

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 中性子による $^{235}\text{U}$ の核分裂に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 核分裂で発生する中性子数は、入射中性子のエネルギーが変化しても変わらない。
- ② 核分裂で発生する中性子のエネルギーは、平均で約1 MeVである。
- ③ 熱中性子による核分裂では、質量数が110～125の核分裂生成物の生成が最も多い。
- ④ 核分裂生成物は、 $\alpha$ 壊変するものが多い。
- ⑤ 核分裂で発生するエネルギーの大部分は、核分裂片の運動エネルギーである。

Ⅲ－2 低濃縮ウランを燃料とする熱中性子炉において、核分裂で発生した中性子が減速して熱中性子となり、核分裂性物質に吸収されて再び核分裂するまでの中性子のサイクルにおいて、実効増倍率 $k$ は6因子公式( $k = P_f P_t \epsilon p f \eta$ )で表される。ここで、 $P_f$ は高速中性子として体系から洩れない確率、 $P_t$ は熱中性子として体系から洩れない確率、 $\epsilon$ は高速核分裂因子、 $p$ は共鳴を逃れる確率、 $f$ は熱中性子利用率、 $\eta$ は中性子再生率である。次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 燃料温度上昇により $p$ は小さくなる。
- ② 無限大の体系での中性子増倍率は、 $\epsilon p \eta$ で表される。
- ③  $\epsilon$ は1である。
- ④ 燃料中の $^{238}\text{U}$ の濃度が高いほど、 $p$ は一般に大きくなる。
- ⑤ 核燃料に吸収された熱中性子のうち核分裂反応を起こす割合が $\eta$ である。

Ⅲ－3 原子炉の動特性に重要な役割を果たす遅発中性子に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 遅発中性子は、遅発中性子先行核の $\beta$ 壊変に伴い発生する。
- ② 核分裂における遅発中性子割合は、 $^{235}\text{U}$ より $^{239}\text{Pu}$ が小さい。
- ③ 原子炉の運転中に発生する遅発中性子数は、全発生中性子数の1%未満である。
- ④ 一定出力時に、遅発中性子割合と同じ大きさ(1ドル)の反応度を添加すると即発臨界状態になる。
- ⑤  $^{235}\text{U}$ の核分裂では、遅発中性子先行核の半減期は5秒以下である。

Ⅲ－４ 原子炉の熱出力は、核分裂により発生する熱と崩壊熱の合計である。発電用原子炉が定格熱出力（3,000MW）で長時間運転されていたあとで制御棒が挿入されて、核分裂により発生する熱が急激に400MWまで降下した。このあと、核分裂により発生する熱が80秒の負のペリオドで低下していく場合、4分後の原子炉の熱出力として、最も近い値はどれか。なお、4分後の崩壊熱を90MWとする。また、 $e^{-1}=0.37$ 、 $e^{-2}=0.14$ 、 $e^{-3}=0.050$ 、 $e^{-4}=0.018$ 、 $e^{-5}=0.0067$ とする。

- ① 90MW    ② 100MW    ③ 110MW    ④ 150MW    ⑤ 250MW

Ⅲ－５ 原子炉燃料に用いられるウランに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ①  $^{235}\text{U}$ の半減期は、 $^{238}\text{U}$ の半減期より長く、約45億年である。  
② 二酸化ウランの結晶構造は、螢石型の面心立方構造である。  
③ 天然ウランに含まれる $^{235}\text{U}$ の重量パーセントは約0.7%である。  
④ 金属ウランの融点は約1,130℃だが、二酸化ウランの融点は2,800℃以上である。  
⑤ 六フッ化ウランは約56℃で気体になるため、ウラン濃縮工程で用いられる。

Ⅲ－６ 超ウラン元素に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。なお、超ウラン元素のうち、プルトニウムを除く元素をマイナーアクチニドという。

