

Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ-1 次の記述の、に入る語句の組合せとして、適切なものはどれか。

原子炉压力容器に使用される低合金鋼は、炉心からの中性子照射を受けると、 a が上昇するとともに、 b が低下する。これらは c といわれる。 c が進行し、温度、き裂寸法、荷重で決まる条件がそろえば原子炉压力容器は脆性破壊を起こす可能性がある。これを確実に防止するため、設計段階において、供用期間中の材料の破壊靱性を予測するとともに、定期的に監視試験を実施し、主にシャルピー衝撃試験から c の程度を調べ、さらに、その結果をもとに構造健全性を確認して原子炉の運転が行われる。

また、き裂が存在しないことを確認するため、供用期間中には超音波探傷法等により定期的に検査が行われている。構造健全性を確認するうえで、最も厳しい想定事象は、PWRの原子炉压力容器では d である。これは、事故時の安全対策として炉心への大量の冷却水が注入されることにより生じる過渡事象であり、原子炉压力容器内面には過大な e が生じる。健全性評価として、原子炉压力容器内面にき裂の存在を仮定し、 d 時に発生する応力を考慮し、破壊力学解析が行われる。

	a	b	c	d	e
①	延性脆性遷移温度	応力拡大係数	中性子照射脆化	加圧熱衝撃	圧縮応力
②	き裂進展速度	上部柵吸収エネルギー	照射下クリープ	加圧熱衝撃	引張応力
③	き裂進展速度	上部柵吸収エネルギー	中性子照射脆化	クリープ破断	圧縮応力
④	延性脆性遷移温度	応力拡大係数	照射下クリープ	クリープ破断	引張応力
⑤	延性脆性遷移温度	上部柵吸収エネルギー	中性子照射脆化	加圧熱衝撃	引張応力

Ⅲ-2 次の記述の、に入る数式又は記号の組合せとして、適切なものはどれか。

PRA (Probabilistic Risk Assessment) から得られる重要度指標として、Fussell-Vesely重要度 (FV重要度) とリスク増加価値 (Risk Achievement Worth : RAW) がある。

FV重要度：炉心損傷の発生を仮定したときに、当該基事象が寄与している割合を示す指標であり、次式で定義される。

$$FV = \text{a}$$

RAW：ある基事象が必ず発生するとしたときに、炉心損傷頻度がどれだけ増加するかを示す指標であり、次式で定義される。

$$RAW = \text{b}$$

ここで、 FV=FV重要度

RAW=リスク増加価値

CDF_{base} = 炉心損傷頻度

$CDF_{X=1}$ = 基事象 X の生起確率を 1 とした場合の炉心損傷頻度

$CDF_{X=0}$ = 基事象 X の生起確率を 0 とした場合の炉心損傷頻度

P_X = 基事象 X の生起確率

ある基事象の生起確率を p とすると、FV重要度とRAWは次式で関連付けられる。

$$RAW = \text{c} \times FV + 1.0$$

したがって、FV重要度が同等の基事象 A 及び B の生起確率が $1 \gg P_A > P_B$ である場合、RAW は基事象 の方が大きくなる。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>
①	$\frac{CDF_{\text{base}} - CDF_{X=0}}{CDF_{\text{base}}}$	$\frac{CDF_{X=1}}{CDF_{X=0}}$	p	A
②	$\frac{CDF_{\text{base}} - CDF_{X=0}}{CDF_{\text{base}}}$	$\frac{CDF_{X=1}}{CDF_{\text{base}}}$	$\left[\frac{1}{p} - 1 \right]$	B
③	$\frac{(CDF_{X=1} - CDF_{X=0}) \times P_X}{CDF_{\text{base}}}$	$\frac{CDF_{\text{base}}}{CDF_{X=0}}$	$\left[\frac{1}{p} - 1 \right]$	B
④	$\frac{CDF_{\text{base}} - CDF_{X=0}}{CDF_{\text{base}}}$	$\frac{CDF_{X=1}}{CDF_{\text{base}}}$	p	A
⑤	$\frac{(CDF_{X=1} - CDF_{X=0}) \times P_X}{CDF_{\text{base}}}$	$\frac{CDF_{X=1}}{CDF_{X=0}}$	p	B

Ⅲ－３ 以下は、「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」の第19条（非常用炉心冷却設備）の解釈において引用されている，「軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針」（昭和56年7月20日原子力安全委員会決定）における判断基準の記載である。□に入る語句又は数値の組合せとして，適切なものはどれか。

（前略）

- (1) 燃料被覆の温度の計算値の最高値は，□ a □℃以下であること。
- (2) 燃料被覆の化学量論的酸化量の計算値は，酸化反応が著しくなる前の被覆管厚さの□ b □%以下であること。
- (3) 炉心で燃料被覆及び構造材が水と反応するに伴い発生する水素の量は，□ c □の健全性確保の見地から，十分低い値であること。
- (4) □ d □を考慮しても，崩壊熱の除去が長期間にわたって行われることが可能であること。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>
①	1, 200	15	原子炉建屋	燃料の組成の変化
②	2, 200	17	原子炉建屋	燃料の組成の変化
③	1, 200	15	格納容器	燃料の形状の変化
④	2, 200	17	格納容器	燃料の形状の変化
⑤	2, 200	15	原子炉建屋	燃料の形状の変化

