

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 熱中性子による核分裂反応で発生する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  $^{235}\text{U}$ の核分裂反応では、平均2.4個の中性子が発生する。
- ② 即発中性子の平均エネルギーは、遅発中性子の平均エネルギーよりも高い。
- ③ 遅発中性子は、遅発中性子先行核の崩壊に伴い発生する。
- ④  $^{235}\text{U}$ の核分裂反応で発生する中性子の中で、即発中性子は99%以上を占める。
- ⑤  $^{239}\text{Pu}$ は $^{235}\text{U}$ よりも核分裂反応で発生する中性子数の平均値が小さい。

Ⅲ-2 中性子による核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 捕獲反応や核分裂反応の低エネルギー領域（熱エネルギー領域）における断面積の中性子エネルギー依存性は、中性子の速さにほぼ正比例する。
- ② 特定のエネルギーにみられる断面積の鋭いピークを共鳴といい、中核は重核よりも、より高い中性子エネルギーで共鳴がみられ、軽核については、共鳴はみられない。
- ③ 1個の中性子が一度も衝突することなく進む平均距離を平均自由行程と呼び、巨視的全断面積の逆数で表される。
- ④ 標的核の熱運動による、中性子と原子核との相互作用に関する実効的な中性子エネルギーの広がりをドップラー効果という。
- ⑤ 核反応のQ値が負の場合、この核反応は吸熱反応であり、このときのQ値はしきいエネルギーと呼ばれる。

Ⅲ-3 一辺の長さ  $a$  の立方体容器を満たした場合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、底面が一辺の長さ  $b$  の正方形である四角柱容器にどれだけの高さまで入れても臨界とならないときの、 $b$  の  $a$  に対する倍数のうち、最も大きいものはどれか。

なお、外挿距離は  $a$ 、 $b$  に比べて小さく無視できるものとし、各辺の長さが  $x$ 、 $y$ 、 $z$  の直方体のバックリングは  $\left(\frac{\pi}{x}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{y}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{z}\right)^2$  である。

- ① 0.7倍
- ② 0.8倍
- ③ 0.9倍
- ④ 1.1倍
- ⑤ 1.2倍

Ⅲ－４ 原子炉における反応度に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 長さ方向に均質な制御棒を原子炉に挿入していくとき、挿入量に比例した負の反応度が加わる。
- ② 原子炉のペリオドとは、原子炉の出力が2倍又は1/2倍になる時間である。
- ③ 絶対値がどんなに大きい負の反応度が加わっても、ペリオドは約80秒よりも短くはない。
- ④ 正の反応度を加えたときと、絶対値が同じ大きさの負の反応度を加えたときとでは、正の反応度よりも負の反応度の場合に、ペリオドが短くなる。
- ⑤ 正の反応度が加わる場合、反応度が大きいほどペリオドは長くなる。

Ⅲ－５ 軽水炉の運転に伴う燃料の燃焼に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 燃焼により核分裂生成物が増加すると、中性子の吸収反応が増えるため、原子炉に負の反応度が加わる。
- ② 核分裂生成物が核分裂によりどれだけ生成されるかは核分裂収率で表され、この核分裂収率の総和は1.0となる。
- ③  $^{238}\text{U}$ などの非核分裂性核種が中性子を捕獲吸収し、 $^{239}\text{Pu}$ などの核分裂性核種が生成される過程を転換という。
- ④ 燃焼初期の余剰反応度を抑えるために、燃料集合体に部分的に組み込んだり燃料物質に混ぜたりする中性子吸収材を可燃性毒物という。
- ⑤ サイクル末期炉心から取り出される使用済燃料集合体の平均燃焼度を取り出し燃焼度という。

Ⅲ－6 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80%としている。
- ③ 燃料ペレットは、全数について外観検査、化学分析等を行い、合否を判定することで品質を確認している。
- ④ 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、熱伝導率の大きいアルゴンを充填している。
- 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。