- ① 天然ウランの大部分を占める $^{238}\text{U}$ が中性子を捕獲すると $^{239}\text{U}$ を生成するが、その後 $\beta^-$ 壊変を繰り返し、 $^{239}\text{Np}$ を経て $^{239}\text{Pu}$ に変わる。  
② 混合酸化物燃料に含まれる $^{241}\text{Pu}$ は核分裂性核種で、半減期が約14年である。 $^{241}\text{Pu}$ の $\beta^-$ 壊変によって、核分裂性核種ではない $^{241}\text{Am}$ が生成される。  
③ 使用済燃料中の超ウラン元素には $^{237}\text{Np}$ 、 $^{243}\text{Am}$ などの長寿命の核種が多く、高レベル放射性廃棄物の地層処分時の長期安全性評価に影響を及ぼす。  
④ 再処理で回収されるプルトニウムの同位体組成は、軽水炉での燃料燃焼度が増加するにつれて高次同位体の割合が増加し、核分裂性プルトニウムの割合が増加する。  
⑤ マイナーアクチニドはそれ自身が発熱体であるため、再処理で回収すれば高レベル放射性廃棄物の発生量の削減に加えて高レベル放射性廃棄物からの発熱量の低下につながる。

Ⅲ－ 7 燃焼度45, 000MWd/tの使用済燃料に含まれる廃棄物（核分裂生成物）の重量パーセントに最も近い値はどれか。ただし、ウランなどの1核分裂当たりの発生エネルギーを200MeVとする。また、 $1\text{ eV}=1.6\times 10^{-19}\text{ J}$ 、アボガドロ数は $6.02\times 10^{23}$ である。

- ① 45%      ② 20%      ③ 9%      ④ 4.5%      ⑤ 3%

Ⅲ－ 8 沸騰水型軽水炉（BWR）及び加圧水型軽水炉（PWR）の設計に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① BWRでは、濃縮度の異なる燃料棒を用いた燃料集合体内の濃縮度分布の適切な設定、ウォーターロッドの使用などによって、燃料集合体内部で平坦なボイド率分布が得られるようにしている。
- ② BWRでは、炉心上部における冷却材の高いボイド率による無限増倍率の低下を補うため、炉心下部のウラン濃縮度を炉心上部より高くすることにより、炉心高さ方向の出力分布を平坦化する工夫がなされている。
- ③ BWRでは、新たに装荷する燃料集合体の一部に、MOX燃料ペレットを充填した燃料棒を使用することにより、運転サイクル初期の余剰反応度を小さくするとともに、運転中の反応度の変化を小さくしている。
- ④ PWRの反応度制御は、クラスタ型制御棒の操作及び一次冷却材中のホウ素濃度調整によって行う。必要に応じてバーナブルポイズンも用いられる。クラスタ型制御棒の主な役割は、燃料の燃焼に伴う反応度変化など比較的緩やかな反応度変化の制御である。
- ⑤ PWRでは、炉心内での沸騰がほとんどないこと、クラスタ型制御棒の採用、ホウ素濃度調整による反応度制御などの炉心設計の特徴に起因して、ガドリニア入り燃料ペレット等を用いる場合を除いて、燃料集合体内では濃縮度分布を持たせる必要はない。