Ⅲ-4 以下は、臨界状態にある原子炉における、反応度投入直後の出力変化を求める式の導出過程を示すものである。□に入る語句又は式の組合せとして、適切なものはどれか。

反応度 ρ は、次式により実効増倍率 k と関係づけられる量であり、基本的に実効増倍率が 1 からどれだけずれているかを示す量である。

$$\rho = \boxed{\text{a}} \quad (1)$$

また、中性子世代時間 Λ は即発中性子寿命 ℓ と実効増倍率 k を用いて次式で定義される。

$$\Lambda = \frac{\ell}{k} \quad (2)$$

ステップ状の反応度 ρ_0 が投入された後の原子炉出力の挙動において、反応度投入直後に限ると、遅発中性子先行核の濃度が一定であると仮定できる。その先行核密度を $C_{i,0}$ とおくと、遅発中性子を 6 群とした一点近似動特性方程式は次式となる。ここで反応度は $t=0$ で投入されているとしている。

$$\frac{dn(t)}{dt} = \frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} n(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_{i,0} \quad \text{ここで、} \beta = \sum_{i=1}^6 \beta_i \text{ とする。} \quad (3)$$

$$\frac{dC_i(t)}{dt} = \frac{\beta_i}{\Lambda} n(t) - \lambda_i C_{i,0}, \quad i=1 \sim 6 \quad (4)$$

遅発中性子先行核の濃度 $C(t)$ は一定と仮定するので、(4) より、

$$C_{i,0} = \frac{\beta_i}{\lambda_i \Lambda} n_0 \quad (5)$$

ここで、 n_0 は $t < 0$ における中性子数である。

(5) を (3) に代入して整理すると、次式を得る。

$$\frac{dn(t)}{dt} = \boxed{\text{b}} \quad (6)$$

(6) 式を解くと、中性子数 $n(t)$ は以下になる。

$$n(t) = \boxed{\text{c}} \quad (7)$$

即発臨界とならない条件、 $\rho_0 < \beta$ の場合、(7) の指数部は Λ が非常に小さいことと相まって、急速に 0 に近づく。この結果、 $n(t)$ は、反応度投入直後について、以下で与えられる。

$$n(t) = \boxed{\text{d}} n_0 \quad (8)$$

このように反応度挿入直後、原子炉出力に急速な変化が起こる。この変化を $\boxed{\text{e}}$ という。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>e</u>
①	$\frac{k-1}{k}$	$\frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} n(t) + \frac{\beta}{\Lambda} n_0$	$\left[\frac{\beta}{(\rho_0 - \beta)} - \frac{\rho_0}{(\rho_0 - \beta)} \exp\left(\frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} t\right) \right] n_0$	$\frac{\beta}{(\beta - \rho_0)}$	即発臨界
②	$\frac{k+1}{k}$	$\frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} n(t) + \frac{1}{\Lambda} n_0$	$\left[\frac{1}{(\beta - \rho_0)} - \frac{\rho_0}{(\beta - \rho_0)} \exp\left(\frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} t\right) \right] n_0$	$\frac{1}{(\beta - \rho_0)}$	即発跳躍
③	$\frac{k+1}{k}$	$\frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} n(t) + \frac{1}{\Lambda} n_0$	$\left[\frac{1}{(\beta - \rho_0)} - \frac{\rho_0}{(\beta - \rho_0)} \exp\left(\frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} t\right) \right] n_0$	$\frac{1}{(\beta - \rho_0)}$	即発臨界
④	$\frac{k-1}{k}$	$\frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} n(t) + \frac{\beta}{\Lambda} n_0$	$\left[\frac{\beta}{(\rho_0 - \beta)} - \frac{\rho_0}{(\rho_0 - \beta)} \exp\left(\frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} t\right) \right] n_0$	$\frac{\beta}{(\rho_0 - \beta)}$	即発跳躍
⑤	$\frac{k-1}{k}$	$\frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} n(t) + \frac{\beta}{\Lambda} n_0$	$\left[\frac{\beta}{(\beta - \rho_0)} - \frac{\rho_0}{(\beta - \rho_0)} \exp\left(\frac{(\rho_0 - \beta)}{\Lambda} t\right) \right] n_0$	$\frac{\beta}{(\beta - \rho_0)}$	即発跳躍

Ⅲ－５ 以下は，原子力規制委員会が発行した，NREP－0002「実用発電用原子炉に係る新規規制基準の考え方について」（平成30年12月19日改訂）における単一故障仮定の考え方からの抜粋である。□に入る語句又は数値の組合せとして，適切なものはどれか。

