幅率を  $10^6$  倍とすると、240 keV の  $\gamma$  線のエネルギーが全て結晶に吸収さ

## 主任者 コーナー

れた場合に  $\square$ M  $\square$  から出力される電荷の総量の期待値は  $|Q| = \square$ キ  $\square$  C である。なお、電気素量を  $1.6 \times 10^{-19}$  C とする。

<ウ～カの解答群>

1 0.3    2 1    3 3    4 4    5 9    6 11    7 14    8 19    9 30  
10 38    11 90    12 300

<キの解答群>

1  $1.4 \times 10^{-9}$     2  $1.4 \times 10^{-10}$     3  $1.4 \times 10^{-11}$     4  $1.4 \times 10^{-12}$

[解答]

I  $\square$ A  $\square$ -3     $\square$ B  $\square$ -8     $\square$ C  $\square$ -11     $\square$ D  $\square$ -13     $\square$ ア  $\square$ -4  
 $\square$ E  $\square$ -3     $\square$ F  $\square$ -6     $\square$ G  $\square$ -12     $\square$ H  $\square$ -8     $\square$ I  $\square$ -6

注) A, B: アントラセンは古くから使われている有機シンチレータの1つである。有機シンチレータの中では最も高いシンチレーション効率(シンチレータ物質内でのエネルギー損失量のうち、光に変換される割合)を持つことから、光発生量評価の基準としても使われる。また、有機シンチレータの多くは  $\pi$  電子構造を持つことが知られている。

C, D, ア: 光電効果の起こる確率は原子番号の4~5乗に比例する。よって、大きな原子番号を持つ物質内で起きやすく、逆に、小さな実効原子番号を持つ有機シンチレータ内ではコンプトン散乱が主になる。なお、コンプトン散乱が起こる確率は原子番号の1乗にはほぼ比例する。

F: 後方散乱の割合は、 $\beta$ 線が入射する物質の原子番号とともに急激に増大する。後方散乱は全エネルギー吸収の割合を減らすため、測定上好ましくない。よって、 $\beta$ 線測定にはプラスチックシンチレータなど実効原子番号が小さいものが良く使われる。

H: ZnS(Ag)シンチレータは、薄膜状に加工した上で  $\alpha$ 線または重荷電粒子検出用に使用される。

I:  ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$  反応の熱中性子に対する断面積は940バーン(barn)と大きい。反応生成物である  $\alpha$  粒子と  ${}^3\text{H}$  がシンチレータにエネルギーを付与し、発光させる。

II  $\square$ J  $\square$ -1     $\square$ K  $\square$ -6     $\square$ L  $\square$ -7     $\square$ M  $\square$ -5     $\square$ イ  $\square$ -3

注) J: シンチレーション光をできるだけ多く光電子増倍管の入射窓に導くために、適切な屈折率を持つ光学グリスが用いられる。

K~M, イ: 光電子増倍管は光を電気信号に変換する装置である。光の入射面にあるフォトカソード(光電陰極)で光を電子に変換した後、電子数を典型的には  $10^6$  倍程度に増倍した上で電気信号として出力する。この増倍を実現するために、増倍管内部には10個程度のダイノードが配置されている。外部からの印加電圧を分割することで、各ダイノードの間には100V程度あるいはそれ以上の電圧がかけられており、ここで加速された電子が次のダイノードを衝撃することで、多数の2次電子が放出される。

III  $\square$ ウ  $\square$ -3     $\square$ エ  $\square$ -6     $\square$ オ  $\square$ -9     $\square$ カ  $\square$ -8     $\square$ キ  $\square$ -2

注) ウ: 光子のエネルギー  $\varepsilon$  と波長  $\lambda$  の間には  $\varepsilon = hc/\lambda = 1,240/\lambda$  の関係がある ( $h$  はプランク定数,  $c$  は光速,  $\varepsilon$  の単位は eV,  $\lambda$  の単位は nm)。

これに  $\lambda = 415$  [nm] を代入すると,  $\varepsilon \doteq 2.99$  [eV]  $\doteq 3$  [eV] が得られる。

エ: 発生した光エネルギーの総量は  $3 \times 38,000 = 1.14 \times 10^5$  [eV] なので,

NaI(Tl)結晶が吸収したエネルギーの  $100 \times (1.14 \times 10^5)/10^6 = 11.4\% \doteq 11\%$  が光に変換されたことになる。