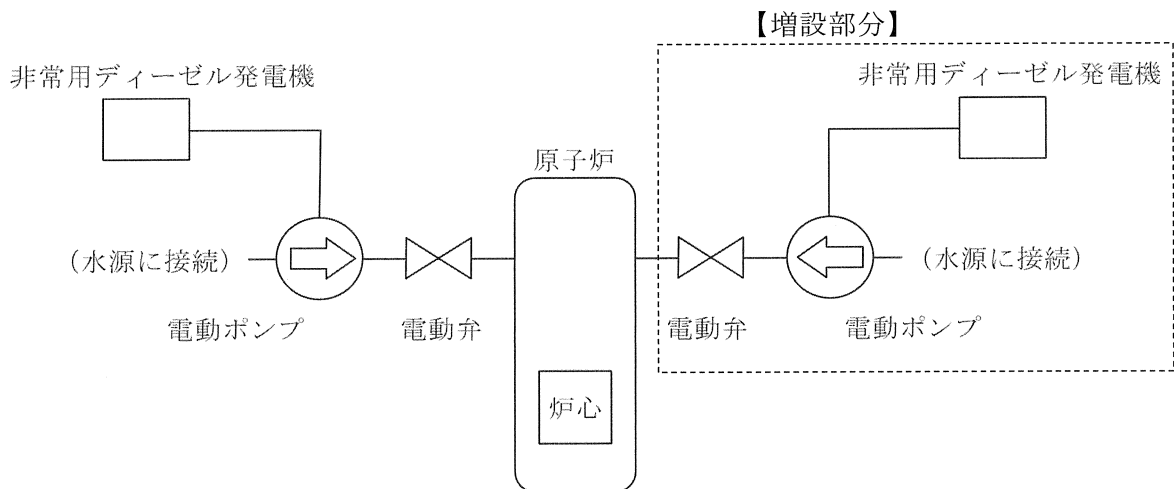
Ⅲ－９ 我が国の発電用原子炉施設の安全設計に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 多重性とは、同一の機能を有する同一の性質の系統又は機器が2つ以上あることである。
- ② フェイルセーフ設計とは、誤操作又は誤動作を防止するために、ある所定の条件を満たさなければ系統又は機器が作動しないようにした設計をいう。
- ③ 多様性とは、同一の機能を有する異なる性質の系統又は機器が2つ以上あることである。
- ④ 原子炉冷却材圧力バウンダリとは、原子炉施設のうち、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、圧力障壁となる部分をいう。
- ⑤ 設計基準事故とは、発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって、当該状態が発生した場合には原子炉施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべきものをいう。

Ⅲ－10 冷却材喪失事故が発生した場合に、非常用ディーゼル発電機を電源として、待機している電動ポンプを起動し、通常時は閉鎖している電動弁を開いて、冷却水を原子炉へ直接注入できる非常用炉心冷却系が1系統用意されている原子炉に、同一の系統を増設して2系統とする場合（下図参照）を想定する。2系統の非常用炉心冷却系は分離独立し、共通原因故障はないものと仮定する。非常用炉心冷却系の信頼度を支配する要素としては、非常用ディーゼル発電機、電動ポンプ、電動弁のみを考え、これらのいずれか1つでも作動に失敗すれば、当該非常用炉心冷却系は原子炉への注水機能を達成できないものとする。ここで、機器の作動失敗はすべて互いに独立した事象とし、作動失敗の確率を次のように仮定する。

- ・非常用ディーゼル発電機の起動失敗の確率  $3.0 \times 10^{-3}$
- ・電動ポンプの起動失敗の確率  $4.0 \times 10^{-3}$
- ・電動弁の開動作失敗の確率  $2.5 \times 10^{-3}$

2系統の非常用炉心冷却系を有する原子炉への注水に失敗する確率は、増設する前の1系統のみを有する場合に比べて、何分の1に減少するか。次のうち、最も近い値はどれか。



- ① 100分の1
- ② 100分の3
- ③ 100万分の3
- ④ 1億分の1
- ⑤ 1億分の3

Ⅲ－11 我が国の軽水炉の構造材料及び高経年化対策に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 原子炉圧力容器の材料は、運転中に中性子照射を受けるため、中性子照射脆化に対する抵抗性を持つことが求められる。そのため、監視試験（サーベイランス試験）を実施して脆化の度合いを把握している。
- ② 炉内機器の材料は、中性子照射による材料特性の経時的変化、誘導放射能の生成、照射環境下の冷却水中における耐食性等を考慮して選定される必要がある。軽水炉の炉内機器の構造材は大半がオーステナイト系ステンレス鋼である。
- ③ 配管は圧力境界を構成するため、強度、靱性及び冷却水中における耐食性が求められる。特に、炉心の冷却材が流れる配管の材料には、これらについて優れた特性を示す材料が求められる。
- ④ 配管の減肉現象の1つとして知られる液滴衝撃エロージョンは、水単相流若しくは管壁に液膜が形成されるような水－蒸気二相流の流動条件において、壁面近傍の流れにより物質移動が促進されて腐食が加速する減肉現象である。
- ⑤ 高経年化に係る技術評価における重要な事象として、低サイクル疲労、中性子照射脆化、照射誘起型応力腐食割れ、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装設備の絶縁低下、コンクリートの強度低下及び遮へい能力低下の6事象が挙げられる。

