

平成17年度技術士第二次試験問題（原子力・放射線部門）

必須科目 （20） 原子力・放射線一般

Ⅱ－1 次の20問題のうち15問題を選んで解答せよ。（解答欄に1つだけマークすること。）

Ⅱ－1－1 次の項目は原子炉システム及び原子炉停止系の設計で考慮すべき制限事項である。このうち誤っているものを選べ。

- ① 燃料集合体には原子炉内における通常運転期間中に生じうる種々の因子を考慮しても、その健全性が損なわれないことが要求される。
- ② 炉心及びそれに関連する系統は、出力の振動が生じてもそれを容易に制御できることが要求される。
- ③ 炉内の構造物破壊を制限するため、制御棒の最大反応度価値や反応度添加率が制限されるが、これには制御棒の挿入の程度や配置状態を制限する装置への依存は禁じられる。
- ④ 制御棒による原子炉停止系には、高温状態及び低温状態において、最大の反応度価値を持つ1本の制御棒が炉外に引き抜かれて挿入できなくても、炉心を臨界未満にできることが要求される。
- ⑤ 原子炉停止系には、高温待機状態又は高温運転状態から炉心を臨界未満にでき、かつ高温状態でXeの崩壊が始まるまでの期間で炉心の未臨界を維持できる少なくとも2つの独立した系が要求される。

Ⅱ－1－2 ここに或る原子炉システムがある。この原子炉における反応度のうち、温度上昇分である Δk_{eff} （温度）が $0.04\Delta k_{\text{eff}}$ 、核分裂生成物の蓄積分である Δk_{eff} （FP）が $0.03\Delta k_{\text{eff}}$ 、そして燃焼度補償分である Δk_{eff} （燃焼）が $0.05\Delta k_{\text{eff}}$ であった。

今、この体系を制御棒挿入系で $0.01\Delta k_{\text{eff}}$ 以上の未臨界度をもって原子炉を停止できるようにしたい。この時、制御棒の反応度価値の評価法に10%の評価誤差があるとした時、この制御棒系に持たせるべき設計上の最低の反応度価値はいくらになるか。次の中から選べ。

- ① $0.144\Delta k_{\text{eff}}$ ② $0.133\Delta k_{\text{eff}}$ ③ $0.130\Delta k_{\text{eff}}$
- ④ $0.120\Delta k_{\text{eff}}$ ⑤ $0.108\Delta k_{\text{eff}}$

II-1-3 次の文章は「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」の解説から引用したものである。

立地評価における「評価すべき範囲」は、「(ア)」と「仮想事故」であるが、「(ア)」及び「仮想事故」を想定する目的は、対象となる原子炉と(イ)との隔離が適切に確保されていることを確認することである。最小限度必要とされる(ウ)は、当該原子炉の基本的構造、(エ)、その他の特性、安全防護施設(工学的安全施設)を含む安全上の対策等によって変化すべきものである。

文中の(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)に記入する字句として適切なものの組合せを選べ。

| | (ア) | (イ) | (ウ) | (エ) |
|---|------|-------|------|------|
| ① | 重大事故 | 防護柵 | 離隔距離 | 格納施設 |
| ② | 外部事象 | 周辺の公衆 | 安全設備 | 格納施設 |
| ③ | 自然現象 | 防護柵 | 安全設備 | 出力 |
| ④ | 重大事故 | 周辺の公衆 | 離隔距離 | 出力 |
| ⑤ | 自然現象 | 防護柵 | 安全設備 | 格納施設 |

II-1-4 次の記述のうち、正しくないものを選び。ただし、用語は「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」によっている。

- ① 安全設備（原子炉格納容器を除く。）は当該安全設備自体又は当該安全設備が属する系統として、多重性を有するように施設しなければならない。
- ② 原子炉圧力容器の安全弁の容量の合計は、当該原子炉圧力容器の圧力をその最高使用圧力の1.1倍以下に保持するのに必要な容量以上であること。ただし、安全弁以外の過圧防止効果を有する装置を有するものにあつては、当該装置の過圧防止能力に相当する値を減ずることができる。
- ③ 原子力発電所には、安全設備が設置されている施設に人が不法に侵入することを防止するため、適切な管理区域を設定しなければならない。
- ④ 原子炉格納施設は、一次冷却系統に係る施設の故障又は損壊の際に生ずるものと想定される最大の圧力及び最高の温度に耐えるものでなければならない。
- ⑤ 安全設備は、2以上の原子炉施設に併用するものとして施設してはならない。ただし、安全設備の能力、構造等から判断して原子炉の運転に支障を及ぼすおそれがないと認められるときはこの限りでない。

