

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 ウラン中の熱中性子の平均自由行程 [cm] に最も近い値はどれか。

ただし、ウランの微視的散乱断面積は8.90barn ($1\text{barn} = 1 \times 10^{-24}\text{cm}^2$)、微視的吸収断面積は7.59barnとする。また、ウランの原子量は238、密度は $19.1\text{g}/\text{cm}^3$ 、アボガドロ数は 6.02×10^{23} とする。

- ① 0.63 ② 0.80 ③ 1.26 ④ 2.33 ⑤ 2.73

Ⅲ-2 次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 核分裂性核種には誘起核分裂するものと、原子炉を起動するための中性子源である ^{252}Cf のように自発核分裂するものがある。
- ② 核分裂中性子は、核分裂により放出される2～3個程度の中性子だが、そのエネルギー分布は10MeV付近にピークを持つ連続スペクトルの形を示す。
- ③ 商業用軽水炉では、 ^{235}U の割合を4%程度に高めた燃料が使用されているが、燃料の寿命末期まで積算すると、燃料内で発生した総核分裂数の約1/3は ^{239}Pu 、 ^{241}Pu からの寄与である。
- ④ 回収可能な核分裂エネルギーは、核分裂片の運動エネルギー、核分裂で即座に発生する γ 線のエネルギー、核分裂中性子の運動エネルギー、核分裂片の崩壊によって発生する β 線、 γ 線で、 ^{235}U の場合200MeV程度である。
- ⑤ η 値(中性子再生率)は、その核種が中性子を1個吸収した時に放出される核分裂中性子の期待値を表したもので、 10^5eV 以上のエネルギーを持つ高速中性子に対する η 値は ^{235}U より ^{239}Pu の方が大きい。

Ⅲ－３ 我が国の発電用軽水炉の燃料設計及び燃料製造に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 燃料ペレットは、燃料の細かい粉末を成型し、次に研削して寸法と形状を整え、最後に高温で焼結して製造される。
- ② 燃料棒の内部には、燃料ペレットと被覆管の間の熱伝導をよくするために、熱伝導率の大きいヘリウムを封入している。
- ③ 燃料ペレットの密度は、核分裂反応により発生するガスを燃料ペレットの中に保持することができるように、理論密度の約95%としている。
- ④ 燃料ペレットは、全数について外観検査を行い、合否を判定する。
- ⑤ 燃料被覆管にはジルコニウム合金が用いられており、加圧水型軽水炉（PWR）と沸騰水型軽水炉（BWR）では成分の異なる合金が用いられている。

Ⅲ－４ 半径 r の球体容器を満たしたときにちょうど臨界となる、均一な組成のウラン溶液について考える。このウラン溶液を、底面の半径が r の円柱体容器に、1回に球体容器体積の $1/2$ ずつ入れていった場合、最初に超臨界状態になるのは何回目か。

ただし、バックリングは下表に示すものを用い、容器の厚み、外挿距離は r 、 h に比べて小さく無視できるとする。

形状	寸法	バックリング
球体	半径 r	$\left(\frac{\pi}{r}\right)^2$
有限の高さの 円柱体	半径 r 高さ h	$\left(\frac{2.405}{r}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{h}\right)^2$

- ① 1回目 ② 2回目 ③ 3回目 ④ 4回目 ⑤ 5回目

Ⅲ－５ 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、 UO_2 燃料の温度の上昇に伴い ^{238}U の共鳴吸収の確率が増加して、熱エネルギー領域まで減速する中性子が減る効果である。
- ② ドップラー反応度効果は、 UO_2 燃料の場合は顕著で、温度上昇に対して瞬時に働く。
- ③ ボイド反応度効果は、減速材密度の減少で、中性子を減速する効果が弱くなり、熱中性子が減る効果である。
- ④ 沸騰水型軽水炉では、過渡事象によって原子炉内の圧力が増すと反応度が低下し、出力が減少する。
- ⑤ 加圧水型軽水炉では、冷却材は、温度が上がると密度が下がるため、減速材温度反応度係数が負である。