（前略）「単一故障の仮定」の考え方は，安全機能を有する系統のうち，安全機能の重要度が特に高い機能を有するものについて，多重性又は多様性の要件を満たすかを確認するためのものであり（注），評価すべき系統の中の一つが原因を問わず故障した場合を仮定し，その場合でも当該系統が所定の機能が確保できることを確認するものである。ここでいう単一故障は，動的機器の単一故障及び静的機器の単一故障に分けられる。動的機器とは，□ a □所定の機能を果たす機器をいい，静的機器はそれ以外の機器である。（中略）単一故障は短期間では□ b □の単一故障のみを想定すれば足り，長期間では□ b □の単一故障又は想定される□ c □の単一故障のいずれを仮定しても，所定の安全機能を達成できるように設計されていることが必要である（設置許可基準規則の解釈12条の4）。短期間と長期間の境界は□ d □時間を基本とし，□ e □場合（中略）はその時点境界とする。（後略）

（注）原文の「解析手法」を表現適正化の観点から「もの」と意識した。

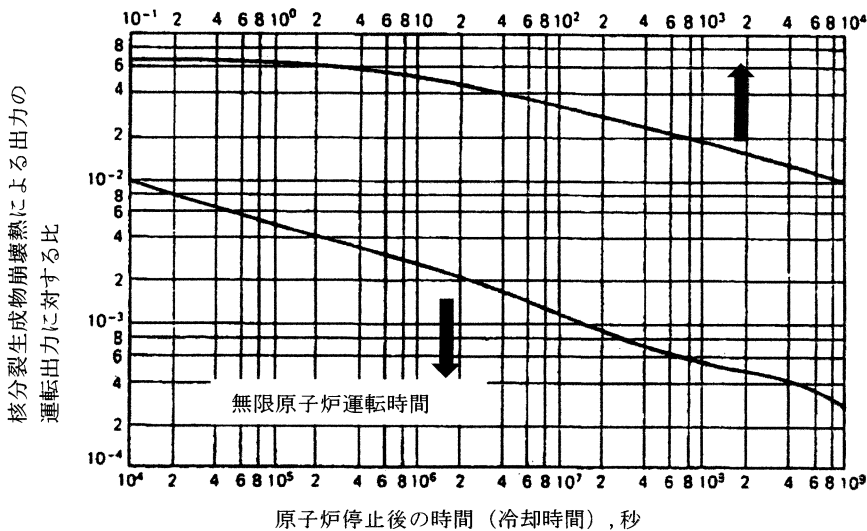
	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>e</u>
①	差圧によって受動的に	静的機器	動的機器	24	運転モードの切替えを行う
②	外部入力によって能動的に	動的機器	静的機器	12	炉心が損傷した
③	外部入力によって能動的に	動的機器	静的機器	24	運転モードの切替えを行う
④	差圧によって受動的に	静的機器	動的機器	12	炉心が損傷した
⑤	差圧によって受動的に	動的機器	静的機器	24	炉心が損傷した

Ⅲ-6 以下は、崩壊熱の発生メカニズムに係る記述である。□に入る語句又は数値の組合せとして、適切なものはどれか。

原子炉を一定時間運転した後に停止しても、核分裂生成物の放射性壊変による発熱が残留するため、停止後も炉心冷却が必要となる。

核分裂生成物の原子核がそこで安定なN/Z比よりもはるかに□ a □を含むため、これらの核は安定になるまで□ b □壊変を繰り返す。また、励起状態にある核はγ線を放出して基底状態になる。これらの過程に伴う物質との相互作用による発熱を核分裂生成物による崩壊熱と称す。これに加え、アクチニドによる崩壊熱がある。この崩壊熱は、原子炉停止後十数日までの短期的には、 ^{238}U の中性子捕獲により生成する ^{239}U 、 ^{239}Np の□ c □及びγ壊変に伴う物質との相互作用による発熱が主であり、より長期的には、超ウラン元素からの□ d □壊変に伴う物質との相互作用による発熱が主となる。

下図は原子炉を無限時間運転した後に停止した場合の運転出力に対する核分裂生成物による崩壊熱の比を示している。原子炉を熱出力100kWで23日間運転した後、2.8時間たった時点における崩壊熱の概算値は約□ e □Wである。ただし、有限の運転時間 t_0 で停止したのち、時間Tが経過した時点における崩壊熱の運転出力に対する割合 $P(t_0, T)$ は、 $P(\infty, T) - P(\infty, t_0 + T)$ で求められる。



(出典：H. W. グレイブス「核燃料管理の方法と解析」)

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>e</u>
①	多くの中性子	陽電子を放出する β^+	α	β	800
②	多くの中性子	陽電子を放出する β^+	β	α	1,000
③	少ない中性子	電子を放出する β^-	α	β	800
④	多くの中性子	電子を放出する β^-	β	α	800
⑤	少ない中性子	電子を放出する β^-	β	α	1,000