Ⅲ－12 様々な型式の原子炉に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 我が国で開発された新型転換炉「ふげん」は、減速材と冷却材に重水を用いる重水減速沸騰重水冷却の圧力管型原子炉で、燃料の一部にMOX燃料が使用された。この原子炉の運転は終了している。
- ② カナダで開発されたCANDU炉は、重水減速重水冷却の圧力管型原子炉で、加圧水型軽水炉と同様に蒸気発生器を有する。燃料には天然ウランを濃縮することなく使用することができる。
- ③ 旧ソビエト連邦で開発されたRBMK炉は、重水減速沸騰軽水冷却の圧力管型原子炉で、チェルノブイル原子力発電所における炉心溶融事故以降、RBMK炉の新規建設計画は全て中止になった。
- ④ 我が国で建設された高速増殖炉「もんじゅ」では、沸点が高い金属ナトリウム（大気圧で沸点約880℃）が冷却材に用いられたが、一次主冷却系配管の熱クリープによる損傷を抑えるため、一次冷却系の温度は400℃以下に抑えられた。
- ⑤ 我が国初の商業用原子炉は、黒鉛減速ガス冷却型炉で、冷却材にはヘリウムガスが使用された。この原子炉は、1998年に営業運転を終了し、現在は廃止措置が進められている。

Ⅲ－13 原子炉熱出力が3,450MWの加圧水型軽水炉において、燃料集合体数を193体、燃料集合体当たりの燃料棒の本数を264本、炉心の有効高さを4 mとする。炉心入口冷却材温度を563Kとすると、炉心出口における冷却材温度 [K] に最も近い値はどれか。なお、燃料棒1本当たりの冷却材流量を $0.33\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ 、冷却材の定圧比熱を $5.5\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ とする。

- ① 570      ② 580      ③ 590      ④ 600      ⑤ 610

Ⅲ－14 我が国の軽水炉の使用済燃料は、再処理工場へ搬出するまでの間、原子力発電所の使用済燃料プール（あるいは使用済燃料ピット）に保管され、一部は、キャスクと呼ばれる専用の容器に収納され、貯蔵建屋等において貯蔵される。使用済燃料の保管・貯蔵に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 使用済燃料プールには、使用済燃料からの崩壊熱を除去し、プール水を適切な水質に維持することができるよう、プール水の浄化冷却設備が設置されている。
- ② 同一敷地内の原子炉間で、使用済燃料プールの余裕が少ない号機から余裕がある号機の使用済燃料プールへ使用済燃料を運搬する、プールの共用化が行われることがある。
- ③ 使用済燃料プールは、使用済燃料の間の距離を適切に取ることなどによって、臨界に対して十分な余裕を持たせる設計となっている。
- ④ 使用済燃料の貯蔵に用いられる金属キャスクは、放射性物質の閉じ込め、放射線の遮へい、臨界防止、除熱の4つの安全機能を有する。
- ⑤ 使用済燃料の貯蔵に用いられるキャスクには、金属キャスクとコンクリートキャスクの2種類があり、我が国では、この2種類のキャスクが実用化されている。

Ⅲ－15 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、最も不適切なものはどれか。

- ① 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。
- ② 光電効果で放出される光電子は、線スペクトルである。
- ③ 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。
- ④ 電子対生成で放出された陽電子が、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。
- ⑤ 電子対生成で放出される陽電子は、線スペクトルである。

Ⅲ－16 我が国の放射線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 医療用具等の殺菌や滅菌に、放射線が利用されている。
- ② 全ての果物・穀類の発芽防止に、放射線が利用されている。
- ③ 放射線を利用して、植物や微生物の品種改良が行われている。
- ④ 沖縄県では、ウリミバエの再侵入防止のため、放射線を利用して不妊化させた成虫を野外に放飼する事業が行われている。
- ⑤ 自動車用タイヤの品質向上に、放射線が利用されている。