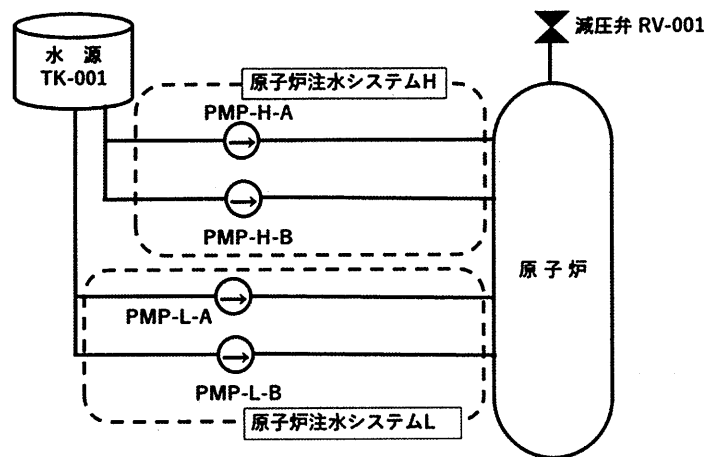
Ⅲ－６ 我が国の年間総発電電力量を10,000億kWhとし、そのうち原子力発電の割合を22%とする。原子力発電所の運転によって発生する使用済燃料は、再処理工場で再処理されるとする。ここで、原子力発電所の熱効率は34%、再処理工場では毎年640 t が再処理されるとする。取出平均燃焼度[MWd/t]をいくらより大きくすれば、再処理されずに中間貯蔵しなければならない燃料がゼロとなるか。次のうち最も近い値はどれか。

- ① 40,000 ② 42,000 ③ 44,000 ④ 46,000 ⑤ 48,000

Ⅲ－7 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、最も不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2.0である。
- ② ^{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。
- ③ ^{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大きい。
- ④ 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80%以上である。
- ⑤ 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。

Ⅲ－８ 問題図 1 は、架空の原子炉注水システムの簡略系統図であり、原子炉が定格圧力近傍にあっても注水可能な原子炉注水システムHと注水のためには原子炉の減圧（減圧弁の開放による）が必要となる原子炉注水システムLで構成されている。原子炉注水システムHと原子炉注水システムLは水源TK-001を共用している。原子炉注水システムHの成功基準はPMP-H-AとPMP-H-Bのいずれか1台による注水成功である。同様に、原子炉注水システムLの成功基準はPMP-L-AとPMP-L-Bのいずれか1台による注水成功である。



問題図 1 原子炉注水システムH及びLの簡略系統図

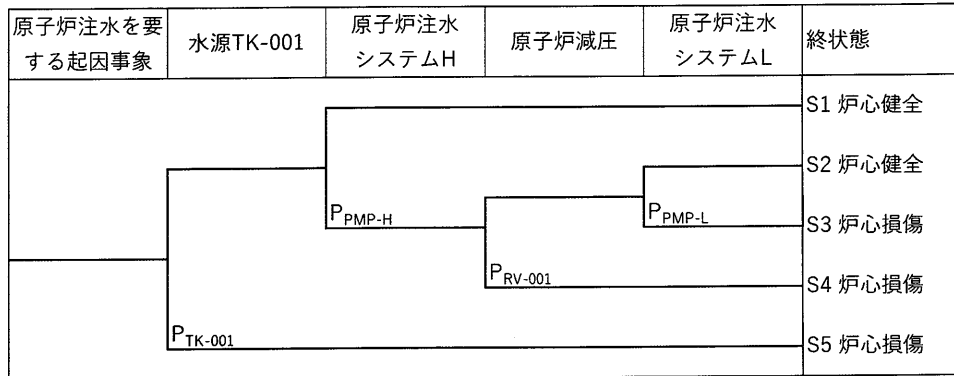
当該原子炉注水システムを構成する機器の故障確率を問題表 1 に示す。

問題表 1 機器の故障確率

項目	記号	確率
水源TK-001の破損又は閉塞	P_{TK-001}	3.3×10^{-6}
原子炉注水システムH機能喪失	P_{PMP-H}	1.2×10^{-5}
原子炉注水システムL機能喪失	P_{PMP-L}	1.2×10^{-5}
減圧弁開失敗	P_{RV-001}	4.2×10^{-4}

当該システムの故障による炉心損傷シーケンスを展開したイベントツリーを問題図 2 に示す。炉心損傷シーケンスS3, S4, S5について、問題表 1 を用いて、条件付炉心損傷確率（起因事象発生確率を1.0とした場合の炉心損傷確率）を計算し、条件付炉心損傷確率の高い順に並べた場合、最も適切な選択肢はどれか。ここで、イベントツリーの各下分岐（失敗分岐）には、対応する問題表 1 の記号が示されている。また、問題図 2 の各ヘディングは互いに独立であるとし、電源等のサポート系との従属性は考慮しない。

なお、問題表 1 に示すとおり、各機器の故障確率は1.0と比較して極めて小さいため、問題図 2 のイベントツリーの上分岐（成功）確率は1.0としてよい（すなわち、 $1-P \approx 1$ を仮定してよい）。



