

平成23年度技術士第二次試験問題〔原子力・放射線部門〕

選択科目【20-2】原子炉システムの運転及び保守

1時30分～5時

I 次の4問題のうち2問題を選んで解答せよ。(問題ごとに答案用紙を替えて解答問題番号を明記し、それぞれ3枚以内にまとめよ。)

I-1 原子炉の起動、運転時には、起動率や炉周期といったパラメータが監視される。これらは原子炉の反応度に関連するものである。原子炉の反応度について、以下の問いに答えよ。

(1) 反応度の定義を説明せよ。

(2) 原子炉反応度 ρ が十分小さい時は、 ρ と炉周期 T の関係式は下記のように近似できる。 β と λ は、遅発中性子を6群とした際の各群の値であり、下記の表に記す。

$$\rho = \sum_{i=1}^6 \frac{\beta_i}{1 + \lambda_i T}$$

この方程式は何と呼ばれているか。

(3) ここでいう炉周期について説明せよ。また、原子炉起動に際して、炉周期についてどのような留意が必要とされるか、理由を述べて説明せよ。

(4) 通常の原子炉や実験炉においては、炉周期の測定ではなく、倍加時間(ダブリングタイム)が測定される。この理由は何か。また炉周期との関係を示せ。

(5) 炉周期が200秒のとき、反応度はいくらか。必要に応じて、下記の定数を使用せよ。なお、有効桁数は2桁でよい。

遅発中性子群	遅発中性子割合 β	遅発中性子先行核崩壊定数 λ (sec ⁻¹)
1	0.000215	0.0124
2	0.001424	0.0305
3	0.001274	0.111
4	0.002568	0.301
5	0.000748	1.14
6	0.000273	3.01

I-2 原子力災害が発生し、周辺住民が放射線被曝を受ける事態となった場合、住民の放射線被曝を最小限に抑え、国民の健康と財産を保護するため、原子力防災に関する法制面が整備されている。原子力災害発生時は、それらに基づき原子力事業者は地方自治体と共に、原子力施設内外の放射線の測定を行い、異常事態を迅速に察知することにより、原子力災害を極力防止し、原子力安全・防災対策に全力で取り組むことが義務づけられている。これらに関連して、以下の問いに答えよ。

(1) 原子力災害、及び原子力緊急事態とは何か。また原子力防災の対象となる原子力事業所（施設）を挙げよ。

(2) 原子力防災に関する法律・指針類を、「原子力災害対策特別措置法」を含め4つ挙げ、それらの概要と相互の体系的な関連を述べるとともに、JCO臨界事故の反省が、国、地域、及び原子力事業者の防災計画に、どのように反映されているか述べよ。また、「原子力災害対策特別措置法」をとりあげ、同法は、原子力災害に対する対策の強化を図り、原子力災害から国民の生命、身体及び財産を保護することを目的として、どのような義務や体制の設置、また実施すべき措置について制定されているか、その内容を述べよ。

(3) 平成23年3月11日に発生した、東日本大震災により大津波に見舞われた東京電力福島第一原子力発電所において、同1～3号機及び4号機は、全電源喪失により炉心冷却機能、使用済み燃料プール冷却機能が失われ、炉心損傷を伴う深刻な原子力災害を引き起こした。「原子力防災」の観点から、今回の同原子力発電所において発生した原子力災害に対して、「原子力災害対策特別措置法」はどのように機能したか、また今回の深刻な災害を教訓として今後の課題は何か、問い(1)及び(2)を参考にして、思うところを述べよ。

I-3 負の温度反応度フィードバック係数を有する原子炉体系で、制御棒により、小さな正のステップ状反応度を、一定出力で定常運転中に添加した。この操作後の原子炉の下記パラメータについて過渡変化を図示せよ。さらに、それぞれの挙動について相互に関連付け、炉物理、熱除去の観点から、できる限り定量的に説明せよ。必要に応じて、原子炉体系のパラメータを定義しても良い。ただし、原子炉体系での原子炉特性、熱伝導、熱伝達に関するパラメータ並びに原子炉体系からの熱除去は、反応度添加前と後で変化しないものと仮定せよ。

- ① 反応度
- ② 原子炉出力
- ③ 原子炉温度

I-4 原子力発電プラントは、全運転期間中にわたり安全性を維持・確保し、かつ効率的な運転、保守を計画的に実施するため、定期安全レビュー、及び総合的な設備管理（プラント・ライフ・マネジメント）方策の確立を図ってきた。さらに、シビア・アクシデントに対し、国はその発生と拡大を防止するため、アクシデント・マネジメントのあり方について検討してきた。原子力発電プラントのみならず、原子力施設においては、全運転期間中にわたり、安全性と信頼性を維持する必要があるのは言うまでもない。しかしながら、国際原子力機関（IAEA）が定めた国際原子力事象評価尺度（INES）の対象となる異常な事象、及びレベル4以上の事故を、国内外において、いくつか経験してきた。これらの異常な事象及び事故の経験から、より厳しい安全性・信頼性の要求に取り組み、それらの改善が図られてきたと考えられるが、これに関し以下の問いに答えよ。

- (1) 原子力発電プラントにおける、全運転期間中にわたるプラント・ライフ・マネジメント方策について、その概要を述べよ。また、原子力発電所において、設計上想定している事象を大幅に超え、炉心が重大な損傷に至るシビア・アクシデントに対する、アクシデント・マネジメントについて、その概要を述べよ。
- (2) 下記の原子力発電所及び原子力施設に関する異常事象又は事故について、[2-1]～[2-3]から1つ、[2-4]～[2-6]から2つ選び、それらの概要と原因、及び事象もしくは事故を悪化させた主な要因、また事故の収束と再発防止のためにとられた対策について述べ、さらに、国際原子力事象評価尺度（INES）の評価レベルが与えられているものについては、その評価レベルをその根拠とともに示し、それらの事象及び事故が、その後の運転・保守のあり方、及び安全維持・向上の考え方に、どのように影響を与えたか述べよ。

- [2-1] 1995(平成7)年12月8日, 動力炉・核燃料開発事業団(当時)の高速増殖原型炉もんじゅで, 出力上昇試験中, ナトリウム温度高警報及び火災報知器が発信, 引き続きナトリウム漏えい警報が発信した。このもんじゅの事象について。
- [2-2] 2001(平成13)年11月7日, 中部電力浜岡原子力発電所1号機において, 定格出力運転で高圧炉心注水系の起動試験実施中, 中央制御室及び現場の運転員は衝撃音を聞いた。同時に, 原子炉建屋内の複数箇所では火災報知器が動作した。この浜岡原子力発電所1号機の事象について。
- [2-3] 2004(平成16)年8月9日, 関西電力美浜原子力発電所3号機で, 定格熱出力運転中に「火災報知器動作」などの警報が発信し, 運転員がタービン建屋内を現場点検したところ, 蒸気が充満していることを確認した。その後原子炉が自動停止した。この美浜原子力発電所3号機の事象について。
- [2-4] 1957年10月10日, 英国ウィンズケール(現セラフィールド)で発生した, 火災をともなった, 世界で初めてと考えられている原子炉に関わる重大な事故について。
- [2-5] 1961年1月3日, 米国アイダホフォールズの海軍軍事用試験炉, SL-1 (Stationary Low-Power Reactor Number One) で発生した, 原子炉に関わる重大な事故について。
- [2-6] 1979年3月28日, 米国ペンシルベニア州スリーマイル・アイランド(TMI)原子力発電所で発生した, 炉心の重大な損傷をともなった事故について。