Ⅲ-17 次の(ア)～(エ)の加速器のうち、荷電粒子の加速に主として静電場を利用しているものの組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) シンクロトロン
- (イ) ファン・デ・グラーフ型(バンデグラフ型)加速器
- (ウ) 線形加速器
- (エ) コッククロフト・ワルトン型加速器

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

Ⅲ-18 水中でチェレンコフ光を発することができる電子の最低運動エネルギーに最も近い値はどれか。ただし、真空中の光の速さを $3.00 \times 10^8 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、水中の光の速さを $2.26 \times 10^8 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、電子の静止質量エネルギーを $0.51 \text{MeV}$ とする。

- ①  $0.27 \text{MeV}$
- ②  $0.38 \text{MeV}$
- ③  $0.52 \text{MeV}$
- ④  $0.75 \text{MeV}$
- ⑤  $0.78 \text{MeV}$

Ⅲ-19 原子番号 $Z$ 、中性子数 $N$ の中性原子の放射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。ただし、原子番号 $Z$ 、中性子数 $N$ の中性原子の質量を $M(Z, N)$ 、電子の静止質量を $m_e$ とし、軌道電子の結合エネルギー、壊変に伴い放出されるニュートリノ、及び反ニュートリノは、壊変に伴う質量変化には寄与しないものとする。

- ①  $M(Z, N) > M(Z-2, N-2) + M(2, 2)$  であれば $\alpha$ 壊変が起こり得る。
- ②  $M(Z, N) > M(Z+1, N-1)$  であれば $\beta^-$ 壊変が起こり得る。
- ③  $M(Z, N) > M(Z-1, N+1) - m_e$  であれば電子捕獲壊変が起こり得る。
- ④  $M(Z, N) > M(Z-1, N+1) + 2m_e$  であれば $\beta^+$ 壊変が起こり得る。
- ⑤ 核異性体転移では、 $Z$ と $N$ は変化しない。

Ⅲ－20 空気等価壁で作られた有効体積1,000mlの空洞空気電離箱を $\gamma$ 線場に置いたところ、 $3.0 \times 10^{-12}$ Aの電離電流が得られた。この $\gamma$ 線場の空気吸収線量率 [ $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ] に最も近い値はどれか。ただし、空気の密度を $1.2 \times 10^{-3} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、空気のW値（1個のイオン対を生成するのに費やされる平均のエネルギー）を34eV、素電荷を $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ とする。

- ①  $1 \times 10^{-26}$     ②  $5 \times 10^{-23}$     ③  $9 \times 10^{-8}$     ④  $9 \times 10^{-5}$     ⑤  $3 \times 10^{-4}$

Ⅲ－21 放射線の医療・医学分野における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 放射線療法は、外科手術、化学療法とともに、がん治療において重要な手法である。  
② ポジトロン断層撮影法では、 $^{18}\text{F}$ で標識したブドウ糖などの放射性医薬品を体内へ注射する。  
③ ホウ素中性子捕捉療法では、 $^{10}\text{B}$ と中性子の核反応によって放出される $\alpha$ 粒子と $^7\text{Be}$ 原子核を用いて、がん細胞を破壊する。  
④ ホウ素中性子捕捉療法のための中性子源には、原子炉や小型加速器が利用される。  
⑤ 放射線診療が適切に行われるように、医療の現場において、放射線物理の専門家として関与する医療職を医学物理士という。

