

第 61 回

原子炉主任技術者試験（筆記試験）

原子炉の運転制御

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。

（ハ）第1問については、6問中5問を選択して解答すること。

平成 31 年 3 月 14 日

第1問 以下の(1)～(6)の中から5項目を選択し、用語について説明せよ。なお、6項目を解答した場合は、全ての解答を無効とする。

- (1) フールプルーフとフェイルセーフ
- (2) 設計基準対象施設、安全施設、重要安全施設及び工学的安全施設
- (3) ソースターム
- (4) CAP
- (5) PAZ と UPZ
- (6) 放射性廃棄物でない廃棄物

第2問 原子炉及び臨界集合体での臨界近接について以下の問いに答えよ。

- (1) 未臨界の炉心体系 ( $k < 1.0$ ) があり、この体系の適切な位置に中性子源と中性子検出器が設置されているとする。この検出器による中性子の計数率は、この炉心体系の燃料のない状態での計数率に対して  $M$  倍となる。この倍率  $M$  は体系の増倍率  $k$  を用いるとどのように表されるか。
- (2) この体系に少しずつ順次、核燃料を追加していったとき、 $M$  の逆数  $1/M$  を評価することにより行う臨界近接の方法を逆増倍法という。この逆増倍法の原理と手順について説明せよ。
- (3) 逆増倍法による臨界近接を行う場合の注意事項を述べよ。
- (4) 逆増倍法等によって原子炉の臨界近接を行う場合、どのような方法で原子炉が臨界であると判断するか。その方法について述べよ。

第3問 高出力熱中性子炉における  $^{135}\text{Xe}$  の毒作用について以下の問いに答えよ。

- (1) 原子炉運転中の炉内における  $^{135}\text{Xe}$  の生成過程と消滅過程について記述せよ。
- (2)  $^{135}\text{Xe}$  の毒作用（反応度効果）は、中性子束のレベルが低い場合は中性子束とほぼ比例関係にあるが、中性子束のレベルがある値以上になると比例関係は成り立たなくなり飽和する傾向を示す。この理由について記述せよ。
- (3) 長時間出力一定で運転していた熱中性子炉がスクラムした場合を考える。スクラム後の  $^{135}\text{Xe}$  の毒作用の挙動の時間変化について記述せよ。
- (4) スクラム後、原子炉を再起動する場合に注意すべき事項を記述せよ。
- (5)  $^{135}\text{Xe}$  の有無により原子炉の反応度温度係数はどのように変化するか、その理由と併せて説明せよ。

第4問 原子炉の中性子束を測定する方法の一つに箔放射化法がある。これについて、以下の問いに答えよ。

- (1) 箔放射化法の特徴、メリット、デメリットを述べよ。
- (2) 中性子で照射した金箔を取り出し後、 $\gamma$ 線測定により放射能測定した結果、総計数は80,000カウントであり、バックグラウンドは10,000カウントであった。金の誘導放射能の半減期は2.7日、検出効率1%、冷却時間5時間、測定時間はフォアグラウンド、バックグラウンドともに1時間とした場合、取り出し直後の放射能(Bq)はいくらか。また、その誤差はいくつか。誤差は統計誤差のみを考える。1崩壊当たりの $\gamma$ 線放出割合は100%とする。有効数字3桁で答えよ。 $\ln(2)=0.69$ 。 $|x| \ll 1$  ( $x$ が十分小さい)のとき、 $e^x = 1 + x$ と近似してよい。
- (3) (2)の金の重量を0.19g、密度を19g/cm<sup>3</sup>、金の原子量を197、1群化した中性子吸収断面積を50バーンとする。(2)の中性子照射時間が2時間の場合、照射時の中性子束はいくらか。金の自己遮蔽は無視する。中性子束は1群としエネルギー分布は考慮しない。アボガドロ数は $6 \times 10^{23}$ とする。有効数字3桁で答えよ。 $\ln(2)=0.69$ 。 $|x| \ll 1$  ( $x$ が十分小さい)のとき、 $e^x = 1 + x$ と近似してよい。

第5問 原子炉核計装に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 原子炉核計装において、起動領域、中間領域、出力領域に用いられる中性子検出器について、それぞれ特徴を述べよ。
- (2) 原子炉核計装で使用される核分裂電離箱についてその原理と特徴を述べよ。
- (3) 核分裂電離箱は中性子照射により感度が劣化する。その理由と、感度の劣化を防ぐための方策を述べよ。
- (4) 核分裂電離箱の核分裂性物質被膜厚さをある程度以上大きくしても中性子感度が増えない理由を述べよ。
- (5) 核分裂電離箱の中性子-ガンマ線比改善のために用いられるキャンベル法について知るところを述べよ。

第6問 発電用原子炉施設は、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、炉心の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。これについて、以下の問いに答えよ。

- (1) まず、BWR あるいは PWR のどちらかの炉型を選び、その炉型に対して「重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合」として、必ず想定する事故シーケンスグループを5つ挙げ、重要事故シーケンスの例を示せ。
- (2) 炉心の著しい損傷を防止するために必要な措置の有効性確認における評価項目について説明せよ。