Ⅲ－7 電気出力1,000MWの原子力発電プラントが運転されている。原子炉から送られてタービンを駆動した後の蒸気は復水器で海水によって冷却されて水に戻り、原子炉に戻される。復水器に送り込まれている海水の取水温度が20℃、取水流量が70m³/s、プラントの熱効率を33%とした場合、復水器からの海水の放水温度はおよそ何℃か、最も近い数値を選べ。ただし、海水の比熱を4.2kJ/(kg・℃)とし、密度を1,000kg/m³とする。

- ① 30 ② 28 ③ 27 ④ 26 ⑤ 25

Ⅲ－8 中性子と物質の相互作用に関する次の記述のうち、適切なものはどれか。

- ① 核分裂の際に放出される中性子の数の平均値は、核分裂する核種に依存する。
 ② ²³⁵Uの微視的核分裂断面積は、1eV以下ではエネルギーが減少するにつれて中性子のエネルギーにほぼ反比例して増加する。
 ③ 入射中性子が標的核によって非弾性的に散乱された際、2番目の中性子が放出される(n, 2n)反応は、入射中性子のエネルギーが低いほど起こりやすい。
 ④ 中性子が物質の原子核と反応を起こす確率に、物質の原子密度を掛け合わせた量を巨視的断面積(マクロ断面積)といい、長さの2乗の次元をもっている。
 ⑤ 燃料温度が上昇すると、ドップラー効果で²³⁸Uの中性子吸収断面積の共鳴ピークが下がり、減速途中の中性子は共鳴に捕獲されにくくなる。

Ⅲ－9 軽水炉の中性子スペクトルなどに関する次の（ア）～（オ）の記述について、正しいものの組合せはどれか。

（ア） 高速エネルギー領域の中性子スペクトルは、主として核分裂スペクトルによって決定される。

（イ） ^{235}U の核分裂反応で発生する即発中性子は、平均エネルギー約10keVの高速中性子である。

（ウ） 共鳴エネルギー領域の中性子スペクトルは、 ^{238}U などの共鳴吸収による凹凸がみられるが、おおむね中性子の速さの逆数に比例する分布になっている。

（エ） 媒質の原子核と熱平衡状態にある中性子を熱中性子と呼び、中性子スペクトルはマクスウェル分布に近い形になる。

（オ） 中性子束は、中性子密度と中性子エネルギーの積で表される。

- ① （ア） と （ウ）
- ② （ア） と （エ）
- ③ （イ） と （ウ）
- ④ （イ） と （オ）
- ⑤ （エ） と （オ）

Ⅲ－10 軽水炉の核燃料サイクルに関する次の（ア）～（オ）の記述について、正しいものの組合せはどれか。

- （ア） 核燃料サイクルは、原子炉に燃料を供給するまでのフロントエンド、原子炉から取り出される使用済燃料の処理・処分を行うバックエンドから構成される。
- （イ） 遠心分離法による濃縮工程では、気体状のウラン化合物を遠心分離機に入れ、回転円筒の中心部から軽い分子が僅かに濃くなった気体を抜き出すという操作を何回も繰り返す。
- （ウ） 転換は UF_6 を濃縮処理に適した U_3O_8 に変換する工程であり、再転換は U_3O_8 を燃料ペレットに使われる UO_2 に変換する工程である。
- （エ） 使用済燃料中の核分裂生成物の大部分が含まれる高レベル放射性廃棄物のガラス固化には、リン酸ガラスが採用されている。
- （オ） 我が国におけるプルサーマルでは、使用済燃料を再処理して回収されたプルトニウムを濃縮ウランと混合してMOX燃料ペレットとし、軽水炉で利用している。

- ① （ア）と（イ）
- ② （ア）と（エ）
- ③ （イ）と（ウ）
- ④ （ウ）と（オ）
- ⑤ （エ）と（オ）

Ⅲ－11 次の記述の、に入る数値として、最も近い値はどれか。

ただし、 ^{235}U 原子1個の核分裂により発生するエネルギーを $200MeV$ 、 $1eV=1.6\times 10^{-19}J$ 、アボガドロ数を 6.0×10^{23} とする。また原油1リットル当たりの発熱量を 3.8×10^7J とする。

$1g$ の ^{235}U が全て核分裂した際に発生するエネルギーは、約リットルの、原油の燃焼により発生するエネルギーに相当する。

- ① 5×10^{-1}
- ② 2×10^0
- ③ 5×10^2
- ④ 2×10^3
- ⑤ 5×10^5

Ⅲ－12 我が国に導入されている加圧水型原子炉（PWR）と沸騰水型原子炉（BWR）の運転・制御に関する次の記述のうち、適切なものはどれか。

- ① PWRやBWRには自己制御性があり、これは主としてドップラー効果やボイド効果、減速材温度効果による、反応度変化を促進する効果である。
- ② PWRでは、主に炭化ホウ素を中性子吸収材とした制御棒（制御棒クラスタ）を用いて、燃焼に伴う反応度変化を補償する。
- ③ BWRでは、主に冷却材に混ぜるホウ素濃度を調整するケミカルシムによって、燃焼に伴う反応度変化を補償する。
- ④ BWRで用いられる燃料集合体に導入されているウォーターロッドには、核分裂反応が起こりにくい燃料集合体断面中央部での、中性子減速効果を高める役割がある。
- ⑤ BWRでは、再循環流量を調整することにより、炉心内の冷却材の密度変化に伴う中性子吸収の変化を利用して、原子炉の出力を制御することができる。