オ：光電子数はポアソン統計に従うので、標準偏差は期待値の平方根に等しく、 $\sqrt{900}=30$  個である。

カ：この測定器の場合、フォトカソードで発生した光電子数 900 個がエネルギー 240 keV に対応していることが分かる。

よって、光電子数のゆらぎの標準偏差 30 個は、  
 $(30/900) \times 240 = 8$  [keV] に相当することになる。

一方、 $\gamma$  線ピークの形状が正規分布であることを仮定すると（測定器に異常がない限り、通常はこの仮定は正しい）、標準偏差  $\sigma$  と半値幅 FWHM の間には

$FWHM = 2\sqrt{2\ln 2}\sigma = 2.35\sigma$  が成り立つ。

以上から、 $FWHM = 2.35 \times 8 = 18.8$  [keV]  $\doteq 19$  [keV] である。

キ：フォトカソードで発生した光電子の数が  $10^6$  倍になるので、最終的に得られる電荷量は、  
 $900 \times 10^6 \times (1.6 \times 10^{-19}) = 1.44 \times 10^{-10}$  [C]  $\doteq 1.4 \times 10^{-10}$  [C] となる。

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 放射線に関する量についての次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 吸収線量の単位は  $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$  である。
- B 光子や非荷電粒子により物質中の荷電粒子に与えられた単位質量当たりのエネルギーの総和がカーマである。
- C 放射能の単位は  $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$  である。
- D 放射線のエネルギーを表す単位はニュートンである。

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

〔解答〕

2

- 注) C : 誤    単位は  $\text{s}^{-1}$  である。  
D : 誤    ニュートンはエネルギーではなく力の単位である。

問 2 次の現象のうち、軌道電子と関係のあるものの組合せはどれか。

- A ラザフォード散乱
- B 電子対生成
- C オージェ効果
- D 内部転換

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

〔解答〕

4

- 注) A : 軌道電子ではなく原子核による散乱現象である。  
B : 光子のエネルギーが  $1.022 \text{ MeV}$  を超えると、原子核の近傍の電場により光子が消滅し、電子と陽電子が発生する過程である。

また、光子のエネルギーが  $2.044 \text{ MeV}$  を超える場合、原子核の近傍ではなく外殻軌道電子の近傍のクーロン場で電子対生成が起こると軌道電子も反跳され光子自身は消滅し、2 個の陰電子と 1 個の陽電子が生成される。これを三電子生成という。

電子対生成に対する三電子生成の比は、入射光子のエネルギーに比例して増大し、その物質の原子番号に反比例して減少 ( $Z$  の逆数に比例) する。低原子番号の物質以外では三電子生成は無視できる。

これは確率の低い反応で通常の実務においては考慮する必要はないが、軌道電子と関係があり、物理学的には「5」も正答となる。

問3 物理的半減期が60日、生物学的半減期が80日の核種の有効半減期 [日] として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 29    2 34    3 40    4 47    5 55

〔解答〕

2

注)  $1/\text{有効半減期} = 1/\text{物理的半減期} + 1/\text{生物学的半減期}$  より求められる。

問4 放射性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  ${}^2\text{H}$  は  $\beta^-$  壊変し、 ${}^2\text{He}$  が生じる。

B  ${}^{22}\text{Na}$  は  $\beta^+$  壊変し、 ${}^{22}\text{Ne}$  が生じる。

C  ${}^{32}\text{P}$  は  $\beta^-$  壊変し、 ${}^{32}\text{S}$  が生じる。

D  ${}^{137}\text{Cs}$  は  $\beta^-$  壊変し、 ${}^{137\text{m}}\text{Ba}$  が生じる。

- 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  ${}^2\text{H}$  は安定な核種である。

C：誤  ${}^{32}\text{S}$  が生じる。

問5 現在、4 MBqの核種A（半減期：5年）と1 MBqの核種B（半減期：30年）の線源がある。両方の線源の放射能は何年後に等しくなるか。最も近い値 [年] は、次のうちどれか。

- 1 10    2 12    3 15    4 18    5 20

〔解答〕

2

注)  $t$  年後に両放射能が等しくなるとすると、

$$4 [\text{MBq}] \times (1/2)^{t/5} = 1 [\text{MBq}] \times (1/2)^{t/30}$$

2のべき乗に直すと、

$$2^{(2-t/5)} = 2^{-t/30} \quad \therefore 2 - t/5 = -t/30, \quad t = 12 [\text{年}]$$