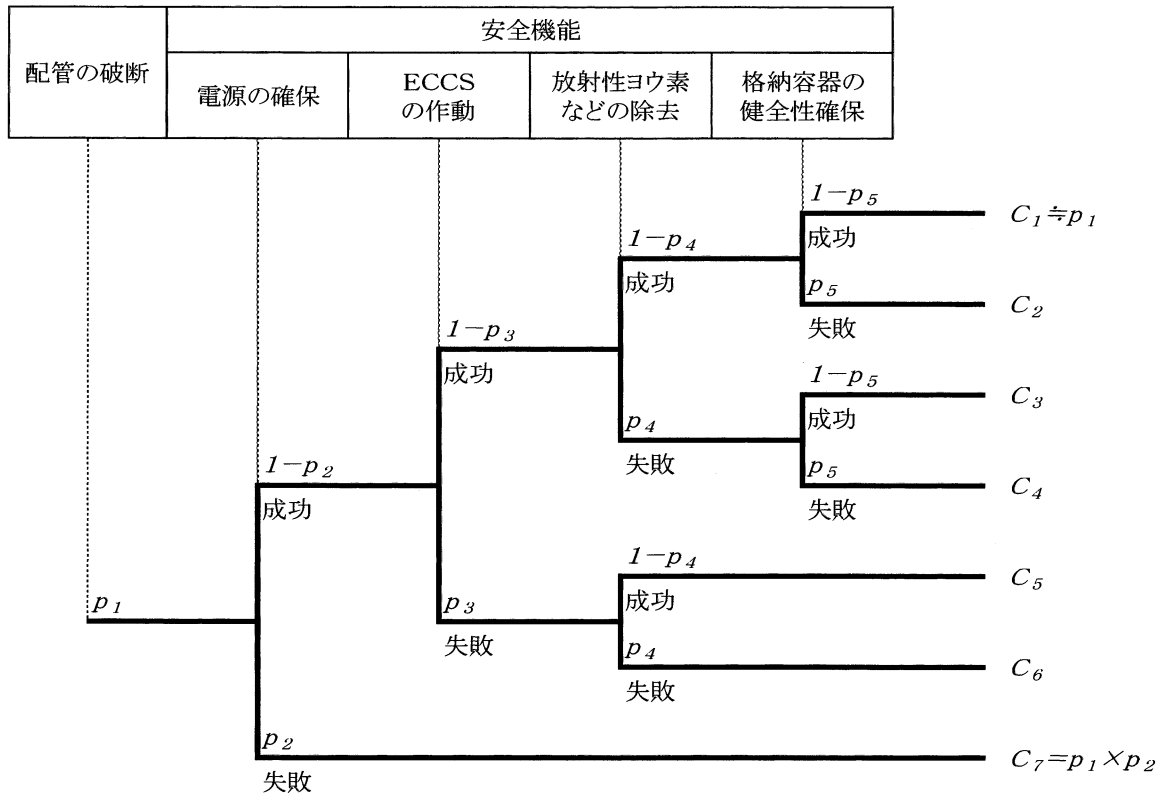
Ⅲ－7 核燃料サイクルに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 原子炉に装荷する燃料集合体を製造するまでの工程はフロントエンド、使用済燃料の再処理から処分及び回収物質の再利用までの工程はバックエンドと呼ばれる。
- ② 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燃料とし、軽水炉で利用している。
- ③ 六ヶ所再処理工場での軽水炉使用済燃料再処理における溶媒抽出工程では、リン酸トリブチル（TBP）を用いるピューレックス（PUREX）法が適用されている。
- ④ 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、ホウケイ酸ガラスが採用されている。
- ⑤ 使用済燃料中のウランやプルトニウムをリサイクル利用する核燃料サイクルをクローズドサイクルと呼ぶことに対して、軽水炉で一度だけ使用した使用済燃料を直接処分する場合をオープンサイクルと呼ぶことがある。