II-1-5 熱出力3,300MW、装荷ウラン量130トンの原子炉があるとする。この原子炉に装荷される燃料の平均燃焼度が44,000MWD/tUのとき、この燃料は原子炉内に平均何年滞在するか、次のうち最も近い答えを選び。ただし、原子炉の設備利用率は80%とする。

- ① 7年 ② 6年 ③ 5年 ④ 4年 ⑤ 3年

II-1-6 次のうち、発電用原子炉の放射能を閉じ込める多重障壁としてふさわしくないものを選び。

- ① 原子炉建屋 ② 格納容器 ③ 圧力容器
④ 制御棒 ⑤ ペレット

II-1-7 平成16年8月9日に発生した、美浜発電所3号機二次系配管破損事故についての次の記述のうち、誤っているものを選び。

- ① 流量計オリフィスの下流近傍が破損した。
- ② 破損した配管は復水配管である。
- ③ 破損の主な原因は、熱応力と考えられている。
- ④ 破損箇所は15年以上にわたり、検査されていなかった。
- ⑤ 破損箇所は検査の対象箇所であったが、見落とされていた。

II-1-8 原子力発電所では行われていない放射性廃棄物の処理を次の中から選び。

- ① 気体状の放射性廃棄物は、一時的にタンク内に貯めたり、フィルターや活性炭等による吸着などの方法で放射性物質を除去する。
- ② 液体状放射性廃棄物で、洗濯水など放射能レベルの低いものはイオン交換、ろ過などの方法で処理する。
- ③ その他の液体状廃棄物は、放射能レベルに応じて、フィルターやイオン交換樹脂でろ過、脱塩あるいは蒸発濃縮、乾燥を行い、濃縮液はセメント等で固めてドラム缶に詰めて貯蔵する。
- ④ 固体状廃棄物で、フィルター・スラッジ、使用済み樹脂等はセメント等で固めてドラム缶に詰めて貯蔵する。
- ⑤ 使用済燃料から発生する高レベル廃棄物は、ガラス固化体の形にし、ステンレス製の容器に密封して貯蔵する。

II-1-9 プルトニウムの特徴について、次の記述のうち誤っているものを選び。

- ① 金属プルトニウムの融点は約640℃であり、金属ウランより高い融点を持つ。
- ② 常温から融点の間に6種の結晶構造に変態し、化学的にも活性でその毒性と相まって極めて特異な元素である。
- ③ 溶液状のプルトニウムは、固体のプルトニウムよりも臨界になりやすく、その扱う物量、形状に注意を要する。
- ④ プルトニウムは、主に使用済燃料を再処理することによって得られる。
- ⑤ ^{241}Pu の半減期は、 ^{238}U 、 ^{235}U と比べて極端に短く、その比放射能は極めて高い。

II-1-10 核燃料物質の加工の事業に関する規則及び使用済燃料の再処理の事業に関する規則において、事業者が貯蔵に関してとらなければならない措置についての次の記述のうち誤っているものを選び。

- ① 核燃料物質の貯蔵は、貯蔵施設において行うこと。
- ② 貯蔵施設の目につきやすい場所に、貯蔵上の注意事項を掲示すること。
- ③ 核燃料物質の貯蔵に従事する者以外の者は、貯蔵施設に立ち入ることが出来ない。
- ④ 核燃料物質の貯蔵は、いかなる場合においても、核燃料物質が臨界に達するおそれがないように行うこと。
- ⑤ プルトニウム又はその化合物の貯蔵は、プルトニウム又はその化合物が漏えいするおそれがない構造の容器に封入して行うこと。ただし、グローブボックスその他の気密設備の内部において貯蔵を行う場合その他プルトニウム又はその化合物が漏えいするおそれがない場合は、この限りでない。

II-1-11 我が国の核燃料物質等の輸送に関する次の記述のうち誤っているものを選び。

- ① 原子力発電所用濃縮六フッ化ウランは、耐圧、気密性を有する専用容器に封入され、A型輸送物（非核分裂性）として輸送される。
- ② 原子力発電用に六フッ化ウランから転換された二酸化ウランは、専用容器でA型輸送物（核分裂性）として輸送される。
- ③ 原子力発電用の新ウラン燃料の輸送は、成型加工工場から原子力発電所まで、専用の輸送容器でA型輸送物（核分裂性）として、トラックによる陸上輸送又は海上輸送される。
- ④ 原子力発電所から発生する使用済燃料は、放射性物質を多く含んでおり、また発熱を伴うので、通常原子力発電所内の使用済燃料プールで一定期間冷却した後、専用の輸送容器でBM型輸送物（核分裂性）として再処理工場まで海上輸送される。
- ⑤ 原子力発電所で生じる低レベル放射性廃棄物を詰めたドラム缶は、特別に作られた専用の輸送容器で輸送されている。