Ⅲ－13 軽水炉における ^{235}U の核分裂反応に関する次の記述のうち、適切なものはどれか。

- ① 核分裂収率は、1つの核分裂反応で生成される核種の生成確率であり、その総和は1.0である。
- ② ^{235}U の核分裂反応で発生する遅発中性子の割合は、 ^{239}Pu の核分裂反応での遅発中性子の割合より小さい。
- ③ ^{135}Xe と ^{149}Sm は、核分裂生成物の中でも特に熱中性子吸収の効果が大きく、顕著な毒作用を与える核種である。
- ④ 高速中性子による核分裂反応で生成される核種の質量数は、110から125の範囲で最も多くなる。
- ⑤ 核分裂反応で発生するエネルギーの中で、核分裂生成物の運動エネルギーが占める割合は10%未満である。

Ⅲ-14 核燃料に関する次の（ア）～（オ）の記述について、誤っているものの組合せはどれか。

（ア）天然に存在する ^{235}U の数は、主に自発核分裂によって減少している。

（イ）入射中性子のエネルギーが高くと、 ^{238}U は核分裂することがある。

（ウ）天然に存在するトリウムには、核分裂性核種が含まれている。

（エ）天然に存在するウランに含まれる ^{238}U は、親物質と呼ばれる。

（オ） ^{235}U の半減期は約7億年であり、 ^{238}U の半減期よりも短い。

- ① （ア）と（ウ）
- ② （ア）と（エ）
- ③ （イ）と（ウ）
- ④ （イ）と（オ）
- ⑤ （エ）と（オ）

Ⅲ-15 粒子加速器に関する次の記述のうち、適切なものはどれか。

- ① シンクロトロンは、静電場を用いて粒子を加速する。
- ② ファン・デ・グラーフ型加速器は、高周波を用いて粒子を加速する。
- ③ リニアックは、高周波を用いて粒子を加速する。
- ④ マイクロトロンは、静電場を用いて粒子を加速する。
- ⑤ サイクロトロンは、静電場を用いて粒子を加速する。

Ⅲ-16 次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 中性子の質量は、陽子の質量より大きい。
- ② 原子番号は、原子核内の陽子数に等しい。
- ③ 質量数が等しい核種を同重体という。
- ④ 陽子数が等しく、中性子数が異なる核種を、同位体という。
- ⑤ 陽子、中性子、電子を総称して核子という。

Ⅲ-17 単色エネルギーの光子と物質との相互作用の結果、放出される放射線（二次過程を含む。）のエネルギースペクトルに関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 電子対生成で放出される陽電子は、線スペクトルである。
- ② 電子対生成で放出される陽電子が、運動エネルギーをほぼ失って軌道電子と合体・消滅した際に放出される光子は、線スペクトルである。
- ③ 光電効果の二次過程で放出される特性X線は、線スペクトルである。
- ④ 光電効果で放出される光電子は、線スペクトルである。
- ⑤ コンプトン効果で放出される反跳電子は、連続スペクトルである。

Ⅲ-18 ${}^3\text{H}$ は β^- 壊変により ${}^3\text{He}$ になる。 64GBq の ${}^3\text{H}$ の1時間当たりの発熱量 [J] に最も近い値はどれか。ただし β^- 線の平均エネルギーは 5.7keV 、 $1\text{eV}=1.6\times 10^{-19}\text{J}$ とする。

- ① 0.1
- ② 0.2
- ③ 0.5
- ④ 1
- ⑤ 2

Ⅲ-19 次の記述の□に入る数値として最も適切なものはどれか。ただし電子の静止質量エネルギーを 0.51MeV とする。

加速電圧 1.2MV の静電型加速器を用いて電子を加速した。加速後の電子の質量は、静止質量の約□倍となる。なお、加速後の電子の質量は、電子の運動エネルギーと電子の静止質量の和となる。

- ① 1.0
- ② 2.2
- ③ 2.4
- ④ 3.4
- ⑤ 4.0

Ⅲ-20 放射線の利用に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① プラスチックやゴムへの放射線照射による架橋反応を利用して、タイヤの強化が行われている。
- ② γ 線照射により突然変異が誘発されることを利用して、茎が倒れにくい稲や黒斑病に耐性を示す梨などの新品種が育成された。
- ③ 人工増殖したオスの害虫に γ 線を照射して不妊化させたのち、羽化した成虫を野外に放飼することによって害虫を根絶する試みが行われた。
- ④ 日本では、全ての食品への放射線照射が認可されている。
- ⑤ 医療用具の滅菌処理に放射線が利用されている。