問題図 2 原子炉注水システム故障による炉心損傷イベントツリー

- ① S3 > S4 > S5
- ② S4 > S5 > S3
- ③ S5 > S3 > S4
- ④ S5 > S4 > S3
- ⑤ S4 > S3 > S5

同様に、 ^{135}Xe の平衡濃度 X_∞ は、(2)式の左辺を0（ゼロ）として(3)式を代入し、(4)式のように求まる。

$$X_\infty = \boxed{\text{b}} \quad (4)$$

熱中性子束 ϕ で長時間原子炉を運転した後、原子炉が停止した場合を考える。原子炉停止後の時間を T とすると、 ^{135}Xe の濃度 X は(5)式に従う。

$$\left(\frac{dX}{dT}\right) = \lambda_I I - \lambda_X X \quad (5)$$

ゆえに、原子炉停止直後の時間を $T = 0$ （ゼロ）とすると、原子炉停止直後に ^{135}Xe の濃度が上昇する条件は、 ^{135}I の平衡濃度 I_∞ と ^{135}Xe の平衡濃度 X_∞ を用いて、(6)式となる。

$$\left(\frac{dX}{dT}\right)_{T=0} = \lambda_I I_\infty - \lambda_X X_\infty \quad \boxed{\text{c}} \quad 0 \quad (6)$$

(6)式に(3)式と(4)式を代入して整理すると、原子炉停止直後に ^{135}Xe の濃度が上昇するための熱中性子束の条件(7)式が得られる。

$$\phi \quad \boxed{\text{c}} \quad \boxed{\text{d}} \quad (7)$$

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>
①	β^-	$\frac{(\gamma_I + \gamma_X)\Sigma_f \phi}{\lambda_X \left(1 + \frac{\sigma_X \phi}{\lambda_X}\right)}$	<	$\frac{\gamma_X}{\gamma_I} \cdot \frac{\lambda_X}{\sigma_X}$
②	β^+	$\frac{(\gamma_I + \gamma_X)\Sigma_f \phi}{\left(1 + \frac{\sigma_X \phi}{\lambda_X}\right)}$	>	$\frac{\gamma_I}{\gamma_X} \cdot \frac{\lambda_I}{\sigma_X}$
③	β^-	$\frac{(\gamma_I + \gamma_X)\Sigma_f \phi}{\lambda_X \left(1 + \frac{\sigma_X \phi}{\lambda_X}\right)}$	>	$\frac{\gamma_X}{\gamma_I} \cdot \frac{\lambda_X}{\sigma_X}$
④	β^+	$\frac{[(\gamma_I + \gamma_X)\Sigma_f - \sigma_X] \phi}{\lambda_X}$	>	0
⑤	β^-	$\frac{(\gamma_I + \gamma_X)\Sigma_f \phi}{\left(1 + \frac{\sigma_X \phi}{\lambda_X}\right)}$	<	$\frac{\gamma_I}{\gamma_X} \cdot \frac{\lambda_I}{\sigma_X}$

III-10 次の記述の に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

原子炉の強制対流熱伝達係数は a の関数として表すことができる。 a は流体の物理的性質と流れの動的な性質を示す無次元数であり、 b とレイノルズ数の関数である。

b はNavier-Stokesの式の ∇^2 項の係数 (c 係数に相当) の熱伝導方程式の ∇^2 項の係数 (d 係数に相当) に対する比である。

レイノルズ数は流体の e の f に対する比 (e / f) である。

- | | <u>a</u> | <u>b</u> | <u>c</u> | <u>d</u> | <u>e</u> | <u>f</u> |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ① | ヌッセルト数 | プラントル数 | 熱拡散 | 運動量の拡散 | 慣性力 | 粘性力 |
| ② | プラントル数 | ヌッセルト数 | 運動量の拡散 | 熱拡散 | 粘性力 | 慣性力 |
| ③ | プラントル数 | ヌッセルト数 | 運動量の拡散 | 熱拡散 | 慣性力 | 粘性力 |
| ④ | ヌッセルト数 | プラントル数 | 熱拡散 | 運動量の拡散 | 粘性力 | 慣性力 |
| ⑤ | ヌッセルト数 | プラントル数 | 運動量の拡散 | 熱拡散 | 慣性力 | 粘性力 |

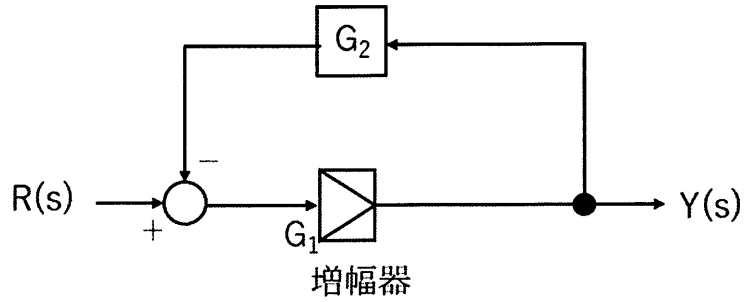
III-11 次の記述の に入る式又は数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