Ⅲ－８ 加圧水型軽水炉（PWR）用のMOX燃料の特徴又はPWR炉心の全燃料のうち1/4～1/3程度をMOX燃料としたMOX燃料装荷炉心の核的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 MOX新燃料はウラン新燃料に比べて表面線量率が高くなるため、その取扱いに当たっては、作業従事者の被ばくを低減する観点から、十分な遮へいを設けた専用のMOX新燃料取扱装置を使用し、適切な作業管理を行う必要がある。
- ② MOX使用済燃料はウラン使用済燃料に比べてアメリシウムやキュリウムなどの高次のアクチノイド核種が多くなるため、長期冷却時点の崩壊熱はウラン使用済燃料より大きくなる。使用済燃料ピットへの熱負荷を考慮して、冷却能力が不足する場合は設備増強を行う。
- ③ MOX使用済燃料はウラン使用済燃料に比べて中性子線源強度が大きくなるが、使用済燃料ピット水による中性子遮へい効果が十分大きいいため、中性子線の遮へいの観点からは、ウラン使用済燃料貯蔵設備でMOX使用済燃料の貯蔵をしても問題ない。
- ④  $^{239}\text{Pu}$ 及び $^{241}\text{Pu}$ は $^{235}\text{U}$ に比べて熱中性子吸収断面積が大きいため、MOX燃料装荷炉心ではウラン燃料のみを装荷した炉心に比べて中性子スペクトルが硬化する。そのため、制御棒の反応度価値とホウ素の反応度価値が低下する。
- ⑤  $^{239}\text{Pu}$ 及び $^{241}\text{Pu}$ は $^{235}\text{U}$ に比べて遅発中性子割合が大きいため、MOX燃料装荷炉心ではウラン燃料のみを装荷した炉心に比べて実効遅発中性子割合が増大する。

Ⅲ-9 下図は、軽水炉の冷却材喪失事故に起因する放射能放出の確率論的安全評価に関する簡単なイベントツリーである。シーケンスの事象の年当たりの発生頻度  $C_2 \sim C_6$  のうち、最も大きいものはどれか。ただし、 $p_1$  は配管破断の年当たりの発生頻度、 $p_2 \sim p_5$  はそのときに各安全機能が作動しない確率であり、 $p_2 = 2 \times 10^{-3}$ 、 $p_3 = 2 \times 10^{-3}$ 、 $p_4 = 1 \times 10^{-3}$ 、 $p_5 = 3 \times 10^{-3}$  とする。



- ①  $C_2$     ②  $C_3$     ③  $C_4$     ④  $C_5$     ⑤  $C_6$

Ⅲ－10 長期にわたる原子力発電所の運転において、原子炉、冷却系などを構成する機器や配管、容器等に、磨耗やひび割れが生じるなど、材料の性能は時間とともに劣化するため、これら予見される劣化について計画的な保全対策が施される。経年劣化現象に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 配管内の減肉：配管の内面で、水流等による機械的作用である浸食や化学的作用である腐食が発生して、配管の肉厚が減少する現象。
- ② 中性子照射脆化：金属材料が中性子の照射を受けて結晶構造の中に微小な欠陥等が生じ、靱性（粘り強さ）が低下する現象。
- ③ 応力腐食割れ：金属に腐食環境下で応力が働いている場合、その腐食環境にない場合より低い応力で破壊する現象。材料因子、環境因子（溶存酸素）、応力因子（引張応力）のいずれかの要因により発生する。
- ④ 絶縁低下：発電機や変圧器、ケーブルなどで絶縁物として使用されているゴム、プラスチックなどが熱や放射線などの影響を受けて、絶縁性能に低下が生じる現象。
- ⑤ コンクリートの中性化：コンクリート中の水酸化カルシウムが二酸化炭素と反応して、強度が低下する現象。

