

第 63 回

原子炉主任技術者試験（筆記試験）

放射線測定及び放射線障害の防止

6問中5問を選択して解答すること。（各問20点：100点満点）

（注意）（イ） 解答用紙には、問題番号のみを付して解答すること。

（問題を写し取る必要はない。）

（ロ） 1問題ごとに1枚の解答用紙を使用すること。

令和3年3月19日

第1問 次の用語について、簡潔に説明せよ。

- (1) ミルキング
- (2) 電子対生成
- (3) ゲルマニウム半導体検出器
- (4) バイオアッセイ
- (5) 生物学的効果比

第2問 次の文章中の□に入る適切な語句又は数値を番号とともに記せ。なお、同じ番号の□には、同じ語句又は数値が入る。また、同じ語句又は数値を複数回解答してもよい。

〔解答例〕 ②－東京

放射線業務従事者の線量限度は、平成13年4月1日以後□①年ごとに区分した各期間の□②で□③mSvであり、1年間の□②で□④mSvと定められている。また、確定的影響を防止する観点から、皮膚の□⑤で1年間に□⑥mSvを線量限度としている。

令和3年4月1日より、眼の水晶体の線量限度が変更され、□②と同じく□①年ごとに区分した各期間の□⑤で□⑦mSv、1年間の□⑤で□⑧mSvと定められた。

女性(妊娠不能と診断された者や妊娠の意思のない旨を使用者等に書面で申し出た者を除く)の放射線業務従事者に対する線量限度は、3月間の□②で□⑨mSvである。また、本人の申出等により使用者等が妊娠の事実を知ってから出産までの間につき、外部被ばくに対しての線量限度は□⑩表面の□⑤で□⑪mSv、内部被ばくに対しての線量限度は母体の□②で□⑫mSvである。

緊急作業に係る放射線業務従事者の線量限度は、□②について□⑬mSv、眼の水晶体の□⑤について□⑭mSv及び皮膚の□⑤について□⑮Svである。なお、大量被ばくや破局的な状況を回避するための作業等については、□②について□⑯mSvが適用される。

放射線業務従事者の被ばく線量管理の方法は、外部被ばく線量に関しては、□⑰cm線量当量及び□⑱µm線量当量を、それぞれ個人モニタを用いて測定することになっている。なお、水晶体の等価線量は、□⑰cm線量当量、□⑱µm線量当量、□⑲mm線量当量のいずれか適切なものとする。

個人モニタによる測定部位は、原則として男性は□⑳、女性は□㉑である。

第3問 廃液貯留タンクから廃液を採取し、廃液中の ^3H の放射能濃度を測定する。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) ^3H の放射能濃度を測定する放射能測定器として適切なものを1つ挙げ、その測定器の特徴を簡潔に説明せよ。
- (2) 放射能測定器で測定した結果を以下に示す。この結果を用いて放射能濃度を計算過程とともに解答せよ。なお、解答は有効数字二桁とし、三桁目を四捨五入すること。

- ・測定試料量： 3 cm^3
- ・計数効率：40%
- ・バックグラウンド計数率： 30 min^{-1}
- ・測定値： 1.2×10^3 カウント/ 10 min

第4問 放射線業務従事者が作業により、放射性物質を摂取した場合（その可能性も含む）に行う摂取量の測定及び評価の方法について、次の文章中の□に入る適切な語句又は数値を番号とともに記せ。なお、同じ番号の□には、同じ語句又は数値が入る。

〔解答例〕 ㉑－東京

(1) 摂取量の測定評価のうち主に、□①法と空气中濃度計算法について、以下にその特徴を示す。

(2) □①法は、作業者が摂取した放射性物質が□②を放出する核種である場合、□③で体の□④から全身を計測することにより、放射能の体内残留量を測定する。放射性物質の摂取後の時間経過に伴い、体内に残留する放射能の割合を示す□⑤を用いることによって、放射能の体内残留量から摂取量を計算する。

□⑥を摂取した場合には、甲状腺モニタにより甲状腺を測定して摂取量を測定する。また、酸化プルトニウムなど低エネルギーの□⑦線を放出する核種を摂取した場合、□⑧モニタにより□⑧中に長期残留している放射能を測定する。

(3) 体内放射能の測定として□①の測定装置に使用される主な検出器のうち、プラスチックシンチレーション検出器の特徴は、安価で□⑨も良く、大型の検出器を製作できるが□⑩が悪く□⑪には適さない。また、NaI (TI) シンチレーション検出器は安価ではないが比較的大型の検出器が製作でき、□⑨も良く、□⑩も比較的が良い。

(4) 空气中濃度計算法は、□⑫環境中において測定した□⑬に□⑭と作業時間（吸入時間）を乗じて摂取量を計算する。あるいは、取り扱った放射性物質からの□⑮を用いて、作業者が呼吸したと考えられる□⑬を計算する。計算には、作業の際に使用する防護マスクの□⑯も考慮する必要がある。