Ⅱ－１－１２ 100万kWe級原子力発電所（PWR燃焼度40,000MWD/t）の核燃料サイクルの年間の物量の流れについての次の記述のうち、誤っているものを選び。

- ① イエローケーキ（精鉱）として約220ショートトン U_3O_8 が必要である。
- ② 約4%濃縮ウランが約20トンU必要である。
- ③ このため天然ウランとして約170トンUを必要とする。劣化ウラン（約0.25%）として約150トンUが発生する。
- ④ 使用済燃料を再処理することにより、約0.2トンPu、約20トンUが生じる。
- ⑤ 使用済燃料中のプルトニウムの同位体組成は、貯蔵しておいても変わらない。

Ⅱ－１－１３ 次の工業利用機器のうち、中性子を利用しているものを選び。

- ① レベル計 ② 密度計 ③ 水分計 ④ 硫黄計 ⑤ 煙感知器

Ⅱ－１－１４ 次の物質はいずれも放射線検出器として用いられている素材であるが、これらのうち、放射線による励起発光現象を利用した検出器として使用していないものを選び。

- ① ヨウ化ナトリウム ② ガラス ③ アルミナ（酸化アルミニウム）
- ④ トルエン ⑤ シリコン

Ⅱ－１－１５ 0.034Mエタノール水溶液をX線で10kGy照射したら、アセトアルデヒドが1.96mM生成した。このとき、アセトアルデヒドの生成のG値（100eVあたりに生成する分子数）はいくらか。次の中から正しいものを選び。ただし、1 Jは 6.24×10^{18} eV、アボガドロ数は 6×10^{23} とする。

- ① 0.188 ② 0.308 ③ 1.88 ④ 3.08 ⑤ 3.76

II-1-16 核医学診断としてポジトロン断層撮影法がある。この検査に使われるポジトロン放出核種の中で、半減期約110分のフッ素-18を除くと、半減期が約20分の（ア）や半減期約10分の（イ）や半減期約2分の（ウ）の3種類は、いずれも身体を構成している元素のアイソトープであり、このアイソトープを標識した化合物を使えば、身体の機能状態をそのまま画像として観察することが出来る。

上記記述中の（ア）、（イ）、（ウ）に記入する字句として正しいものの組合せを次の中から選べ。

- | | （ア） | （イ） | （ウ） |
|---|-------|-------|-------|
| ① | 酸素-15 | 窒素-13 | 炭素-11 |
| ② | 窒素-13 | 酸素-15 | 炭素-11 |
| ③ | 炭素-11 | 酸素-15 | 窒素-13 |
| ④ | 酸素-15 | 炭素-11 | 窒素-13 |
| ⑤ | 炭素-11 | 窒素-13 | 酸素-15 |

II-1-17 ^{60}Co 点線源 3.7×10^{12} Bqを120cm厚のコンクリート遮へい壁のある施設で取り扱う場合、遮へい壁外側での実効線量率について次の中から正しいものを選べ。

ただし、 ^{60}Co 点線源から遮へい壁内側までの距離は500cmとし、線源と遮へい壁の間に遮へい物は存在しないものとする。なお、 ^{60}Co の実効線量率定数を $0.305 (\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$ とし、コンクリート120cm厚の ^{60}Co の実効線量透過率を 1.81×10^{-5} とする。

- ① $0.53 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$
- ② $0.82 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$
- ③ $5.3 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$
- ④ $8.2 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$
- ⑤ $9.6 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$

II-1-18 ICRP（国際放射線防護委員会）の1977年勧告では、組織荷重係数が示されていないが、1990年勧告で提示された組織について次の中から正しいものを選べ。

- ① 生殖腺 ② 骨表面 ③ 肺 ④ 甲状腺 ⑤ 食道

II-1-19 体内汚染の場合に、体内にほぼ均等に分布すると放射線防護上考えられている核種を次の中から選べ。

- ① ^{90}Sr (炭酸塩) ② ^{60}Co (酸化物) ③ ^{137}Cs (塩化物)
④ ^{239}Pu (酸化物) ⑤ ^{131}I (カリウム塩)

II-1-20 世界における大地からのバックグラウンド放射線による代表的な年間の実効線量について、次の中から正しいものを選べ。

- ① $0.3\sim 0.6 \mu\text{Sv}$ ② $3\sim 6 \mu\text{Sv}$ ③ $0.03\sim 0.06 \text{mSv}$
④ $0.3\sim 0.6 \text{mSv}$ ⑤ $3\sim 6 \text{mSv}$