問6 コリメートされた  $\gamma$  線に対するある物質の半価層が4.0 cmのとき、この物質に対する  $\gamma$  線の線減弱係数 [ $\text{cm}^{-1}$ ] として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.17    2 0.25    3 0.87    4 1.9    5 2.8

〔解答〕

1

注) 線減弱係数 =  $0.693/\text{半価層}$  より、 $0.693/4.0 \doteq 0.16 [\text{cm}^{-1}]$

問7 放射線の飛跡、飛程に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

## 主任者 コーナー

- A  $\alpha$ 線の飛跡はほぼ直線である。  
B  $\alpha$ 線には水中の飛程が空気中の飛程よりも長くなるものがある。  
C  $\beta$ 線は物質中で電子あるいは原子核の電場で散乱される。  
D  $\beta$ 線には空気中の飛程が1 mを超えるものはない。

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

〔解答〕

2

- 注) B : 誤  $\alpha$ 線の飛程を面密度の単位で表すと物質によらずほぼ同じ値であり、空気中の $\alpha$ 線の飛程(長さ)は水中のそれより約1,000倍大きい。  
D : 誤  $^{90}\text{Y}$ の $\beta$ 線(最大エネルギー 2.28 MeV)の空気中の最大飛程は約9 mである。

問8 中性子と物質との相互作用に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 中性子は、原子核のクーロン場によって散乱される。
- 2 弾性散乱では、衝突した原子核は励起状態になる。
- 3 非弾性散乱では、入射した中性子と散乱された中性子のエネルギーはほぼ等しい。
- 4 中性子が原子核に捕獲されると、 $\gamma$ 線が放出されることがある。
- 5 捕獲断面積は、物質の原子番号のみに依存する。

〔解答〕

4

- 注) 1 : 誤 中性子は電荷を持たず、クーロン場では散乱されない。  
2 : 誤 弾性散乱は完全弾性体同士の衝突であり、励起状態は起こらない。  
3 : 誤 非弾性散乱では、入射中性子は衝突原子核を励起する分だけエネルギーを失う。  
5 : 誤 原子核の構造など、他の多くの因子に依存する。

問9 統計誤差(相対標準偏差)4%以下で放射線を計数したい。最低限必要な計数値に最も近い値は、次のうちどれか。

1 410    2 630    3 820    4 1,100    5 1,600

〔解答〕

2

- 注) 相対標準偏差は、 $\sqrt{N}/N$  ( $N$ は計数値)で表される。  
 $1/\sqrt{N} \leq 0.04$  より、 $N \geq 625$

問10 A~Dの $\gamma$ 線用検出器について、エネルギー分解能の高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  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (BGO)シンチレーション検出器  
B Ge 検出器  
C  $\text{LaBr}_3$ (Ce)シンチレーション検出器  
D  $\text{NaI(Tl)}$ シンチレーション検出器

1 A > B > C > D

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

〔解答〕

4

注) 500 keV 程度の  $\gamma$  線に対するエネルギー分解能は、

- A BGO 検出器； $\sim 18\%$ ， B Ge 検出器； $\sim 0.2\%$ ， C LaBr<sub>3</sub>(Ce) 検出器； $\sim 3\%$ ，  
 D NaI(Tl) 検出器； $\sim 7\%$

- 問 11 放射性核種からの放射線の計測に係る統計学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 単位時間当たりに計測される放射線の数はポアソン分布に従う。  
 B ポアソン分布の平均値が  $\lambda$  のとき、その標準偏差は  $\sqrt{\lambda}$  である。  
 C ポアソン分布の平均値が十分に大きいとき、正規分布（ガウス分布）で近似できる。  
 D 正規分布（ガウス分布）では、平均値からのずれが標準偏差の 2 倍以内に収まる事象の割合は全事象の 95.5% である。

- 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) いずれも放射線計測における統計学的な基本的事項である。

- 問 12 NaI(Tl) シンチレーション検出器による  $\gamma$  線スペクトル計測に関する記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 複数の  $\gamma$  線がほぼ同時に入射することで、サムピークが観測されることがある。  
 B コンプトン散乱により、シングルエスケープピークが観測されることがある。  
 C ヨウ素の特性 X 線のエスケープピークが観測されることがある。  
 D 周囲を鉛で遮蔽すると、鉛の特性 X 線が観測されることがある。