□⑰蒸気の場合、□⑱からの吸収も考慮に入れて呼吸による摂取量を□⑲倍して評価するよう□⑳は提言している。

第5問 以下の問いに答えよ。

- (1) 次の文章中の□に入る適切な語句又は数値を選択肢から選び、記号を番号とともに記せ。なお、同じ番号の□には、同じ語句又は数値が入る。また、同じ記号を複数回選んでもよい。

〔解答例〕 ⑰－(レ)

自然放射線から受ける1人当たりの年間線量(世界平均)は、原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)の推定では約□①である。この推定された年間線量のうち、最も線量の寄与が大きい被ばく経路は□②である。

天然に存在するカリウム同位体のうち、□③は放射性であり、人体に被ばくをもたらす。

我が国におけるモニタリングポストによる野外の空間線量率は、1時間当たり□④程度である。降雨があった場合、一般的にモニタリングポストの空間線量率は□⑤なる。この理由は、主に大気中の□⑥の子孫核種が降雨により地表面に沈着するためである。

発電用軽水炉が通常運転時に環境に放出する放射性物質によって、周辺の公衆が受ける線量をできるだけ低く保つ努力目標として設定された□⑦は、実効線量で年間□⑧とされている。

基本設計段階における平常運転時の原子炉施設周辺の気体廃棄物による線量評価は、放射性希ガスからの□⑨線に起因する外部被ばく、□⑩の吸入摂取及び□⑩が移行した□⑪及び□⑫の摂取による内部被ばくについて、実効線量の評価を行う。なお、この場合、食物摂取による被ばく線量の評価は、食生活の態様等について、□⑬人を対象として行う。

放出口から放出される放射性核種について、風下方向の大気中濃度をガウスプルームモデルによって評価した場合、地表面のある地点の大気中濃度は、他の条件が同じであれば、風速が速くなるほど□⑭なる。また、大気安定度が不安定から安定に変わるに従い、放出口と地表面大気中濃度が最大となる地点との距離は□⑮なり、その最大地点における地表面大気中濃度は□⑯なる(ただし、地上放出の場合を除く)。

【選択肢】

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (ア) 10 μ Sv | (イ) 50 μ Sv |
| (ウ) 100 μ Sv | (エ) 300 μ Sv |
| (オ) 1mSv | (カ) 2.4 mSv |
| (キ) 24 mSv | (ク) 240 mSv |
| (ケ) 数 nGy | (コ) 数十 nGy |
| (サ) 数百 nGy | (シ) 呼吸による内部被ばく |
| (ス) 食品摂取による内部被ばく | (セ) 地表面からの外部被ばく |
| (ソ) 宇宙線による外部被ばく | (タ) 高く |
| (チ) 低く | (ツ) 遠く |
| (テ) 近く | (ト) ^3H |
| (ナ) ^{14}C | (ニ) ^{39}K |
| (ヌ) ^{40}K | (ネ) ^{41}K |
| (ノ) 放射性よう素 | (ハ) 放射性セシウム |
| (ヒ) ラドン | (フ) 線量限度 |
| (ヘ) 線量目標値 | (ホ) アルファ |
| (マ) ベータ | (ミ) ガンマ |
| (ム) 中性子 | (メ) 白米 |
| (モ) 葉菜 | (ヤ) 芋類 |
| (ユ) 牛乳 | (ヨ) 豚肉 |
| (ラ) 鶏卵 | (リ) 標準的な |
| (ル) 食品摂取量が比較的多い | |

- (2) トリチウムの空气中濃度限度は、トリチウムが含まれる物質の化学形態の違いによって異なる。「元素状水素」、「水」、「有機物（メタンを除く）」の3種類の化学形態の違いによるトリチウムの空气中濃度限度が低いものから順番になるように、これら3種類の化学形態を並べよ。また、その順番になる理由について簡潔に説明せよ。

第6問 放射線の遮へいには、線源の種類及びエネルギーに応じた材料、厚さが選定される。
遮へいに関する以下の問いに答えよ。

- (1) 放射線の遮へいに関して、 α 線、 β 線、 γ 線、中性子線についてそれぞれ説明せよ。
- (2) ^{60}Co の γ 線に対する鉛の半価層とコンクリートの半価層をそれぞれ求めよ。
ただし、 $\ln 2 = 0.693$ 、鉛の密度を $11.3\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、コンクリートの密度を $2.1\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、 ^{60}Co に対する質量減衰係数を鉛及びコンクリートともに $0.057\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ とする。
- (3) 110GBq の ^{60}Co 線源から 2m の位置で 2 時間作業すると仮定した場合、作業者が受ける実効線量を 1.0mSv に低減する鉛のおよその厚さと 2.0mSv に低減するコンクリートのおよその厚さをそれぞれ計算式を示して答えよ。
ただし、上記(2)の結果を用いてもよく、 ^{60}Co の実効線量率定数は $0.3\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ とし、ビルドアップ効果は無視する。