Ⅲ－22 放射化学に関連する用語に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ①  $^{90}\text{Sr}$ と共存する無担体の $^{90}\text{Y}$ の溶液をpH9にし、ろ紙でろ過すると $^{90}\text{Y}$ がろ紙上に捕集される。このような化学的挙動をする $^{90}\text{Y}$ のことをラジオコロイドという。  
② 放射線照射によって生じたフリーラジカルの反応性を高めるために加える物質を、ラジカルスカベンジャーという。  
③ 非常に低い濃度の放射性核種に対しても、通常の化学操作が有効に適用できるようにするために加える物質をキャリアーという。  
④ 親核種と娘核種が放射平衡で共存している系から娘核種を化学的に分離し、再び放射平衡成立後繰り返し娘核種を分離する方法をミルクキングという。  
⑤ 放射性核種をトレーサーとして使用できない場合に、安定同位体をトレーサーとして用い、これを放射化分析で定量する方法をアクチバブルトレーサー法という。

Ⅲ－23  $^{131}\text{I}$ を含む100mlの $\text{I}_2$ 水溶液がある。50mlの有機溶媒による1回の抽出で、水溶液中に存在した $^{131}\text{I}$ の95%を有機溶媒に抽出した。この溶媒抽出操作の分配比の値に最も近い値はどれか。

ただし、分配比＝（有機溶媒中のヨウ素の濃度）／（水溶液中のヨウ素の濃度）である。

- ① 9.5      ② 19      ③ 38      ④ 76      ⑤ 95

Ⅲ－24  $^{235}\text{U}$ の核分裂で生じる $^{90}\text{Kr}$ （希ガス）は、 $\beta^-$ 壊変を4回繰り返して安定な $^{90}\text{Zr}$ となる。 $^{90}\text{Kr}$ から $^{90}\text{Zr}$ までの壊変で経過する核種を順に並べて書いたものとして、最も適切なものはどれか。

- ①  $^{90}\text{Kr} \rightarrow ^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Rb} \rightarrow ^{90}\text{Y} \rightarrow ^{90}\text{Zr}$   
②  $^{90}\text{Kr} \rightarrow ^{90}\text{Y} \rightarrow ^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Rb} \rightarrow ^{90}\text{Zr}$   
③  $^{90}\text{Kr} \rightarrow ^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y} \rightarrow ^{90}\text{Rb} \rightarrow ^{90}\text{Zr}$   
④  $^{90}\text{Kr} \rightarrow ^{90}\text{Rb} \rightarrow ^{90}\text{Y} \rightarrow ^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Zr}$   
⑤  $^{90}\text{Kr} \rightarrow ^{90}\text{Rb} \rightarrow ^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y} \rightarrow ^{90}\text{Zr}$

Ⅲ－25 人体組織である小腸、筋肉、肝臓、神経細胞及び骨髄（造血幹細胞）を放射線感受性の高い順に並べたとき、最も適切なものはどれか。

ただし、 $A > B > C$ は、放射線感受性がA、B、Cの順で高いことを示している。

- ① 骨髄（造血幹細胞）>小腸>肝臓>筋肉>神経細胞  
② 骨髄（造血幹細胞）>小腸>肝臓>神経細胞>筋肉  
③ 骨髄（造血幹細胞）>肝臓>小腸>筋肉>神経細胞  
④ 小腸>骨髄（造血幹細胞）>神経細胞>筋肉>肝臓  
⑤ 小腸>骨髄（造血幹細胞）>筋肉>肝臓>神経細胞

Ⅲ－26 内部被ばくに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 吸入摂取を防ぐため、放射性の粉塵や気体が発生するような操作はフードなど換気設備のあるところで行う。
- ②  $^{131}\text{I}$ は、甲状腺に集積しやすい。
- ③ 全身カウンタを用いて身体中に含まれている放射性物質の量を直接測定する方法は、バイオアッセイ法といわれる。
- ④  $^{90}\text{Sr}$ や $^{226}\text{Ra}$ は、骨に集積しやすい。
- ⑤ 体内に取り込まれた放射性物質の量が、代謝や排出によって2分の1に減少するまでの時間を生物学的半減期という。

Ⅲ－27 10kBqの標準線源の放射能を、分解時間 $200\mu\text{s}$ のGM計数管で測定すると、計数率は、60,000cpmであった。この測定条件における真の計数率 [cps] に最も近い値はどれか。