- 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) B：誤 シングルエスケープピークが観測されるのは、電子対生成が起きている場合である。

- 問 13 線源とその線源を使用する際に携帯するサーベイメータの組合せとして、適切なものは次のうちどれか。

- A <sup>3</sup>H — BF<sub>3</sub> 比例計数管式サーベイメータ  
 B <sup>60</sup>Co — GM 管式サーベイメータ  
 C <sup>137</sup>Cs — ZnS(Ag) シンチレーション式サーベイメータ  
 D <sup>192</sup>Ir — 電離箱式サーベイメータ

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

## 主任者 コーナー

〔解答〕

4

- 注) A：不適  $^3\text{H}$  は  $\beta$  線源である。BF<sub>3</sub> 比例計数管式サーベイメータは中性子線用である。  
C：不適  $^{137}\text{Cs}$  は  $\gamma$ ・ $\beta$  線源である。ZnS(Ag) シンチレーション式サーベイメータは  $\alpha$  線用である。

問 14 Ge 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 Ge 結晶には潮解性がある。  
B Ge の原子番号は、NaI(Tl) 結晶の実効原子番号よりも小さい。  
C 高純度 Ge 検出器は室温でも動作する。  
D 電子-正孔対を 1 個生成するエネルギーは、気体の W 値の 1/10 程度である。

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 Ge 結晶には潮解性はない。  
C：誤 高純度 Ge 検出器は液体窒素温度下で動作させる。

問 15 電離箱式サーベイメータを用い、 $\gamma$  線による 1 cm 線量当量を積算モードで測定したところ、フルスケール (10  $\mu\text{Sv}$ ) まで指針が振れるのに 120 秒かかった。この空間の 1 cm 線量当量率 [ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ] に最も近い値は、次のうちどれか。ただし、この  $\gamma$  線に対するサーベイメータの校正定数は 0.90 である。

1 270    2 300    3 330    4 360    5 390

〔解答〕

1

- 注) 2 分 (120 秒) 間の積算測定で 10  $\mu\text{Sv}$  は、線量率では 300  $\mu\text{Sv}/\text{h}$  に相当する。  
1 cm 線量当量率は、校正定数 0.9 を掛けて 270  $\mu\text{Sv}/\text{h}$  となる。

問 16 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  $\alpha$  線の遮蔽では、制動放射線を考慮する必要がある。  
B  $\beta^+$  線の遮蔽では、消滅放射線を考慮する必要がある。  
C  $\gamma$  線に対する鉛の遮蔽能力は、同じ厚さの鉄よりも高い。  
D 中性子線の遮蔽では、捕獲  $\gamma$  線を考慮する必要がある。

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

〔解答〕

5

- 注) A：誤  $\alpha$  線による制動放射線の発生は非常に少ない。

問 17  $^{137}\text{Cs}$  密封点線源から 2 m の距離で 1 cm 線量当量率を測定したところ、20  $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  であった。この線源の放射能 [ $\text{MBq}$ ] に最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 $^{137}\text{Cs}$  の 1 cm 線量当量率定数を 0.093  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  とする。

1 110    2 220    3 430    4 660    5 860

〔解答〕

5

注)  $^{137}\text{Cs}$  の放射能を  $Q$  [MBq] とすると,  $Q=20 \times 2^2 \div 0.093 \approx 860$  [MBq]

問 18 放射性同位元素を装備した機器で利用されている現象について, 次の記述のうち, 正しいものの組合せはどれか。

- A ECD ガスクロマトグラフでは, 軌道電子捕獲壊変核種から放出されるオージェ電子の, 分析ガスによる吸収が利用されている。
- B 中性子水分計では, 測定試料中の水素による速中性子の散乱が利用されている。
- C 静電気除去装置では,  $\alpha$  線, あるいは  $\beta$  線による電離で生じたイオンにより静電気を中和することが利用されている。
- D 厚さ計では, 測定試料による放射線の吸収や散乱が利用されている。

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

〔解答〕

5

注) A : 誤     $^{63}\text{Ni}$  等の  $\beta$  線によって生成される電子の吸着を利用して, 電子親和性化合物の検出・分析を行っている。

問 19 同位体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  $^{11}\text{C}$  は木炭等の年代測定に用いられる。
- B  $^{40}\text{K}$  は人体 (体重 60 kg の成人男子) に平均 4,000 Bq 程度含まれる。
- C Tc には安定同位体が存在しない。
- D  $^{233}\text{U}$  は岩石等の年代測定に用いられる。