Ⅲ－11 沸騰水型軽水炉（BWR）のシビアアクシデント時に燃料棒や制御棒などが熔融する場合の高温挙動に関係する温度のうち、（a）ステンレス鋼と炭化ホウ素（ $B_4C$ ）の間で熔融が始まる温度（共晶温度）、（b）ステンレス鋼の融点、（c）ジルカロイ被覆管の融点を温度の高いものから順に並べたものとして最も適切なものはどれか。

- ① (a) > (b) > (c)
- ② (a) > (c) > (b)
- ③ (b) > (a) > (c)
- ④ (c) > (a) > (b)
- ⑤ (c) > (b) > (a)

Ⅲ-12 ナトリウム冷却高速炉に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ナトリウムの沸点は大気圧で約880℃であるため、液相を維持するために加圧する必要がなく、大気圧に近い圧力で運転される。
- ② 冷却材ナトリウム漏えい時にも、減圧沸騰のおそれがないため、常に炉心をナトリウムで浸漬し、冷却材によって適切に除熱されることを確保すればよい。
- ③ ナトリウム冷却高速炉の制御棒には、炭化ホウ素をステンレス鋼製被覆管に納めたものが用いられることが多い。
- ④ 中間熱交換器を介して1次系から熱をナトリウムによって受ける2次系が設けられるナトリウム冷却高速炉では、熱効率は加圧水型軽水炉ほど高くできない。
- ⑤ ナトリウム冷却高速炉にはループ型、タンク型、それらの中間型としてハイブリッド型があるが、これまでに我が国で建設されたのはループ型のみである。

Ⅲ-13 通常運転中の軽水炉の燃料ペレット内の半径方向の温度分布が1次元の円筒座標系による熱伝導方程式：

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( rk \frac{dT}{dr} \right) + Q = 0$$

で表されるものとする。ここで、 $T$  は温度 [K]、 $r$  は燃料ペレット中心からの半径方向の位置[m]、 $k$  は燃料ペレットの熱伝導率 [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]、 $Q$  は燃料ペレットの体積当たりの発熱密度 [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$ ]である。これを境界条件：

$$r=0 \text{ で } \frac{dT}{dr} = 0, \quad r=r_s \text{ で } T=T_s$$

の下で解くと、

$$\int_{T_s}^{T_0} k dT = \frac{Q}{4} r_s^2$$

が得られる。ここで、 $T_0$  は燃料ペレット中心温度 [K]、 $T_s$  は燃料ペレット表面温度 [K]、 $r_s$  は燃料ペレットの半径 [m]である。燃料ペレットの表面温度が800K、燃料ペレットの単位長さ当たりの出力（線出力密度）が $20 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-1}$ のとき、上記の式を用いて計算すると、燃料ペレット中心温度に最も近い値はどれか。ただし、燃料ペレットの熱伝導率は、温度によらず一定値 $2.0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ とする。

- ① 1400K    ② 1600K    ③ 1800K    ④ 2000K    ⑤ 2200K

Ⅲ-14 我が国の放射性廃棄物処分に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 法令上の区分として放射性廃棄物は、高レベル放射性廃棄物、中レベル放射性廃棄物、低レベル放射性廃棄物の3つに分けられる。
- ② ウラン濃縮・ウラン燃料加工施設から発生する放射性廃棄物（ウラン廃棄物）は、地下数mに設けたコンクリートピットに埋設処分されている。
- ③ 原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物は、嚴重に保管されており、埋設処分されていない。
- ④ 再処理工場で発生する高レベル放射性廃棄物は、30～50年程度貯蔵した後、地下300mより深い安定した地層中に処分する計画である。
- ⑤ 大学や医療機関などから発生する放射性廃棄物（研究施設等廃棄物）は、素掘りのトレンチに埋設処分されている。

Ⅲ-15 重水素の原子核の結合エネルギー [MeV] に最も近い値はどれか。ただし、重水素（中性原子）、中性子、陽子、電子の質量を各々、 $2.01410u$ 、 $1.00867u$ 、 $1.00728u$ 、 $0.00055u$ とする。ここで、 $u$ は原子質量単位で、 $1u = 931.5\text{MeV}$ である。

