平成30年度技術士第二次試験問題〔原子力・放射線部門〕

20 原子力・放射線部門【必須科目Ⅰ】

Ⅰ　次の20問題のうち15問題を選び解答せよ。（解答欄に１つだけマークすること。）

Ⅰ－１　原子力規制委員会設置法第一条（目的）において，東京電力福島第一原子力発電所事故を契機とした我が国での原子力規制の転換に関して述べられている。第一条において原子力規制委員会に関する次の記述のうち最も不適切なものはどれか。

①　原子力の研究，開発及び利用に関する政策に係る縦割り行政の弊害を除去する。

②　一の行政組織が原子力利用の推進及び規制の両方の機能を担うことにより生じる問題を解消する。

③　確立された国際的な基準を踏まえて原子力利用における安全の確保を図るため必要な施策を策定し，又は実施する事務を一元的につかさどる。

④　重大な原子力事故が発生した場合に備えた政府の総合的な取組を確保するための施策の実施を推進する。

⑤　委員長及び委員が専門的知見に基づき中立公正な立場で独立して職権を行使する。

Ⅰ－２　原子力規制委員会の「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」における重大事故等対処設備に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

①　通常時に使用する設備を本来の使用の目的以外に重大事故等に対処するために使用してはいけない。

②　ある条件を満たせば，二以上の発電用原子炉施設において共用することができる。

③　常設重大事故防止設備は，共通要因によって設計基準事故対処設備の安全機能と同時にその機能が損なわれることがないよう，適切に措置を講じたものであること。

④　健全性及び能力を確認するため，発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものであること。

⑤　可搬型重大事故等対処設備が水又は電力を供給するため，常設設備と接続する場合，接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設けるものであること。

Ⅰ－３　原子力規制委員会の「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」において定められている設計基準対象施設が満たすべき要件に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

①　運転時の異常な過渡変化時においては，最小限界熱流束比又は最小限界出力比が許容限界値以上であること，燃料被覆材が破損しないものであること及び燃料材のエンタルピーが燃料要素の許容損傷限界を超えないこと。

②　運転時の異常な過渡変化時においては，原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が最高使用圧力の1．1倍以下となること。

③　設計基準事故時においては，炉心の著しい損傷が発生するおそれがないものであり，かつ，炉心を十分に冷却できるものであること。また，燃料材のエンタルピーが炉心及び原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性を維持するための制限値を超えないこと。

④　設計基準事故時においては，原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が最高使用圧力の1．2倍以下となること。

⑤　設計基準事故時においては，原子炉格納容器バウンダリにかかる圧力が最高使用圧力の1．2倍以下，原子炉格納容器バウンダリにおける温度が最高使用温度以下となること。

Ⅰ－４　原子炉の炉心動特性に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

①　ドップラー反応度効果は，核燃料の温度の上昇に伴いウラン238の中性子共鳴吸収が増加するために，中性子数を減少させ，炉心の反応度が低下する効果である。

②　ボイド反応度効果は，沸騰その他の原因によるボイド（気泡）の変化が反応度に及ぼす効果であり，軽水炉ではボイド反応度係数が通常運転状態で常に負の値を取ることが義務づけられている。

③　加圧水型軽水炉では，燃料の燃焼と共に減少する反応度をケミカルシム（ほう酸）を用いて制御しているため，冷却材温度が上昇するとほう酸濃度が減少して中性子吸収効果が減少し反応度が上昇する。

④　沸騰水型軽水炉では，ボイド反応度効果を利用して，冷却材の流量を制御することにより炉心出力を調整しており，炉心流量調整範囲の上限・下限に達した場合に制御棒の位置による調整が行われる。

⑤　大型高速炉においては，冷却材のナトリウムにボイドが発生しても反応度を低下させる効果はない。

Ⅰ－５　電気出力120万キロワット，熱効率約33%，炉心の装荷ウラン量が160トンの発電用原子炉がある。この原子炉の運転サイクル長は全出力換算で400日であり，定期検査時に炉心に装荷されている燃料のうち４分の１が新燃料と交換される。この炉心から使用済燃料として取り出される燃料集合体の平均燃焼度として最も近い値はどれか。