Ⅲ-21 中性子検出法に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① ${}^3\text{He}$ 比例計数管は、 ${}^3\text{He}(\text{n}, \text{p}){}^3\text{H}$ 反応を利用して中性子を検出している。
- ② $\text{LiI}(\text{Eu})$ シンチレータは、 ${}^6\text{Li}(\text{n}, \alpha){}^3\text{H}$ 反応を利用して中性子を検出している。
- ③ 核分裂計数管は、 ${}^{235}\text{U}$ などの核分裂物質の中性子吸収に伴い起きる核分裂を利用して中性子を検出している。
- ④ 反跳陽子比例計数管は、高速中性子の弾性散乱により生じる反跳粒子を利用して中性子を検出している。
- ⑤ 放射化法では、物質が中性子を吸収する際に放出される即発 γ 線を計測することにより中性子を検出している。

Ⅲ-22 次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 荷電粒子の速度が物質中で光の速さより速い場合に発生する光を、放射光という。
- ② 光子が電子と粒子のように衝突して散乱することを、コンプトン散乱という。
- ③ 光子が軌道電子にエネルギーを与え、軌道電子が原子から飛び出す現象を、光電効果という。
- ④ 原子核の近傍で光子が消滅して、電子と陽電子の1対を同時に発生することを、電子対生成という。
- ⑤ 荷電粒子が原子核によって散乱されることを、ラザフォード散乱という。

Ⅲ-23 核種に関する次の(A)～(E)の記述について、誤っているものの組合せはどれか。

- (A) ${}^3\text{H}$ は、半減期が約12年で、天然には大気上層の核反応で生成する。
- (B) ${}^{90}\text{Sr}$ は、半減期が約29年で、骨に沈着する。
- (C) ${}^{131}\text{I}$ は、半減期が約60日で、甲状腺がんの治療に利用される。
- (D) ${}^{137}\text{Cs}$ は、半減期が約30年で、一般的に β 線源として利用される。
- (E) ${}^{239}\text{Pu}$ は、半減期が約2万4千年で、原子炉内で生成する。

- ① (A)と(B)
- ② (C)と(D)
- ③ (A)と(E)
- ④ (B)と(C)
- ⑤ (D)と(E)

Ⅲ-24 炭素の同位体に関する次の記述のうち、適切なものはどれか。

- ① ^{14}C は、天然には ^{14}N から (p, n) 反応で生成する。
- ② ^{14}C は、大気中では主として $^{14}\text{CO}_2$ として存在する。
- ③ ^{13}C は、 β 線を放出する放射性核種で、炭素のトレーサーに用いられる。
- ④ 地球上に存在する ^{14}C の量は、時間とともに緩やかに減少している。
- ⑤ ^{14}C は、 β^+ 壊変し安定な ^{14}N となる。

Ⅲ-25 核医学診断に利用されている $^{99\text{m}}\text{Tc}$ に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 親核種の ^{99}Mo は、 ^{235}U の核分裂反応又は ^{98}Mo の中性子捕獲反応により製造される。
- ② $^{99\text{m}}\text{Tc}$ は、 ^{99}Mo の β^- 壊変により生成する。
- ③ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ は、核異性体転移により安定核種である ^{99}Tc に壊変する。
- ④ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ は141keVの γ 線を放出し、シングルフォトン放射断層撮影 (SPECT) に利用される。
- ⑤ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ を使用する際には、 ^{99}Mo を吸着させたカラム (ジェネレータ) から抽出させる。

Ⅲ-26 放射線の人体影響には確率的影響と確定的影響があるが、これらに関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 確定的影響では、被ばく線量が増加すると一般的に症状が重くなる。
- ② 造血障害と奇形は、確定的影響に分類される。
- ③ 確率的影響は、放射線防護上は線量のしきい値がないとされている。
- ④ 脱毛と不妊症は、確定的影響に分類される。
- ⑤ 遺伝的な影響は、確定的影響に分類される。

Ⅲ-27 同一の計数条件で試料と標準物質の放射能をそれぞれ測定した。バックグラウンドを差し引くと、試料は 5200 ± 26 cpm、標準物質は 1300 ± 13 cpmであった。試料と標準物質の放射能の比と比の誤差として、最も近い値はどれか。

- ① 4.000 ± 0.011
- ② 4.000 ± 0.022
- ③ 4.000 ± 0.045
- ④ 4.000 ± 0.067
- ⑤ 4.000 ± 0.089

Ⅲ-28 厚さ2.4cmの鉛で作られたしゃへい容器の中心に、37GBqの ^{60}Co 密封線源が収納されている。この容器の中心から2mの位置で30分間作業する場合、予想される被ばく線量 [μSv] に最も近い値はどれか。