問題図1はフィードバック制御系のブロック線図の例である。

G_1 のゲインを k (定数) とし、 G_2 はPID制御要素とする。

P (比例要素)、 I (積分要素)、及び D (微分要素) が並列接続である場合、 G_2 の開ループ伝達関数は a となる。ここで、 K_p 、 K_I 、 K_D は各制御要素のゲイン (定数) とする。 $k=2$ 、 $K_p=2$ 、 $K_I=3$ 、 $K_D=0.5$ とすると、システムの閉ループ伝達関数 $G(s)$ は、 $G(s)=$ b となる。

このシステムに $R(s)$ として単位ステップ関数を入力すると、 $Y(s)=$ c となる。これに対してラプラス逆変換をすると、システム応答は $y(t)=$ d となる。ここで、ラプラス逆変換に際しては、問題表1を参照してよい。



問題図1 フィードバック制御系ブロック線図

問題表1 ラプラス変換表

$f(t)$	$\mathcal{L}[f(t)] = F(s)$
1	$\frac{1}{s}$
t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
$\delta(t)$	1
$e^{\alpha t}$	$\frac{1}{s - \alpha}$
$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$e^{-\alpha t} \cos \omega t$	$\frac{(s + \alpha)}{(s + \alpha)^2 + \omega^2}$
$e^{-\alpha t} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s + \alpha)^2 + \omega^2}$

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>
①	$K_P K_I K_D$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7} \delta(t)$
②	$K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$	$\frac{2s}{s^2 + 5s + 6}$	$2 \left[\frac{1}{s+2} - \frac{1}{s+3} \right]$	$2 [e^{-2t} - e^{-3t}]$
③	$K_P K_I K_D$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7s}$	$\frac{2}{7}$
④	$K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$	$\frac{2s}{s^2 + 5s + 6}$	$2 \left[\frac{3}{s+3} - \frac{2}{s+2} \right]$	$2 [3e^{-3t} - 2e^{-2t}]$
⑤	$K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$	$\frac{2}{s^2 + 5s + 6}$	$\frac{1}{3} \left[\frac{1}{s} - \frac{3}{s+2} + \frac{2}{s+3} \right]$	$\frac{1}{3} [1 - 3e^{-2t} + 2e^{-3t}]$

Ⅲ-12 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制基準の考え方について」（令和4年12月14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、最も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1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。

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

Ⅲ-13 次の記述の に入る数値として、最も近いものはどれか。

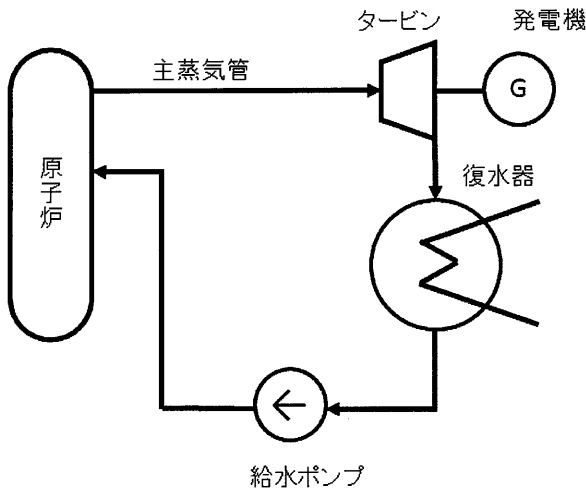
使用済燃料プール中の使用済燃料の残留熱（崩壊熱）を除去する。プールの水を熱交換器に送り、この熱を全て対向流型の熱交換器を用いて二次側の水で冷却する。系統は定常状態にあるとする。熱交換器の一次側（プール側）の入口温度を60℃、出口温度を30℃とする。また、二次側の水の入口温度を20℃、出口温度を30℃とする。このときの熱交換器の除熱量は である。

ここで、熱交換器の熱通過率を $1.0\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ 、伝熱面積を 30m^2 とする。水の比熱と熱通過率は温度によらず一定とし、 $\log_e 2 = 0.69$ 及び $\log_e 3 = 1.1$ とする。また、有効温度差の修正係数は1.0とする。

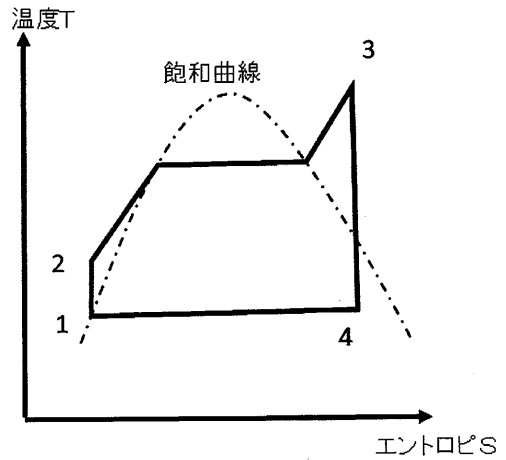
- ① 400kW ② 450kW ③ 500kW ④ 550kW ⑤ 600kW

