

第 65 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。

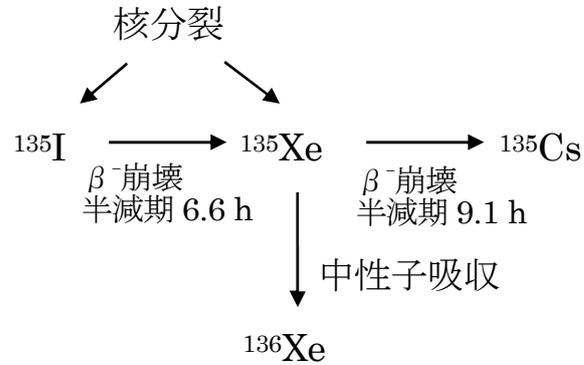
（ハ） 第1問については、6項目中5項目を選択して解答すること。

令和5年3月15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) 冗長性、多重性、多様性、独立性
- (2) 燃焼度
- (3) 定格電気出力一定運転、定格熱出力一定運転、コストダウン運転、負荷追従運転
- (4) 長期施設管理方針
- (5) 設計基準対象施設、重大事故等対処施設、特定重大事故等対処施設、重大事故等対処設備
- (6) 兼用キャスク

第2問 原子炉制御に大きな影響を与える ^{135}Xe について、以下の問いに答えよ。なお、 ^{135}Xe は以下の生成・消滅に従うものとする。



必要に応じて、下記のラプラス変換表を利用してよい。

$f(t)$	$F(s)$
1	$\frac{1}{s}$
t	$\frac{1}{s^2}$
e^{at}	$\frac{1}{s-a}$

- (1) 時刻 t における ^{135}I の濃度を $I(t)$ 、 ^{135}I の核分裂収率を R_I 、 ^{135}I の崩壊定数を λ_I 、体系の巨視的核分裂断面積を Σ_f 、中性子束を $\phi(t)$ とする。この時、 ^{135}I の生成・消滅を示す微分方程式を示せ。ただし、 ^{135}I の中性子捕獲は無視する。
- (2) 時刻 t における ^{135}Xe の濃度を $X(t)$ 、 ^{135}Xe の核分裂収率を R_X 、 ^{135}Xe の崩壊定数を λ_X 、微視的中性子捕獲断面積を σ_{cx} として、 ^{135}Xe の生成・消滅を示す微分方程式を示せ。
- (3) ^{135}I 、 ^{135}Xe の濃度が 0 の状態から原子炉を起動し、急激に出力上昇して一定出力運転に入ったとする。この時の中性子束を ϕ_0 として、 ^{135}I の飽和濃度 I_∞ 及び ^{135}Xe の飽和濃度 X_∞ を与える式を求めよ。

- (4) 原子炉を長時間一定出力運転し ^{135}I 、 ^{135}Xe が飽和濃度に達した後、急激に停止した場合、停止後の時間 t として、 ^{135}I 及び ^{135}Xe の濃度の時間変化を表す式を上記飽和濃度 I_∞ 、 X_∞ を用いて求めよ。
- (5) ^{135}Xe 濃度の炉停止後の時間変化の概要を述べ、その変化が原子炉の特性にどのような影響を与えるか述べよ。

第3問 燃料破損に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 燃料破損を検知する方法を1つ示し、測定原理を説明せよ。
- (2) 破損燃料の位置を特定する方法を1つ示し、測定原理を説明せよ。

第4問 以下の問いに答えよ。

- (1) 原子炉施設における工学的安全施設の役割を説明せよ。
- (2) PWR、BWR 又は他の原子炉施設のいずれか一つについて具体的な工学的安全施設の名称を3つ以上挙げ、その機能を説明せよ。なお、解答には対象とした原子炉施設の炉型を明記すること。

第5問 PWR 又は BWR に関する以下の問いに答えよ。なお、解答にあたってはいずれの炉型を選択したかを明記すること。

- (1) 冷温停止状態にある発電プラントの起動前点検から定格出力到達までの起動操作の主要なプロセスについて、時系列に従って概要を述べよ。
- (2) 原子炉の出力制御とタービン制御との関係について説明せよ。
- (3) 原子炉の出力変更時における制御方式について述べよ。

第6問 発電用原子炉施設では、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を想定し、当該事象の拡大を防止できるものでなければならない。「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」(平成2年8月30日原子力安全委員会決定)では、評価すべき具体的な事象について、以下を定めている。PWR 又は BWR のどちらかを選び、空欄の①～⑩に該当する事象を、番号とともに答えよ。なお、PWR と BWR の両方について解答した場合は、全ての解答を無効とする。

〔解答例〕 炉型：PWR、⑩－東京

【運転時の異常な過渡変化】

	PWR	BWR
炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化	<ul style="list-style-type: none"> ・ <input type="text" value="①"/> ・ <input type="text" value="②"/> ・ 制御棒の落下及び不整合 ・ <input type="text" value="③"/> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ <input type="text" value="①"/> ・ <input type="text" value="②"/>
炉心内の熱発生又は熱除去の異常な変化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉冷却材流量の部分喪失 ・ <input type="text" value="④"/> ・ 外部電源喪失 ・ <input type="text" value="⑤"/> ・ 蒸気負荷の異常な増加 ・ 2次冷却系の異常な減圧 ・ 蒸気発生器への過剰給水 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉冷却材流量の部分喪失 ・ <input type="text" value="③"/> ・ 外部電源喪失 ・ <input type="text" value="④"/> ・ 原子炉冷却材流量制御系の誤動作
原子炉冷却材圧力又は原子炉冷却材保有量の異常な変化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 負荷の喪失 ・ <input type="text" value="⑥"/> ・ <input type="text" value="⑦"/> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 負荷の喪失 ・ <input type="text" value="⑤"/> ・ <input type="text" value="⑥"/> ・ <input type="text" value="⑦"/> ・ <input type="text" value="⑧"/>

【設計基準事故】

	PWR	BWR
原子炉冷却材の喪失 又は炉心冷却状態の 著しい変化	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉冷却材喪失 ・原子炉冷却材流量の喪失 ・ <input type="text" value="⑧"/> ・主給水管破断 ・ <input type="text" value="⑨"/> 	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉冷却材喪失 ・原子炉冷却材流量の喪失 ・ <input type="text" value="⑨"/>
反応度の異常な投入 又は原子炉出力の急 激な変化	<ul style="list-style-type: none"> ・制御棒飛び出し 	<ul style="list-style-type: none"> ・制御棒落下
環境への放射性物質 の異常な放出	<ul style="list-style-type: none"> ・放射性気体廃棄物処理施設の 破損 ・ <input type="text" value="⑩"/> ・燃料集合体の落下 ・原子炉冷却材喪失 ・制御棒飛び出し 	<ul style="list-style-type: none"> ・放射性気体廃棄物処理施設の 破損 ・ <input type="text" value="⑩"/> ・燃料集合体の落下 ・原子炉冷却材喪失 ・制御棒落下
原子炉格納容器内圧 力、雰囲気等の異常な 変化	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉冷却材喪失 ・可燃性ガスの発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉冷却材喪失 ・可燃性ガスの発生 ・動荷重の発生

【メモ】

【メモ】