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

〔解答〕

3

注) A : 誤     $^{11}\text{C}$  ではなく,  $^{14}\text{C}$  が年代測定に用いられる。

D : 誤     $^{233}\text{U}$  ではなく,  $^{235}\text{U}$  及び  $^{238}\text{U}$  が年代測定に用いられる。

問 20 放射性同位元素を装備した機器と放射線源及び検出器に関する次の組合せのうち, 正しいものはどれか。

- A 透過形厚さ計 —  $^{147}\text{Pm}$  — 電離箱
- B 密度計 —  $^{60}\text{Co}$  — シンチレーション検出器
- C 水分計 —  $^{204}\text{Tl}$  —  $^3\text{He}$  比例計数管
- D 煙感知器 —  $^{241}\text{Am}$  — GM 計数管

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

〔解答〕

2

## 主任者 コーナー

- 注) C : 誤 放射線源としては<sup>252</sup>Cf等の中性子線源が用いられる。  
D : 誤 検出器には電離箱が用いられる。

問 21 蛍光ガラ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 素材は、銀活性リン酸塩ガラスである。  
B 読み取りには、緑色のレーザーが用いられる。  
C 繰り返し読み取ることができる。  
D 加熱処理により蛍光中心を消滅させ、再生することができる。  
E フェーディングは、熱ルミネセンス線量計よりも大きい。

- 1 ABDのみ 2 ABEのみ 3 ACDのみ 4 BCEのみ 5 CDEのみ

〔解答〕

3

- 注) B : 誤 読み取りには、紫外線レーザーが用いられる。  
E : 誤 フェーディングは、熱ルミネセンス線量計よりも小さい。

問 22 個人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 固体飛跡検出器では、 $\gamma$ 線が誘電体中を通過するときに生じる損傷（飛跡）の数を計数する。  
B 熱ルミネセンス線量計では、検出素子を加熱したときに生じる蛍光を観測する。  
C フィルム線量計では、 $\gamma$ 線がフィルム中を通過するときに生じる飛跡の数を計数する。  
D OSL線量計では、検出素子に光を当てたときに生じる輝尽発光を観測する。

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

〔解答〕

4

- 注) A : 誤 重荷電粒子による飛跡の数を計数する。  
C : 誤 飛跡の数ではなく、フィルムの黒化度を測定する。

問 23 20 mGy の低線量  $\gamma$  線の全身急性被ばくによる早期影響に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 リンパ球数の一時的減少が観察される。  
2 一時的脱毛が観察される。  
3 一時的不妊が観察される。  
4 放射線宿酔が観察される。  
5 臨床的な変化は観察されない。

〔解答〕

5

- 注) 1 : 誤 リンパ球数減少のしきい値は $\sim 0.25$  Gy である。  
2 : 誤 脱毛のしきい値は $\sim 3$  Gy である。  
3 : 誤 一時的不妊のしきい値は男性 0.15 Gy, 女性 0.65 $\sim$ 1.5 Gy である。  
4 : 誤 放射線宿酔のしきい値は $\sim 1$  Gy である。  
(7版増補版 放射線取扱の基礎 (日本アイソトープ協会) より)

問 24 放射線障害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 外部被ばくによる骨髄死は中枢神経死に比べて低い線量で起きる。
- B 遺伝性（的）影響の一つである先天異常には、しきい線量がある。
- C 胎内被ばくでは、胚（胎児）の発生と成長の時期によって障害が異なる。
- D 放射線による発がんは、被ばく線量によって悪性度が異なる。

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

〔解答〕

2

- 注) B：誤    遺伝性（的）影響には、しきい線量がない。  
 D：誤    確率の影響である発がんでは、悪性度は被ばく線量に依存しない。

問 25 放射線による人体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 白血病罹患率の線量反応関係は、直線-2次曲線モデルが適合している。
- B 白内障の重篤度は、被ばく線量によらず変わらない。
- C 胎内被ばくでは、確定的影響だけでなく確率の影響も起きる可能性がある。
- D 遺伝性（的）影響のリスクの推定には、倍加線量法が用いられることがある。