①　32000MWd／t(U)

②　36000MWd／t(U)

③　42000MWd／t(U)

④　48000MWd／t(U)

⑤　52000MWd／t(U)

Ⅰ－６　平成25年に施行された原子力規制委員会の規制基準（実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の設計及び工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織の技術基準に関する規則）において，手順書の作成を明示的に規定しているプロセスとして，最も不適切なものはどれか。

①　文書の管理

②　記録の管理

③　不適合の管理

④　是正処置

⑤　経営責任者照査

Ⅰ－７　現在用いられている実用軽水炉の制御系に関する次の記述のうち，最も適切なものはどれか。

①　BWRの原子炉水位制御では，原子炉水位信号，給水流量信号及び主蒸気圧力信号の３要素により原子炉水位の変化を予測し，給水流量を調整して，あらかじめ定めた水位を保つように制御する。PWRの場合は給水制御系により蒸気発生器水位を制御する。

②　PWRの加圧器制御系は，一次冷却材の体積変化による，加圧器の圧力変化及び水位変化を制御するものである。一次冷却材の圧力が一定の値になるように，スプレイ弁，逃がし弁及びヒータにより制御される。

③　BWRの原子炉出力は，制御棒及び原子炉再循環流量により制御される。再循環流量制御は負のボイド反応度係数を利用したものであり，その特徴として，出力レベルにより炉心内出力分布が大きく変わることが挙げられる。

④　PWRのほう素濃度制御系は，一次冷却材ループのほう素濃度の調整を行うことにより，短時間の出力変化に伴う反応度変化を制御するものである。このほう素濃度調整は，化学体積制御設備を使用して行われる。

⑤　BWRでは，原子炉出力を増加すれば，蒸気流量が設定値より上がるので，自動的に蒸気加減弁を開けてタービン出力を増し，逆に原子炉出力を減少させた場合には，タービン出力を減らして，いずれの場合も蒸気流量を一定に保つようになっている。

Ⅰ－８　実用発電用原子炉に関し，原子炉設置者が原子炉を廃止しようとする際，廃止措置に関する計画（廃止措置計画）を定め，原子力規制委員会の認可を受けなければならない。廃止措置計画の認可の基準に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

①　廃止措置計画に係る発電用原子炉の炉心から使用済燃料が取り出されていること。

②　核燃料物質の管理及び譲渡しが適切なものであること。

③　核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の管理，処理及び廃棄が適切なものであること。

④　廃止措置の実施に係る施設の解体撤去の期間が適切なものであること。

⑤　廃止措置の実施が核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上適切なものであること。

Ｉ－９　再処理に関する次の記述のうち，最も適切なものはどれか。

① 近年，核不拡散の観点から注目されている先進的再処理法とは，プルトニウムをできるだけ精製された単体として使用済燃料から分離することを目的とする。

② 高温冶金法は，装置がコンパクトとなる利点があるが，腐食性や反応性の高い薬品を高温で用いるために装置の腐食の問題がある。

③ 低濃縮ウラン燃料の再処理に用いられるピューレックス（PUREX）法は，現在の商業用再処理工場では使われていない。

④ 世界最初の実用規模の再処理方法は，米国で実施された共沈原理を用いたリン酸ビスマス沈殿法であり，廃棄物の発生が少ないという利点があった。

⑤ 溶媒抽出法として最初に大規模に用いられたのは，リン酸トリブチル（TBP）を用いるレドックス（REDOX）法であった。

Ｉ－10　核燃料サイクルに関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

① 天然ウランは主に２つの同位体からなり，ウラン235が0．7％，ウラン238が99．3％である。その他に僅かであるがウラン234が0．005％程度含まれている。

② 軽水炉で生成されたプルトニウムにはプルトニウム239以外の核種としてプルトニウム238，240，241，242などの同位体が含まれる。奇数核種が20％以上含まれるものは原子炉級プルトニウムと呼ばれている。