- ① 5.5    ② 3.7    ③ 2.7    ④ 2.2    ⑤ 1.2

Ⅲ-16  $\beta$ 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  $\beta$ 壊変では「 $\beta^-$ 壊変」、「 $\beta^+$ 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  $\beta^+$ 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  $\beta^-$ 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。
- ④  $\beta^+$ 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。
- ⑤  $\beta^-$ 壊変では、 $\beta^-$ 線と同時にニュートリノが放出されるため、 $\beta^-$ 線のエネルギーは連続分布となる。



Ⅲ-17 人体中には天然放射性同位元素である $^{87}\text{Rb}$ が含まれており、その放射能は、数百Bqである。体重60kgの成人の人体に含まれる $^{87}\text{Rb}$ の放射能を300Bqとすると、その人の人体中に存在するルビジウムの含有量として、最も近い値はどれか。ただし、 $^{87}\text{Rb}$ の半減期を480億年、 $^{87}\text{Rb}$ の天然存在比を28%、ルビジウムの原子量を85、アボガドロ数を $6.0 \times 10^{23}$ 、 $\ln 2 = 0.69$ とする。

- ① 0.1g    ② 0.3g    ③ 0.5g    ④ 1.0g    ⑤ 10g

Ⅲ-18 トリウム系列は、 $^{232}_{90}\text{Th}$ に始まり $^{208}_{82}\text{Pb}$ で終わる。この間の $\alpha$ 壊変と $\beta^-$ 壊変の回数  
の組合せとして最も適切なものはどれか。

	<u><math>\alpha</math>壊変</u>	<u><math>\beta^-</math>壊変</u>
①	4回	4回
②	4回	6回
③	6回	4回
④	6回	6回
⑤	8回	4回

Ⅲ-19 放射線の線量に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ①  $\alpha$ 粒子の放射線加重係数は、10である。  
② 等価線量は、臓器や組織の平均吸収線量を、放射線加重係数で加重合計した量である。  
③ 光子と電子の放射線加重係数は、ともに1である。  
④ 実効線量は、等価線量を組織加重係数で加重合計した量である。  
⑤ 組織加重係数は、人体の臓器や組織に割り振られており、合計すると1になる。

Ⅲ-20 化学操作に関する次の記述のうち、沈殿が生成し、その沈殿にほとんどの放射性同位元素が含まれることになる操作として、最も適切なものはどれか。

- ①  $^{14}\text{C}$ を含む炭酸カルシウムに、塩酸を加え酸性にする。  
②  $^{22}\text{Na}$ を含む水酸化ナトリウム溶液に、塩化鉄(Ⅲ)溶液を加える。  
③  $^{36}\text{Cl}$ を含む塩化ナトリウム溶液に、硝酸銀溶液を加える。  
④  $^{40}\text{K}$ を含む塩化カリウム溶液に、水酸化ナトリウム溶液を加えアルカリ性にする。  
⑤  $^{131}\text{I}$ を含むヨウ化カリウム溶液に硫酸を加え酸性とし、過酸化水素を加える。

Ⅲ-21 単核種元素（安定同位体が1つの元素）と $\beta^-$ 壊変する同位体の組合せとして、最も適切なものはどれか。

	単核種元素	$\beta^-$ 壊変する同位体
①	Na	$^{22}\text{Na}$
②	Mg	$^{27}\text{Mg}$
③	Cl	$^{36}\text{Cl}$
④	Co	$^{58}\text{Co}$
⑤	Cs	$^{134}\text{Cs}$

Ⅲ-22 次の(A)～(D)のうち、 $^{90}\text{Sr}$ と $^{137}\text{Cs}$ にともに当てはまる記述の組合せとして最も適切なものはどれか。

- (A) アルカリ土類金属である。
- (B) 骨に集まりやすい核種である。
- (C) 半減期は約30年である。
- (D)  $\beta^-$ 壊変する核種である。