ただし、 ^{60}Co の実効線量率定数は $0.31 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{m}^2$ 、鉛の ^{60}Co に対する半価層は、1.2cmとする。

- ① 3.6 ② 36 ③ 180 ④ 360 ⑤ 720

Ⅲ-29 次の記述のうち、原子力発電所の安全を規制する法律である原子炉等規制法（核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律）に定められていないものはどれか。

- ① 発電用原子炉を設置しようとする者は、政令で定めるところにより、原子力規制委員会の許可を受けなければならない。
- ② 発電用原子炉施設の設置又は変更の工事をしようとする発電用原子炉設置者は、原子力規制委員会規則で定めるところにより、当該工事に着手する前に、その設計及び工事の方法その他の工事の計画について原子力規制委員会の認可を受けなければならない。
- ③ 発電用原子炉設置者は、原子力規制委員会規則で定めるところにより、保安規定を定め、発電用原子炉施設の設置の工事に着手する前に、原子力規制委員会の認可を受けなければならない。
- ④ 発電用原子炉設置者は、原子力規制委員会規則で定めるところにより、設置又は変更の工事をする発電用原子炉施設について検査を行い、その結果を記録し、これを保存しなければならない。
- ⑤ 発電用原子炉設置者は、発電用原子炉施設にて使用する放射性同位元素のうち、政令で定める数量を超えるものは、原子力規制委員会の許可を受けなければならない。

Ⅲ－30 1人が1年間に消費する電力に伴って発生する高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の量〔cm³〕に最も近い値はどれか。ただし、計算に当たっての条件は以下のとおりとする。

- ・総発電量に対する原子力発電量の割合：50%
- ・原子燃料の燃焼度：4.5×10⁴MW・日/MTU
- ・年間の発電量：1.2×10⁴億kWh
- ・人口：1.2億人
- ・発電効率：33%
- ・ガラス固化体の発生量：1.3本/MTU
- ・ガラス固化体の1本の体積：1.5×10⁵cm³

① 3 ② 6 ③ 9 ④ 12 ⑤ 15

Ⅲ－31 原子力施設における核物質等の管理に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 「保障措置」とは、「核物質及び放射性同位元素が平和利用に限定され、核兵器等に転用されないことを担保する検認活動」をいう。
- ② 「計量管理」とは、「事業者が施設に出入りする核物質の量をその都度正確に測定するとともに、施設内の核物質の在庫量を適時に把握し、核物質の収支を確認すること」をいう。
- ③ 「二国間原子力協力協定」とは、「供給国と受領国との間で締結され、核物質及びその他の特定資材、設備及び技術の供給に関する条件を含んだ原子力平和利用の分野における協力を規定する協定」をいう。
- ④ 「核物質防護」とは、「原子力施設への妨害破壊行為及び使用、貯蔵、輸送中の核物質の盗取や妨害破壊行為から核物質や施設を守るための対策」をいう。
- ⑤ 「核セキュリティ」とは、「核物質のみならず、放射性同位元素を含む全ての放射性物質を対象とした核テロ対策を含む防護措置」をいう。