③ 高速増殖炉でウラン238をプルトニウムに変換しつつ利用する場合のウランの利用効率は約60％と推定されている。

④ ウランの可採年数（＝確認可採埋蔵量／年間消費量）は，約100年程度と評価されている。これは，評価時点（2008年）のウラン需要の継続を想定したものであり，世界の原子力発電所の設備容量が拡大すれば可採年数はより短縮する。

⑤ 高速増殖炉が実用化されれば数千年分以上の核燃料を確保したことになる。2017年の時点で，海外では，フランス，中国，ロシア，インドなどの国で積極的に開発が進められている。

Ⅰ－11　次の記述は，核燃料サイクル施設における水溶液系の臨界事故に関するものである。文章中の［　　　］に入る語句・数値の組合せとして最も適切なものはどれか。

水溶液系の臨界事故は，一般的に，最初に臨界に達した後は，［（ア）］，臨界未満状態となり終息する。過去の水溶液系の臨界事故で発生した核分裂の数は，一般的に［（イ）］程度である。核分裂ひとつ当たり，放出されるエネルギー量の代表的な値は約［（ウ）］MeVであり，この［（イ）］程度の核分裂で発生するエネルギーを灯油の量に換算すると約［（エ）］Lに相当する。ただし，電子の電荷は1.6×10^{-19}Cとし，灯油の単位熱量は37MJ/Lとする。

	ア	イ	ウ	エ
①	臨界バースト現象が継続した後	10^{18}	200	0.86
②	臨界バースト現象が継続した後	10^{18}	20	8.6
③	臨界バースト現象が継続した後	10^{24}	20	0.86
④	臨界状態は瞬時に終わり	10^{18}	20	8.6
⑤	臨界状態は瞬時に終わり	10^{24}	200	0.86

Ⅰ－12　国は，高レベル放射性廃棄物の処分に関する取組を一層強化するために「科学的特性マップ」を作成し2017年7月に公表を行った。この「科学的特性マップ」に関する次の記述のうち，最も適切なものはどれか。

① 処分場選定のための調査は，「文献調査」，「概要調査」及び「精密調査」の3段階であるが，そのうち，今までの文献調査の結果を取りまとめてマップを作成した。

② 処分場に「好ましくない要件・基準」のうち自然要件として，「火山の近傍」，「活断層の近傍」，「隆起・侵食が大きい範囲」及び「風雨・降雪などの気象条件が厳しい範囲」などがある。

③ 処分場に「好ましくない要件・基準」のうち人的要件として，「鉱物資源が分布し将来採掘がされると予想されるところ」及び「人口が密集するところ」がある。

④ 処分場に「好ましくない要件・基準」のいずれにも該当しない場合を「好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域」としており，国はこの地域の自治体に対して重点的な働きかけを行う。

⑤ 「好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域」の中でも，「海岸からの距離が短い範囲」は「輸送面でも好ましい地域」としている。

Ⅰ－13　放射線に関する次の記述のうち，最も適切なものはどれか。

①　電子の阻止能は電子のエネルギーの増加に伴い減少する。

②　気体のW値は放射線のエネルギーに比例して増加する。

③　電子と陽電子が静止状態で結合すると消滅して１個の光子が放出されるが，そのエネルギーは1．022MeVである。

④　４MeVα線と１MeV陽子の空気中での飛程はほぼ等しい。

⑤　鉄（フリッケ）線量計のFe^{2+}→ Fe^{3+}の反応に対するG値は放射線の種類に関係なく一定である。

Ⅰ－14　放射線に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

①　放射線によるグラフト重合では，すでに高分子化した材料に活性種を生成させ，そこを開始点として別のモノマーを重合させる。

②　放射線により生成したOHラジカルは強い酸化剤として働き，電子移動反応が起こる。また有機物との反応ではOHラジカルの付加反応や水素原子の引抜き反応を起こす。

③　放射線によりアルコールが電離される際に生ずる電子は，アルコール中で運動するうちにエネルギーを失い，電子の周りにアルコール分子が配向し溶媒和電子を形成する。

④　イオンビームは物質中をほぼ直進し，その飛跡に沿って高密度に電離や励起を起こす。その空間分布は飛跡を軸とした円筒状となり，この円筒状の構造をトラックという。

⑤　線エネルギー付与（LET）は荷電粒子の飛跡に沿って単位長さ当たりに局所的に与えられるエネルギー量のことであり，阻止能（Stopping Power）と同じ量である。