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

Ⅲ-23 X線又は $\gamma$ 線が物質に入射した場合の相互作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 光電効果では、入射光子が吸収物質の原子に完全に吸収され、原子の軌道電子が放出される。
- ② 光電効果は、原子核と最も近いK殻電子において最も生じやすい。
- ③ コンプトン効果では、光子と衝突する軌道電子は自由電子と見なすことができる。
- ④ コンプトン効果が起こる確率は、原子内の軌道電子数、すなわち吸収物質の原子番号に比例する。
- ⑤ 電子対生成は、入射光子エネルギーが1.02MeVより小さい場合に起こる。

Ⅲ-24 物理学的半減期12日の放射性核種が体内に取り込まれてから12日後に、体内に残留しているこの放射性核種の放射能を測定したところ、放射能は8分の1に減少していた。この放射性核種の生物学的半減期〔日〕として、最も近い値はどれか。

- ① 2      ② 3      ③ 4      ④ 6      ⑤ 12

Ⅲ-25 加速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 コッククロフト-ワルトン型加速器では、絶縁ベルト等によって電荷を電極へ運んで帯電させ、それによって発生した高電圧によって粒子を加速する。
- ② ベータトロンでは、磁束の時間的变化によって生じる誘導電場によって電子を加速する。
- ③ 線形加速器では、高周波電場によって粒子を加速する。
- ④ サイクロトロンでは、磁場によって粒子を円運動させ、高周波電場によって粒子を加速する。
- ⑤ シンクロトロンでは、粒子の軌道を一定に保ちながら、磁場によって粒子を円運動させ、高周波電場によって粒子を加速する。

Ⅲ-26 がん治療法に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① RI内用療法では、 $^{131}\text{I}$ を含むヨウ化ナトリウムを投与し、甲状腺組織に選択的に取り込まれた $^{131}\text{I}$ の壊変に伴って放出される $\beta^-$ 線によってがんを治療する。
- ② BNCTでは、あらかじめホウ素化合物を投与し、腫瘍細胞内に選択的に取り込まれたホウ素と体外から照射した中性子との核反応で発生する $\alpha$ 粒子と反跳リチウム原子核によってがんを治療する。
- ③ ガンマナイフでは、100個以上の線源からの $\gamma$ 線が体深部の病巣に焦点を結ぶように設計されており、病巣に多くのエネルギーを与えてがんを治療する。
- ④ PET療法では、 $^{18}\text{F}$ で標識されたグルコースを投与し、腫瘍細胞に選択的に取り込まれた $^{18}\text{F}$ の壊変に伴って放出される $\beta^+$ 線によってがんを治療する。
- ⑤ 粒子線治療では、陽子線や炭素線の物質中でのエネルギー分布がブラッグ曲線となることを利用し、体深部の病巣に多くのエネルギーを与えてがんを治療する。

Ⅲ－27 点線源から離れた位置に検出器を置き放射線を測定したところ、4分間で320カウントであった。また、バックグラウンド計数は5分間で125カウントであった。正味の計数率の標準偏差 [cpm] として、最も適切なものはどれか。

- ①  $\sqrt{445}$     ② 55    ③  $\sqrt{105}$     ④  $\sqrt{55}$     ⑤ 5

Ⅲ－28 次の(ア)～(エ)の検出器のうち、1MeVの $\gamma$ 線のエネルギー測定に用いる検出器の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) 表面障壁型Si半導体検出器  
(イ) 高純度Ge半導体検出器  
(ウ) NaI (Tl) シンチレーション検出器  
(エ) 比例計数管

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

Ⅲ－29 処理能力が800トン／年の再処理工場で再処理することができる使用済燃料は、発電出力が100万kWの原子力発電所のおおよそ何基分に相当するか。次のうち最も近い値はどれか。なお、使用済燃料の平均燃焼度を45,000MW日／トン、原子力発電所の熱効率及び設備利用率を、それぞれ34%、82%と仮定する。