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

〔解答〕

1

- 注) B：誤    白内障は確定的影響であり、重篤度は被ばく線量とともに増加する。

問 26 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 塩基損傷として塩基の酸化が起こる。
- B 塩基損傷ではメチル化が主なものである。
- C 高 LET 放射線は飛跡に沿って密に DNA 損傷を起こす。
- D 1本鎖切断が近接して生成されても2本鎖切断にはならない。

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

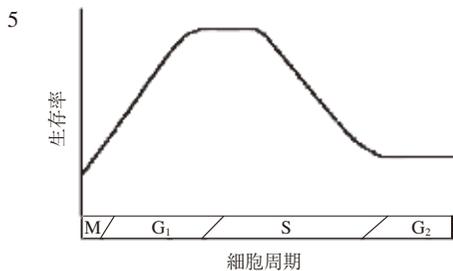
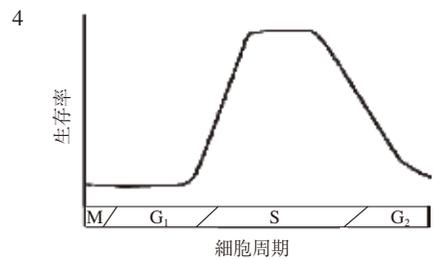
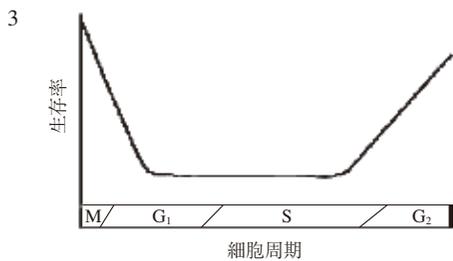
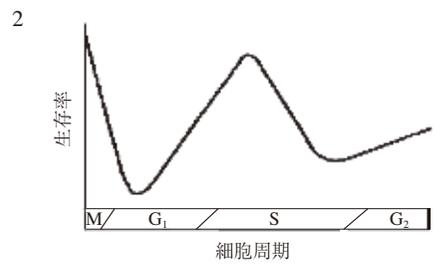
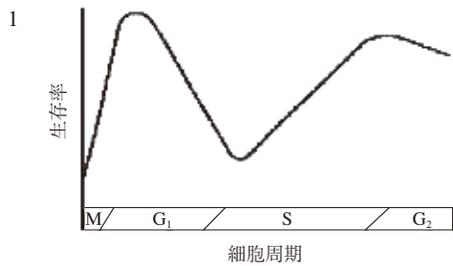
〔解答〕

3

- 注) B：誤    塩基損傷では塩基の酸化が主なものである。  
 D：誤    密度が高い場合には独立に生成した1本鎖切断から2本鎖切断が生成される。

問 27 子宮頸がん由来の HeLa 細胞に対して 3 Gy の X 線を照射した後の生存率が細胞周期によって変化する様子を表しているものは、次のうちどれか。

**主任者** コーナー



〔解答〕

1

注) 放射線感受性が最も高い（生存率が低い）時期はM期であり、S期の終わりには放射線感受性が低くなる（生存率が高くなる）。

問 28 放射線によって誘発される染色体異常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 数の異常を起こす頻度は、構造の異常を起こす頻度よりも高い。
- B 欠失は不安定型異常に分類される。
- C 二動原体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。
- D 外部被ばくによる線量の推定に用いられる。

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

〔解答〕

5

- 注) A：誤    染色体の本数異常より構造異常の方が高頻度で発生する。
- B：誤    欠失は安定型異常である。

問 29 がん抑制遺伝子 *p53* 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 放射線によるアポトーシスの誘導には関与しない。
- B *p53* 遺伝子の機能喪失は発がんに繋がる可能性がある。
- C 放射線被ばく後に細胞周期の進行を一時停止するチェックポイント機構には関与しない。
- D ヒトのすべてのがんの約半数で、*p53* 遺伝子に欠失や突然変異が見つかっている。

- 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    DNA が修復不可能な損傷を受けた場合に細胞のアポトーシスを誘導する。  
C：誤    細胞周期チェックポイント制御に深く関与している。

問 30 水の放射線分解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 水分子の励起によっても分解生成物が生じる。
- B 生成されるヒドロキシルラジカル ( $\cdot\text{OH}$ ) は強い還元剤である。
- C 生成されるラジカルの収率は溶液の pH に依存する。
- D 水溶液中で生じた分解生成物が再結合して過酸化水素が生成する。

- 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) B：誤    ヒドロキシルラジカルは強い酸化剤である。