Ⅲ-14 次の記述の に入る語句，式又は数値の組合せとして，最も適切なものはどれか。

原子力発電所（軽水炉）の熱力学サイクルは a と呼ばれる。簡易化のため，給水加熱（再生）及び湿分分離（再熱）を無視した場合の a の構成概要図を問題図1に示す。また，これに対応するT-S線図を問題図2に示す。



問題図1 構成概要図



問題図2 T-S線図

問題図2の1～4の各状態のエンタルピを各々 $h_1 \sim h_4$ とすると， a の熱効率 η は次式となる。ここで，給水ポンプの仕事は原子炉からの入熱量やタービンの仕事に比べて極めて小さいとする。

$$\eta = \frac{\text{b}}{\text{a}}$$

即ち，図2の状態 c のエンタルピを高めるほど，また，状態 d のエンタルピを低減するほど，熱効率 η は e する。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>e</u>
①	ブレイトンサイクル	$(h_3 - h_4) / (h_3 - h_1)$	3	4	増加
②	カルノーサイクル	$(h_3 - h_4) / (h_2 - h_1)$	4	2	減少
③	ランキンサイクル	$(h_3 - h_4) / (h_3 - h_1)$	3	4	増加
④	ブレイトンサイクル	$(h_3 - h_1) / (h_3 - h_4)$	4	3	増加
⑤	ランキンサイクル	$(h_3 - h_1) / (h_3 - h_4)$	3	1	減少

Ⅲ-15 次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 水素原子核が中性子を捕獲し、このとき電磁波が放出された。
- ② 中性子と水素原子核が弾性散乱を行い、このとき電磁波が放出された。
- ③ 軌道電子捕獲が起きた後、生じた内殻の空位を外殻電子が埋め、このとき電磁波が放出された。
- ④ 高速電子が原子核のクーロン場によって散乱され、このとき電磁波が放出された。
- ⑤ 陽電子が物質中で軌道電子と合体・消滅し、このとき電磁波が放出された。

Ⅲ-16 有効体積 400cm^3 の空気等価電離箱を γ 線照射場に置いたところ、 $1.5 \times 10^{-10}\text{A}$ の電離電流が測定された。この場合の γ 線照射場の照射線量率 $[\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}]$ に最も近い値はどれか。ただし、空気の密度を $1.2 \times 10^{-3}\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ とする。

- ① 1.6×10^{-9}
- ② 3.1×10^{-7}
- ③ 1.9×10^{-5}
- ④ 2.6×10^{-4}
- ⑤ 1.1×10^{-3}

Ⅲ-17 β 壊変に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 広義の β 壊変では β^- 壊変、 β^+ 壊変、及び原子核が軌道電子を捕獲して陽子が中性子に壊変する電子捕獲がある。
- ② β^+ 壊変では、原子核から陽電子が放出されて陽子数が1つ減少するため、原子番号が1つ減少する。
- ③ β^+ 壊変では、原子核から陽電子が放出されるため、壊変後の原子の質量は、壊変前の原子の質量よりも電子1個分小さくなる。
- ④ β^- 壊変では、原子核から電子が放出されて陽子数が1つ増加するため、原子番号が1つ増加する。
- ⑤ β^- 壊変では、 β^- 線と同時にニュートリノが放出されるため、 β^- 線のエネルギースペクトルは連続分布となる。

Ⅲ-18 次に示す放射線検出器に関する検出原理と検出器の組合せのうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 一次電離 — 電離箱（気体）
- ② 蓄積誘導放射 — 熱ルミネッセンス線量計
- ③ 液滴形成 — 霧箱
- ④ 熱発生 — カロリメータ
- ⑤ 酸化還元反応 — アラニン線量計

Ⅲ-19 中性子検出器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。
- ② 反跳陽子比例計数管は、高速中性子の弾性散乱で生じる反跳陽子による電離を利用して中性子を検出している。
- ③ 核分裂計数管は、 ^{235}U などの核分裂性物質に対する中性子照射で生じる核分裂片を利用して中性子を検出している。
- ④ LiI (Eu) シンチレータは、 ${}^6\text{Li (n, } \alpha\text{)} {}^3\text{H}$ 反応を利用して中性子を検出している。
- ⑤ ${}^3\text{He}$ 比例計数管は ${}^3\text{He (n, p)} {}^3\text{H}$ 反応を利用して中性子を検出している。

Ⅲ-20 鉛のみによって構成された遮蔽体に囲まれた NaI (Tl) シンチレーション検出器を用いて ^{137}Cs から放出される放射線を測定した。その場合に得られる波高スペクト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 662keVの全吸収ピークが観察される。この全吸収ピークは光電効果による寄与がほとんどを占める。
- ② コンプトンスペクトルが観察される。これは検出器に入射した γ 線がコンプトン散乱を起こした場合であり、コンプトン電子の最大エネルギーに対応するコンプトン端が観察される。
- ③ 後方散乱ピークが観察される。これは、鉛遮蔽体等検出器外においてコンプトン散乱を起こした γ 線が検出器に入射し検出されたものである。
- ④ Baの特性X線ピークが観察される。これは ^{137}Cs の電子捕獲に伴うBaの特性X線に対応するピークである。
- ⑤ Pbの特性X線ピークが観察される。これは検出器の鉛遮蔽体において γ 線が光電効果を起こし、そこから放出された特性X線が検出されたものである。