- ① 40    ② 35    ③ 30    ④ 25    ⑤ 20

Ⅲ－30 我が国のエネルギー政策の基本的な方向性を示す、エネルギー基本計画における一次エネルギーの特徴に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 再生可能エネルギーは安定供給、コスト面で課題を有するものの、温室効果ガスを排出せず、国内で生産できることから、エネルギー安全保障にも寄与できる有望かつ多様で、重要な低炭素の国産エネルギー源である。
- ② 石油は一次エネルギーの4割程度を占め、幅広い用途がある。電源への利用は少ないが、ピーク電源として一定の機能を担っている。地政学的リスクは大きいものの、可搬性が高く、全国供給網も整い、備蓄も豊富で、他の喪失電源の代替ができる。
- ③ 石炭は温室効果ガスの排出量が多く、熱量当たりの単価が化石燃料の中で高いものの、地政学的リスクが化石燃料の中で最も低いことから、安定供給性という観点から重要なベースロード電源の燃料として位置づけられている。
- ④ 天然ガスは電源の4割超を占め、熱源としての効率性は高いことから利用が拡大している。石油と比べ地政学的リスクも低く、化石燃料の中で温室効果ガスの排出が最も少ない。
- ⑤ 原子力は燃料投入量に対するエネルギー出力が大きく、数年にわたり国内保有燃料だけで生産が維持できる低炭素の準国産エネルギーで、優れた安定供給性・効率性を有し、運転コストも低廉で、エネルギー需給構造の安定性に寄与する。

Ⅲ-31 実効線量限度に関する次の我が国の法令に定められている放射線業務従事者の被ばく限度に係る記述の  に該当する数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

事業者は、管理区域内において放射線業務に従事する労働者（以下「放射線業務従事者」という。）の受ける実効線量が五年間につき  a ミリシーベルトを超えず、かつ、一年間につき  b ミリシーベルトを超えないようにしなければならない。

事業者は、上記にかかわらず、女性の放射線業務従事者（妊娠する可能性がないと診断されたもの及び妊娠しているものを除く。）の受ける実効線量については、三月間につき  c ミリシーベルトを超えないようにしなければならない。

事業者は、放射線業務従事者の受ける等価線量が、眼の水晶体に受けるものについては一年間につき  d ミリシーベルト、皮膚に受けるものについては一年間につき  e ミリシーベルトを、それぞれ超えないようにしなければならない。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>e</u>
①	100	50	5	150	500
②	100	50	3	150	500
③	200	100	5	100	300
④	200	100	3	100	300
⑤	250	100	5	150	500

Ⅲ－32 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。なお、原子炉等規制法は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」のことをいう。

- ① 米国同時多発テロ事件以降、放射性物質の発散装置（いわゆる「汚い爆弾」）の脅威も懸念されるようになり、核爆発装置に用いられる核燃料物質だけでなく、あらゆる放射性物質が防護の対象となってきた。
- ② 我が国では原子炉等規制法により、原子力施設に対する妨害破壊行為、核物質の輸送や貯蔵、原子力施設での使用等に際して核物質の盗取を防止するための対策を原子力事業者等に義務付けている。
- ③ 原子力事業者等は、核物質防護規定の遵守状況、防護措置が的確に実施されていること及び事業者等が講じた防護措置の有効性を定期的に確認することが義務付けられており、必要に応じて国は立入検査を行う。
- ④ 米国オバマ大統領の提唱により核セキュリティ・サミットが2010年より開催され核テロへの認識を高めるとともに、各国における核物質の最小化や防護強化を含め、核セキュリティ強化に向けた世界の取組が促進されている。
- ⑤ 核セキュリティ文化の根幹は、核テロ等の脅威が確実に存在すること及び核セキュリティの維持の重要性を認識し、各個人の役割をしっかりと果たすことにある。そのためには、定期的な教育を実施することが重要である。