Ⅰ－15　線エネルギー付与（LET）は，放射線が物質中を通過するときの単位飛程当たりのエネルギー付与密度の指標である。工業的な放射線滅菌処理で広く使われるコバルト60のガンマ線の水中でのLET値として，最も適切なものはどれか。

①　0．2～0．3keV/μm

②　２～３keV/μm

③　20～30keV/μm

④　0．2～0．3MeV/μm

⑤　２～３MeV/μm

Ⅰ－16　食品照射とは，認可された放射線を，適正な管理の下で定められた条件で食品や農産物に照射し，殺菌，殺虫，芽止めなどを行う食品処理技術である。食品照射に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

① WHO（世界保健機関）は，食品を介する疾病や食料資源の損失への対策として，食品照射の適切な利用を積極的に推奨している。

② 食品の貯蔵期間の延長，害虫や寄生虫，病原性細菌，カビ，腐敗性酵母の殺滅又は不活性化，果実や野菜の成熟の遅延，収穫後の根茎菜類の発芽抑制などに利用できる。

③ 食品照射は，毒性学的な見地から十分検討された食品技術であり，これまでの毒性試験のデータで，照射食品中に生じた量で毒性学的な危険性があることを示すものはなかった。

④ 照射食品では，照射によって食品に生じる変化も加熱処理などと大差がないため，照射の有無の検知は比較的困難であるが，いくつかの実用的な方法が確立されている。

⑤ ノロウイルスによる食中毒の発生を防ぐためには，手洗いの徹底に加えて，生牡蠣など原因となる食材を１～３kGy照射することが有効な対策となる。

Ⅰ－17　エネルギーEのγ線が角度θ方向にコンプトン散乱後に持つエネルギーE'は

$$E'=\frac{E}{1+E(1-\cos\theta)/m_ec^2}\qquad (m_ec^2\text{：電子の静止エネルギー})$$

である。エネルギー１MeVのγ線をNaI（Tl）検出器で測定した時に観測されるコンプトンエッジのエネルギーに最も近い値は次のうちどれか。

①　0.2MeV　　②　0.4MeV　　③　0.6MeV　　④　0.8MeV　　⑤　1.0MeV

Ⅰ－18　「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」による線量限度に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

① 周辺監視区域外の実効線量については，１年間につき１ミリシーベルトとする。

② 周辺監視区域外の皮膚の等価線量については，１年間につき15ミリシーベルトとする。

③ 原子力規制委員会が認めた場合は，周辺監視区域外の実効線量限度を１年間につき５ミリシーベルトとすることができる。

④ 妊娠中の女子の放射線業務従事者については，本人の申し出た時から出産するまでの間につき，内部被ばくについて１ミリシーベルトとする。

⑤ 妊娠中の女子の放射線業務従事者の腹部表面については，本人の申し出た時から出産するまでの間につき２ミリシーベルトとする。

Ⅰ－19　放射線の物質との相互作用を示す次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

① α線は一般に飛程が短いので，薄いシンチレータで測定される。

② γ線のエネルギー損失をする過程にはレイリー散乱（Rayleigh scattering）は含まれない。

③ 熱中性子はカドミウムを被せた金箔を用いて測定される。

④ 原子の内核の励起状態からＸ線が発生する確率は，原子番号が大きいほど大きい。

⑤ 荷電粒子の電離によるエネルギー損失の過程でδ線は放出される。

Ⅰ－20　我が国における国民線量が平成23年に再評価された。以下の自然放射線による実効線量のうち，最も大きいと評価されるのはどれか。

① 宇宙線による外部被ばく

② 大地放射線による外部被ばく

③ ラドン，トロンの吸入摂取による内部被ばく

④ 鉛210，ポロニウム210の経口摂取による内部被ばく

⑤ トリチウム，炭素14，カリウム40の経口摂取による内部被ばく