Ⅲ-21 放射線の遮蔽に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① α 線源として実際に利用されている放射性物質から放出される α 線のエネルギーはほぼ0.5MeV程度である。
- ② β 線が物質に入射すると、質量が小さいので原子により散乱され進行方向が変わる。このような中で最も深く進行した場合の距離が最大飛程である。したがって、 β 線の最大飛程より厚い物質であれば β 線を阻止することができる。
- ③ γ 線と物質との相互作用には、光電効果、コンプトン散乱、電子対生成があり、原子番号が大きい物質ほど原子断面積は大きくなる。よって γ 線の遮蔽には原子番号の大きな物質が用いられる。
- ④ 熱中性子の場合、反応断面積が非常に大きい ^{10}B (n, α) 反応があり、反応で生じるのは α 線だけなので容易に物質中で止まる。このため熱中性子は ^{10}B を含んだ物質により効果的に遮蔽できる。
- ⑤ 高速中性子は水素との弾性散乱によって効率的に減速することができる。したがって、水素を含んだポリエチレン、コンクリートなどが遮蔽に多く用いられる。

Ⅲ-22 ^{238}U を重量比0.1%で含んだ鉱石がある。この鉱石1トン中に存在する ^{226}Ra の質量 [g] に最も近い値はどれか。ただし、 ^{238}U (半減期45億年) と ^{226}Ra (半減期1600年) は永続平衡にあるものとする。

- ① 9.5×10^2 ② 3.6×10^{-1} ③ 3.4×10^{-4} ④ 3.6×10^{-7} ⑤ 3.4×10^{-7}

Ⅲ-23 $0.3 \mu\text{g}$ のNaClが付着した試料を原子炉で7.5時間照射した時の ^{24}Na (半減期15時間) の放射能 [Bq] で最も近い値はどれか。 ^{23}Na の熱中性子捕獲断面積は0.53barn (1barn = $1 \times 10^{-24}\text{cm}^2$)、照射位置での熱中性子束は $1.0 \times 10^{13}\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ とする。また、NaとClの原子量はそれぞれ23, 35, アボガドロ数は 6.02×10^{23} とし、試料自体にNaは含まれないものとする。

- ① 0.82 ② 4.8 ③ 8.2 ④ 4.8×10^3 ⑤ 8.2×10^3

Ⅲ-24 放射能濃度 $2.0\text{Bq}/\text{cm}^3$ のトリチウムを含んだ水を毎日1リットル、10日間飲水したときの内部被ばく線量 (預託実効線量) [μSv] に最も近い値はどれか。ただし、経口摂取によるトリチウムを含んだ水の実効線量係数を $1.8 \times 10^{-8}\text{mSv}/\text{Bq}$ 、トリチウムの物理学的半減期を12年、生物学的半減期を10日とする。

- ① 1.8×10^{-5} ② 1.8×10^{-4} ③ 3.6×10^{-4} ④ 0.18 ⑤ 0.36

Ⅲ-25 加速器に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① リニアック、サイクロトロン及びシンクロトロンでは、高周波電場を用いて、荷電粒子を加速する。
- ② コッククロフト・ウォルトン型加速器では、ペレットチェーンや絶縁性のベルトを用いて、地上電位部から高電圧部に電荷を機械的に輸送することで、高電圧を発生する。
- ③ バンデグラフ型加速器では、コンデンサーと整流器を組合せた倍電圧整流回路により、高電圧を発生する。
- ④ サイクロトロンでは、荷電粒子の加速に合わせて磁場強度を強くすることにより、固定の周回軌道を実現する。
- ⑤ シンクロトロンでは、等時性（一様な磁場中を運動する荷電粒子の円運動周波数は、非相対論的エネルギー域では、エネルギーに依存しない性質）を利用する。

Ⅲ-26 次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 金属が陽イオンになろうとする傾向の順番をイオン化傾向といい、イオン化傾向の大きな金属は酸化されやすい。
- ② 原子核の周りをまわる電子が、他の負電荷粒子（ π^- 、 μ^- 等）に置き換えられた特異な原子系をエキゾチックアトムという。
- ③ 4f軌道に電子が充填されていくfブロック元素で、AcからLrまでの15元素を総称してアクチノイド系列という。
- ④ 第一鉄イオン（ Fe^{2+} ）が第二鉄イオン（ Fe^{3+} ）に酸化される原子数が放射線量に比例することを利用して線量を測定する線量計をフリッケ線量計という。
- ⑤ 原子核反応あるいは原子核壊変によって生成した高励起状態原子をホットアトムという。