ただし、バックグラウンドは測定された計数率に比べ十分小さく、無視できるものとする。

- ① 1,020      ② 1,250      ③ 5,000      ④ 10,000      ⑤ 75,000

Ⅲ－28 人体には重量で約18%の炭素が含まれる。体重60kgの人の体内に含まれる $^{14}\text{C}$ （半減期5,730年）の放射能を3,000Bqとすると、体重60kgの人の体内の全炭素の原子数に対する $^{14}\text{C}$ 原子の割合 ( $^{14}\text{C}/\text{C}$ ) として最も近い値はどれか。

ただし、アボガドロ数を $6.02\times 10^{23}$ 、 $\ln 2=0.693$ とする。

- ①  $1.00\times 10^{-9}$
- ②  $1.44\times 10^{-9}$
- ③  $1.00\times 10^{-12}$
- ④  $1.44\times 10^{-12}$
- ⑤  $1.00\times 10^{-14}$

Ⅲ－29 核不拡散について説明した次の記述の、に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。

我が国は、国内にあるすべての核物質が核兵器等に転用されていないことを確認するため、国際原子力機関（IAEA）との保障措置協定を受け入れている。これに基づき、国内の核物質が核兵器等に転用されることを適時に探知し、これを抑止するため、以下に示す活動が実施されている。

第一に、 a が施設へ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把握し、核物質の収支を確認する b である。第二に、核物質が密かに移動されていないことを確認するために、封印や監視カメラを取り付けて核物質の移動を監視するための封じ込め・監視である。第三は、核物質及び原子力活動が保障措置協定の規定に従って使用され、実施されていることを確認するため、不定期に国及びIAEAが実際に原子力施設に立ち入って調査する c である。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>
①	国	収支管理	監査
②	国	計量管理	査察
③	事業者	収支管理	査察
④	事業者	計量管理	査察
⑤	事業者	計量管理	監査

Ⅲ－30 電力を原子力発電所と天然ガス火力発電所により、供給している地域を考える。

原子力発電所は、対象とする月の最小電力負荷 [kW] に等しい出力で運転し、それ以上の電力需要に対しては天然ガス火力発電所により供給されるものとする。また、原子力発電所の発電容量には余裕があり、最小電力負荷が大きくなった場合に原子力発電所の出力を増やすことができることとする。

今、1ヵ月間の総電力需要を一定として、その期間の最小電力負荷が10万kW増加したときの二酸化炭素排出量の削減量に最も近い値はどれか。天然ガス火力発電所の二酸化炭素排出量を炭素換算で0.13kg/kWhとし、原子力発電所からの二酸化炭素排出量は無視できるものとする。

- ① 5,000炭素換算トン
- ② 10,000炭素換算トン
- ③ 20,000炭素換算トン
- ④ 50,000炭素換算トン
- ⑤ 100,000炭素換算トン

Ⅲ－31 エネルギー白書2019における我が国の再生可能エネルギーに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 我が国は世界第1位の地熱資源量を有しているにもかかわらず、地下の開発に係る高いリスクやコスト、地元の理解や開発から発電所稼働に至るまでに10年を超えるリードタイム等の課題により地熱発電導入量は世界第10位の規模に過ぎない。
- ② 九州や四国地域では、需要に比べて大規模な太陽光発電設備の導入が進んでおり、近年では太陽光発電のピーク時にエリア内電力需要（1時間値）の8割以上になることがあり、系統運用上の課題となっている。
- ③ 日本は諸外国に比べて平地が少なく地形が複雑な上、電力会社の系統に余裕がないなどの理由により、風力発電の設置が進んでいない。そのような中、我が国における、風力発電設備の約4割が東北地方に集中している。
- ④ バイオマスエネルギーを活用した発電については、固定価格買取制度や未利用木質バイオマス発電について別個の買取区分が設けられるといった制度導入により設備容量が増加しているが、原料となるバイオマスの長期的かつ安定的な確保が課題である。
- ⑤ 未開発の水力発電所は既存の水力発電所に比べて発電能力が小さく、その開発地点の小規模化や奥地化が進んでいるため、他の電源に比べて割高であることが開発の阻害要因となっている。今後は、小水力発電を用いた地産地消が期待されている。

