

第 67 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。

（指示がない限り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項目中5項目を選択して解答すること。

令和7年3月18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項目全てを解答した場合は、全ての解答を無効とする。

- (1) P C I OMR運転 (燃料のならし運転)
- (2) 3 S 調和
- (3) 暑さ指数 (W B G T 値)
- (4) R I D M (Risk-Informed Decision-Making)
- (5) L C O、サーベイランス、A O T
- (6) サイフォンブレーカー

第2問 発電用軽水型原子炉施設において、ウラン燃料をウラン・プルトニウム混合酸化物燃料(MOX 燃料)に置き換える場合、炉心特性への影響を考慮した燃料の核熱設計が必要となる。以下の問いに答えよ。

- (1) ウラン燃料を MOX 燃料に部分的に置き換える際に考慮すべきプルトニウムの核特性に関する以下の文章について、に入る適切な語句を語句一覧から選択し、番号とともに記せ。なお、語句一覧の語句は、複数回使用できる。

〔解答例〕⑪－東京

- (a) MOX 燃料中のプルトニウムは、ウランに比べて、核分裂断面積及び中性子吸収断面積が①。
- (b) MOX 燃料中のプルトニウムは、ウランに比べて、中性子の共鳴吸収が②。
- (c) MOX 燃料中のプルトニウムの遅発中性子割合は、ウランに比べて、③。

語句一覧 : 大きい、小さい

- (2) ウラン燃料を MOX 燃料に部分的に置き換える際に生じる影響に関する以下の文章のに入る適切な語句を語句一覧から選択し、番号とともに記せ。なお、語句一覧の語句は、複数回使用できる。

〔解答例〕⑪－東京

- (i) 炉心及び燃料集合体の中性子スペクトルが④するため、制御材及び可燃性毒物の反応度価値が⑤する。
- (ii) 中性子スペクトルの軟らかい所に隣接した MOX 燃料は、中性子スペクトルの相互の干渉等により出力が⑥なる。
- (iii) ペレット径方向出力分布において、周辺部の出力分担が⑦なる。
- (iii) ボイド係数、減速材温度係数及びドップラ係数の絶対値が⑧なる。
- (iv) 即発中性子寿命が⑨なる。
- (v) 燃焼に伴う反応度低下の割合が⑩なる。

語句一覧 : 硬化、軟化、増加、低下、高く、低く、大きく、小さく、長く、短く

第3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は、中性子源領域、中間領域、出力領域に分けて、異なる中性子計測システムが用いられる。その理由を述べよ
- (2) 原子炉核計装において、中性子源領域、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。
- (3) 原子炉起動時には中性子源が用いられるが、その理由を核計装の観点から述べよ。
- (4) 原子炉の起動時に用いられる中性子源を2つ挙げ、それぞれの中性子発生原理を述べよ。なお、炉型は問わない。
- (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 (MSV モードとも呼ばれる) について原理を説明せよ。

第4問 炉物理試験に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 制御棒の反応度価値測定法の一つにペリオド法がある。ペリオド法の原理について説明せよ。
- (2) ペリオド法を行う上での注意事項について3つ述べよ。
- (3) 均質で温度が一様な裸の原子炉において、制御棒が上から垂直方向に挿入される場合を考える。1本の制御棒について、単位挿入量当たり炉心に加えられる反応度（微分反応度）はどのような分布になるか図示せよ。
- (4) 上記の原子炉の燃焼が進むにつれ、いくつかの理由により制御棒の微分反応度価値分布が変化するが、どのような原因により変化するか。その理由と併せて説明せよ。
- (5) 原子炉の炉停止余裕の評価におけるワンロッドスタックとは何か。説明せよ。
- (6) 制御棒の反応度価値測定法として逆動特性法が用いられている。これはどのような方法か説明せよ。また、ペリオド法と比較した場合の利点について説明せよ。

第5問 以下の問いに答えよ。

- (1) 初期に臨界状態にあった熱中性子炉に正のステップ状反応度が加わった場合を考える。
反応度の大きさは 1β よりも十分小さいとする。この時、この炉の温度係数が、a) 正の場合、b) ゼロの場合、及び c) 負の場合の反応度印加前後の原子炉出力の変化をグラフに示し、なぜそのようなになるかそれぞれ説明せよ。
- (2) 直方体の裸の原子炉を考える。この原子炉は均質で炉内の温度は一定であるとする。
この原子炉には上面の中心に上方向から制御棒が一定の速度で挿入されるものとする。
この原子炉のスクラム反応度曲線を制御棒挿入時間の関数としてグラフに示せ。
- (3) 50%出力で長時間運転していた熱中性子炉において、制御棒を操作して原子炉の出力をステップ状に 100%まで変化させたとき、 ^{135}Xe のビルドアップの様子を原子炉出力の変化とともにグラフに示せ。また、なぜそのようなになるか説明せよ。
- (4) 裸の円筒型原子炉について、制御棒がない状態及び原子炉の中心軸に沿って制御棒を半分の高さまで上から挿入した時の軸方向の中性子束分布がおおよそどのようなになるか。その概要を図示せよ。
- (5) 可燃性毒物がある場合とない場合の原子炉の過剰反応度の全出力運転日数に対する変化をグラフに示し、なぜそのようなになるか説明せよ。
- (6) 軸方向にコサイン状の発熱分布をしている加圧水型軽水炉において、冷却材の流れ方向の冷却水温度及び燃料棒表面温度の変化の様子をグラフに示せ。
- (7) 軸方向にコサイン状の発熱分布をしている沸騰水型軽水炉において、冷却材の流れ方向の冷却水温度及び燃料棒表面温度の変化の様子をグラフに示せ。

第6問 原子炉施設の安全設計に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 軽水炉における非常用炉心冷却設備（ECCS）の機能を説明せよ。
- (2) PWR または BWR を選択し、非常用炉心冷却設備（ECCS）の系統を3つ示し、それぞれの機能を説明せよ。
- (3) 原子炉施設の安全評価に関して、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」についてその定義を述べよ。
- (4) 上記「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」において、安全設計上の満たすべき要件（判断基準）について、それぞれ3つずつ挙げよ。