Ⅲ-27 放射線の利用に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 海外では、殺菌のために、香辛料への放射線照射が行われている。
- ② 日本では、滅菌のために、化粧品の原料や容器、マスク等の衛生用品への放射線照射は認められているが、注射針等の医療機器への照射は認められていない。
- ③ ゴムに電子線を照射することにより、強度を増しつつ、精度良く成形した高品質なラジアルタイヤが製造されている。
- ④ γ 線照射によって不妊化した害虫を大量に野外に放つことにより、交尾しても子孫が生まれぬ確率をあげ、沖縄県ではウリミバエの根絶が行われた。
- ⑤ γ 線照射により多様な突然変異体を作り出し、その中から有用な性質を持つものを選抜することにより、黒斑病に強いナシなどの新品種が作り出された。

Ⅲ-28 放射線の人体的影響には確率的影響と確定的影響（組織反応）があるが、これらに関する次の記述のうち、最も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 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。
- ③ 造血障害と奇形は、確定的影響に分類される。
- ④ 遺伝的影響は、確定的影響に分類される。
- ⑤ 脱毛と不妊症は、確定的影響に分類される。

Ⅲ-29 原子力利用の基本的な考え方は「原子力基本法（令和5年6月7日施行）」の第一条及び第二条に示されている。これらの条文について、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

（目的）

第一条 この法律は、原子力の研究、開発及び利用を推進することによって、将来におけるaを確保し、並びに学術の進歩、産業の振興及びbを図り、もって人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに寄与することを目的とする。

（基本方針）

第二条 原子力利用は、平和の目的に限り、安全の確保を旨として、cな運営の下に、自主的にこれを行うものとし、そのdし、進んで国際協力に資するものとする。

2 前項の安全の確保については、確立された国際的な基準を踏まえ、国民の生命、健康及び財産の保護、eの保全並びに我が国の安全保障に資することを目的として、行うものとする。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>e</u>
①	国産エネルギー	地球温暖化の防止	民主的	成果を公開	環境
②	国産エネルギー	脱炭素社会の実現	民主的	成果を普及	原子力施設
③	エネルギー資源	脱炭素社会の実現	平和的	利益を共有	原子力施設
④	エネルギー資源	地球温暖化の防止	平和的	利益を共有	原子力施設
⑤	エネルギー資源	地球温暖化の防止	民主的	成果を公開	環境

Ⅲ－30 我が国の放射性廃棄物の処理・処分に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① クリアランスとは、物質中に含まれる微量の放射性物質に起因する線量が自然界の放射線レベルに比較して十分小さく、人の健康に対するリスクが無視できることから、極めて放射能レベルが低い放射性物質として、原子力関連施設で再利用することをいう。
- ② トレンチ処分とは、原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物のうち、炉心から遠い位置から出る極めて放射能レベルが低い廃棄物を処分する方法であり、50年程度の管理期間を経た後は、一般的な土地利用が可能となる。
- ③ 原子力発電所の運転に伴い発生する低レベル放射性廃棄物のうち、炉心から遠い位置から出る比較的放射能レベルが低い廃棄物は、浅い地中に設置したコンクリート製のピットに処分するピット処分が行われている。
- ④ 原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物のうち、原子炉の炉内構造物や制御棒の比較的放射能レベルが高い廃棄物は、地下70メートル以深に中深度処分することになっている。
- ⑤ 原子力発電所から発生した使用済燃料の再処理に伴い発生する放射能レベルの高い廃液は、高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）として、地下300メートル以深に地層処分することになっている。

Ⅲ－31 核セキュリティに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 核セキュリティとは、「核物質、その他の放射性物質、その関連施設及びその輸送を含む関連活動を対象にした犯罪行為又は故意の違反行為の防止、探知及び対応」のことをいう。
- ② 2001年9月11日の米国同時多発テロ事件を契機として、原子力施設自体に対するテロ攻撃や、核物質やその他の放射性物質を用いたテロ活動の脅威等に対処するための対策強化が求められている。
- ③ 国際原子力機関（IAEA）は、核物質や放射性物質の悪用が想定される脅威を、核兵器の盗取、盗取された核物質を用いた核爆発装置の製造、放射性物質の発散装置の製造、原子力施設や放射性物質の輸送等に対する妨害破壊行為に分類している。
- ④ 原子力事業者等は、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基づき、原子力施設に対する妨害破壊行為や核物質の盗取等を防止するために講じた対策について、保障措置としてIAEAの査察を受け入れている。
- ⑤ 我が国では、原子力施設における内部脅威対策（個人の信頼性確認の実施及び防護区域内における監視装置の設置）の強化に加え、サイバーセキュリティ対策の継続的な改善等に係る制度整備が進められている。