Ⅲ－32 タービンなどの熱機関を直列につないで熱効率を向上させる手段があり、これを活用したものが、ガス火力発電などのコンバインドサイクルシステムである。 $\eta_1$ 及び $\eta_2$ の熱効率を持つ熱機関を2台直列につないだ場合の総合熱効率 $\eta_t$ を表す式として、最も適切なものはどれか。なお、熱効率 $\eta$ は、注入された熱量を $Q$ 、出力を $W$ としたとき、 $\eta = W \div Q$ で定義される。

- ①  $\eta_t = \eta_1 + \eta_2$
- ②  $\eta_t = 1 - \eta_1 \times \eta_2$
- ③  $\eta_t = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \times \eta_2$
- ④  $\eta_t = \eta_1^2 + \eta_2^2 - \eta_1 \times \eta_2$
- ⑤  $\eta_t = \sqrt{\eta_1^2 + \eta_2^2}$

Ⅲ－33 福島第一原子力発電所事故後に改正された規制法制に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 新規規制基準が既設の原子力施設にも遡って適用されることになった。
- ② 原子力災害が起きた際の原子力災害対策本部長の指示権限には、原子力施設の安全確保に必要な判断の内容に関わる事項は含まないこととなった。
- ③ 原子力発電所で重大事故が起きた際の影響拡大防止対策が新たに国の安全規制の対象になった。
- ④ 原子力発電所は例外なく40年を超えて運転できないことになった。
- ⑤ 原子力防災対策を推進するため、内閣に原子力防災会議が設置された。

Ⅲ－34 日本原子力文化財団は2020年3月17日、2019年度「原子力に関する世論調査」

(2006年度より継続実施している全国規模の調査で、10月に実施、全国の15～79歳の男女1,200人からの回答に基づく)の結果を発表した。

以下調査結果の原子力に関する記述のうち、に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。

「今後日本は原子力発電をどのように利用すればよいと思うか」との問いに対し、最も多かった回答は a で49.4%、次いで b が22.7%だった。また、「増加」の2.0%と「震災以前の状況維持」の9.3%とを合わせた「積極的な利用層」の割合は2017年度以降 c し、これと「徐々に廃止」とを合わせた「利用層」の割合は2016年度以降 c している。一方 d と回答した割合は11.2%で2016年度以降 e している。(中略)原子力文化財団では、「2017～19年度で原子力に対する考え方が『ややポジティブ側』に変動した」、「特に10代や女性層に対して、原子力発電に関する情報との接点を増やす取組が求められる」などと分析している。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>e</u>
①	即時廃止	徐々に廃止	増加	わからない	減少
②	徐々に廃止	わからない	増加	即時廃止	減少
③	わからない	徐々に廃止	減少	即時廃止	増加
④	徐々に廃止	即時廃止	減少	わからない	増加
⑤	わからない	即時廃止	減少	徐々に廃止	増加



Ⅲ－35 原子力発電所のプラント耐用期間中の単位発電量 [kWh] 当たりの発電コストが最も低減するものはどれか。ただし、方策による追加費用がないと仮定し、計算の前提条件は次のとおりとする。

- ・電気出力1, 100MW, 年間設備利用率70%, 熱効率33%, プラント耐用期間40年とする。
  - ・発電コストは資本費と運転維持費及び核燃料サイクルコストから構成されるとし、それぞれの割合は、40%, 40%, 20%とする。
  - ・プラント耐用期間の資本費総額は一定とする。
  - ・特に示す場合以外、毎年の運転維持費及び核燃料サイクルコストは同一とする。
  - ・割引率を0%とする。
- ① 電気出力を1, 200MWに高める。
  - ② 熱効率を36%に高める。
  - ③ 年間設備利用率を90%に高める。
  - ④ 核燃料サイクルコストを30%削減する。
  - ⑤ プラント耐用期間を60年に延ばす。