Ⅲ－32 110万kWの原子力発電所と同じ出力を有する水力発電所の数として、最も適切なものはどれか。ただし、水力発電所の仕様は以下のとおりとする。

- ・平均流量：10万ton・h⁻¹
- ・有効落差：100m
- ・水車の効率と発電機の効率：それぞれ90%
- ・重力加速度：9.8m・s⁻²

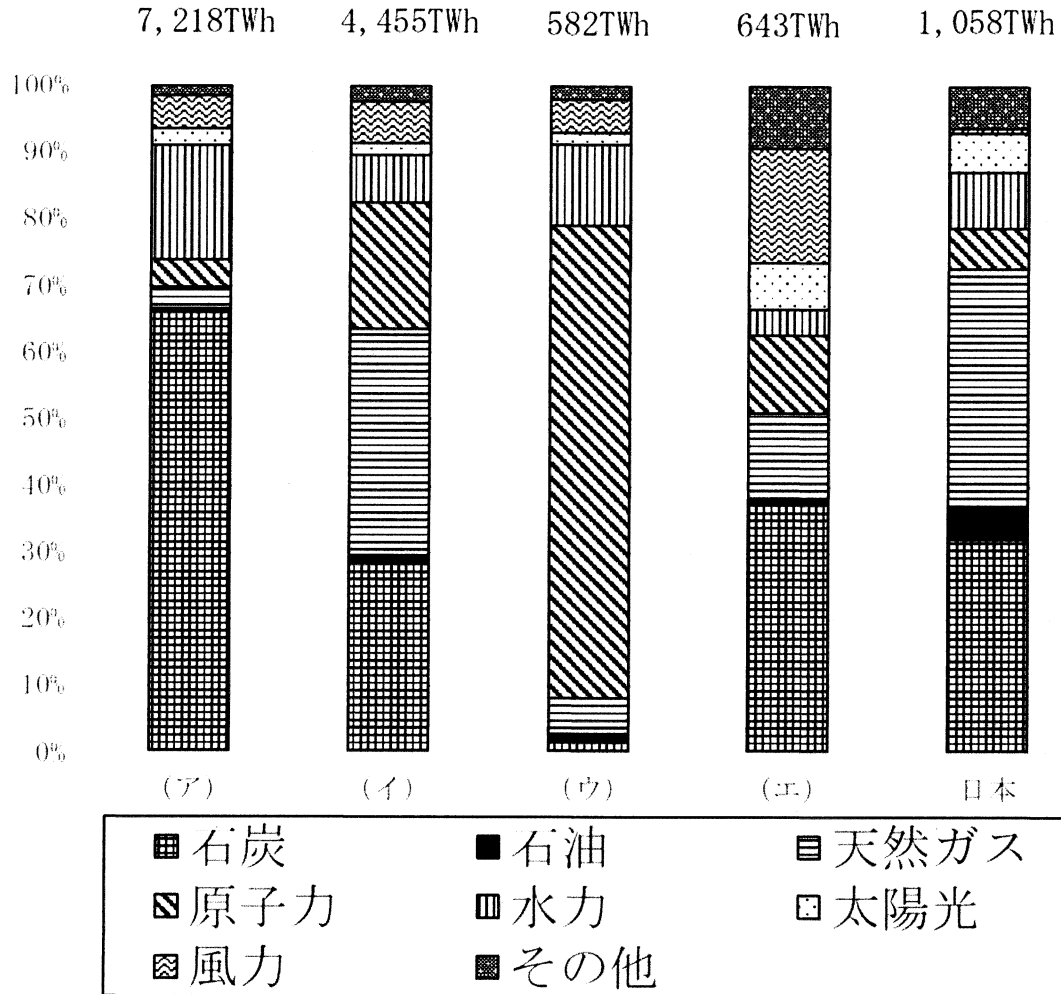
① 25 ② 50 ③ 75 ④ 100 ⑤125

Ⅲ－33 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2020年12月25日、経済産業省策定）の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 2050年カーボンニュートラルを実現するうえで不可欠な重点分野ごとに、（1）年限を明確化した目標、（2）研究開発・実証、（3）規制改革・標準化などの制度整備、（4）国際連携、などを盛り込んだ「実行計画」を策定し、関係省庁が一体となって、取り組んでいく。
- ② 水素ステーションに関する規制改革、再エネが優先して入るような系統運用ルールの見直し、自動車の電動化推進のための燃費規制の活用やCO₂を吸収して造るコンクリート等の公共調達等について検討し、需要の創出と価格の低減につなげていく。
- ③ 再生可能エネルギーについては、調整力の確保、送電容量の確保、慣性力の確保、自然条件や社会制約への対応、コスト低減といった課題に対応し、全ての電力需要を100%再生可能エネルギーで賄うようあらゆる政策を総動員していく。
- ④ 火力については、CO₂回収を前提とした利用を、選択肢として最大限追求していく。世界的にも、アジアを中心に、火力は必要最小限、使わざるを得ない。水素発電は、選択肢として最大限追求していく。
- ⑤ 2050年カーボンニュートラルに向けては、温室効果ガス排出の8割以上を占めるエネルギー分野の取組が特に重要となる。

Ⅲ-34 2018年の国別総発電電力量と電源別比率のうち、正しいものの組合せはどれか。

2018年の総発電電力量と電源別の比率



- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|----|------|------|-----|
| ① | 米国 | 中国 | ロシア | ドイツ |
| ② | 中国 | 米国 | フランス | ドイツ |
| ③ | 中国 | 米国 | フランス | カナダ |
| ④ | 中国 | ロシア | フランス | ドイツ |
| ⑤ | 米国 | イギリス | フランス | カナダ |

Ⅲ－35 我が国における高レベル放射性廃棄物の最終処分場の選定にかかる以下の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 高レベル放射性廃棄物の最終処分場の立地は、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」に基づき、(1) 文献調査、(2) 概要調査、(3) 精密調査の3段階を経て選定される。
- ② 「科学的特性マップ」は、火山活動や断層活動といった自然現象の影響や、地下深部の地盤の強度や地温の状況など地層処分に関する地域の科学的特性を、既存の全国データに基づき一定の要件・基準に従って客観的に整理し、全国地図の形で示すものである。
- ③ 文献調査においては、地域別に整備されている地質図などの文献・データ、地質などに関する学術論文などを収集、整理し、地層の著しい変動等、施設建設地としての不適切な地層状況がないかを確認する。
- ④ 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」では最終処分場選定のための法定要件の1つとして、経済的に価値が高い鉱物資源に関する記録が存在しない場所を選定することとなっている。
- ⑤ 高レベル放射性廃棄物の放射能は長く残存するため、それが人間の生活環境に影響を及ぼさなくなるまで、数万年といった長期間にわたり最終処分場を維持・管理していく必要がある。