Ⅲ-32 以下は「GX実現に向けた基本方針～今後10年を見据えたロードマップ～」(令和5年2月, 経済産業省)のうち「原子力の活用」の一部である。□の中に入る言葉の正しい組合せはどれか。

エネルギー基本計画を踏まえて原子力を活用していくため, 原子力の安全性向上を目指し, 新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設に取り組む。そして, 地域の理解確保を大前提に, 廃炉を決定した原発の敷地内での次世代革新炉への建て替えを対象として, 六ヶ所再処理工場の竣工等の□ a □問題の進展も踏まえつつ具体化を進めていく。(中略)あわせて, 安全性向上等の取組に向けた必要な事業環境整備を進めるとともに, 研究開発や人材育成, サプライチェーン維持・強化に対する支援を拡充する。また, 同志国との国際連携を通じた研究開発推進, 強靱なサプライチェーン構築, 原子力安全・核セキュリティ確保にも取り組む。

既存の原子力発電所を可能な限り活用するため, 現行制度と同様に, 「運転期間は□ b □年, 延長を認める期間は□ c □年」との制限を設けた上で, □ d □による厳格な安全審査が行われることを前提に, 一定の停止期間に限り, 追加的な延長を認めることとする。

	a	b	c	d
① トランジション		30	20	原子力安全推進協会
② バックエンド		50	10	原子力安全委員会
③ バックエンド		40	20	原子力規制委員会
④ トランジション		50	20	原子力規制委員会
⑤ バックエンド		40	10	原子力安全推進協会

Ⅲ-33 国別一次エネルギー総供給量 (TPES), CO₂排出量, 発電電力量に占める原子力発電の割合及び再生可能エネルギー発電の割合, 並びに商業用原子力発電所設備容量について, 下表に示された国の最も適切な組合せはどれか。

CO₂排出量は2021年, 原子力発電所設備容量は2024年1月, 発電電力量に占める原子力発電の割合及び再生可能エネルギー発電の割合は2022年 (OECD加盟国) 又は2021年 (OECD非加盟国) のデータである。

国名	A	B	C	日本
TPES (PJ)	6,436	8,864	89,858	16,400
CO ₂ 排出量 (MtCO ₂)	321	292	4,549	998
発電電力量に占める原子力発電の割合 (%)	14.7%	62.0%	17.9%	5.5%
発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合 (%)	39.9%	26.2%	21.3%	22.5%
原子力発電所設備容量 (GW)	6.5	64.0	101.3	33.1

- | | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>C</u> |
|---|----------|----------|----------|
| ① | 英国 | フランス | 米国 |
| ② | インド | フランス | 中国 |
| ③ | 英国 | ベルギー | 中国 |
| ④ | ロシア | スペイン | 米国 |
| ⑤ | ロシア | スペイン | インド |

Ⅲ-34 第6次エネルギー基本計画（2021年10月閣議決定）においては電力部門に求められる取組として、「全ての電力需要を100%単一種類のエネルギー源で賄うことは困難であり、（中略）様々な選択枝を追求していくことが必要となる。」と記されている。

電源の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 石油は、平時のみならず緊急時のエネルギー供給に貢献するエネルギーとして、引き続き、国民生活・経済活動に不可欠なエネルギー源である。
- ② 天然ガスは化石燃料の中で温室効果ガスの排出が最も少なく、発電では、コージェネレーションシステムも含めて再生可能エネルギーの調整電源の中心的な役割を果たしている。
- ③ 揚水式水力については、運転コストが低くベースロード電源として、一般水力（流れ込み式）については、再生可能エネルギーの導入拡大に当たっても必要な調整電源として重要な役割が期待される。
- ④ 太陽光は、個人を含めた需要家に近接したところでの自家消費や地産地消を行う分散型エネルギーリソースとして、レジリエンスの観点でも活用が期待される。
- ⑤ 原子力は優れた安定供給性と効率性を有しており、運転コストが低廉で変動も少なく、運転時には温室効果ガスの排出もないことから、安全性の確保を大前提に、長期的なエネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源である。

Ⅲ-35 電力を原子力発電所と、熱効率54.5%の液化天然ガス（LNG）火力発電所により供給している地域において、LNG火力発電所による給電のうち10万kWを原子力発電所による給電に置き換えた際の30日間のCO₂排出量の削減量に最も近い値はどれか。条件は以下の通りとし、原子力発電所からのCO₂排出量は無視できるものとする。

LNGの炭素排出係数：炭素換算で13.87gC/MJ

1 kWh=3.60MJ

- ① 3,600炭素換算トン
- ② 6,600炭素換算トン
- ③ 36,000炭素換算トン
- ④ 66,000炭素換算トン
- ⑤ 360,000炭素換算トン