Ⅲ－33 国際エネルギー機関（IEA）は、ほぼ毎年、世界エネルギー展望（World Energy Outlook）を刊行して、世界のエネルギー情勢の概観、展望などをまとめている。昨年の“World Energy Outlook 2018（WEO－2018）”では、世界のエネルギー傾向と、それが今後の需給・炭素排出・大気汚染・エネルギーアクセスに及ぼす影響の見通しを報告した。その報告に関する次の記述の□に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

世界のエネルギー市場は、輸送等の□aや□bの拡大、□c生産の変動、□d市場の拡大など大きく変化しており、政府の適切な政策選択が極めて重要だという。エネルギー消費の中心がアジアに移行する中、□c市場は2020年代初めに供給不足となる可能性があり、□dの需要も増加する。太陽光発電は急増しているが、他の低炭素技術や省エネ政策の促進も必要だと指摘する。現行及び計画された政策を実施するシナリオでは、エネルギー需要は2040年には25%以上増加する見込みで、新たなエネルギー供給への投資に年間2兆ドル以上が必要となる。電力市場では、2040年には発電量に占める□bの割合が現在の25%から40%以上に拡大するが、電力安定供給に向けた市場改革、送電網への投資、スマートメーターや蓄電など需要応答技術の向上が急務だという。

	a	b	c	d
① 電化	天然ガス	石炭	再生可能エネルギー	再生可能エネルギー
② 液体燃料化	再生可能エネルギー	石油	石炭	石炭
③ 液体燃料化	天然ガス	シェール	再生可能エネルギー	再生可能エネルギー
④ 電化	再生可能エネルギー	石油	天然ガス	天然ガス
⑤ 電化	原子力	天然ガス	再生可能エネルギー	再生可能エネルギー



Ⅲ-34 第5次エネルギー基本計画は2030年、さらに2050年を見据えた新たなエネルギー政策の方向性を示すものとして2018年7月3日に閣議決定された。次の原子力発電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。

準国産エネルギーに位置付けられる原子力については、 a 技術の向上を始めとして、国内外の原子力利用を取り巻く環境変化に対応し、その技術課題の解決のために積極的に取り組む必要がある。その際、安全性・信頼性・効率性の一層の向上に加えて、再生可能エネルギーとの共存、水素製造や熱利用といった多様な社会的要請の高まりも見据えた原子力関連技術のイノベーションを促進するという観点が重要である。まず、万が一の事故のリスクを下げていくため、過酷事故対策を含めた a の一層の安全性・信頼性・効率性向上に資する技術の開発を進める。また、水素製造を含めた多様な産業利用が見込まれ、固有の安全性を有する b など、安全性の高度化に貢献する技術開発を、海外市場の動向を見据えつつ国際協力の下で推進する。さらに、原子力利用の安全性・信頼性・効率性を抜本的に高める新技術等の開発を進める。このような取組を支えるため、人材育成や研究開発等に必要な試験研究炉の整備を含め、産学官の垣根を越えた人材・技術・産業基盤の強化を進める。なお、こうした取組を進めるに当たっては、 c や d を含む革新的な原子炉開発を進める米国や欧州の取組も踏まえつつ、国は長期的な開発ビジョンを掲げ、民間は創意工夫や知恵を活かしながら、多様な技術間競争と国内外の市場による選択を行うなど、戦略的柔軟性を確保して進める。

- |   | <u>a</u> | <u>b</u> | <u>c</u> | <u>d</u> |
|---|----------|----------|----------|----------|
| ① | 軽水炉      | 高速炉      | 小型モジュール炉 | 熔融塩炉     |
| ② | 高速炉      | 高温ガス炉    | 軽水炉      | 小型モジュール炉 |
| ③ | 軽水炉      | 高温ガス炉    | 小型モジュール炉 | 熔融塩炉     |
| ④ | 高速炉      | 小型モジュール炉 | 軽水炉      | 高温ガス炉    |
| ⑤ | 軽水炉      | 小型モジュール炉 | 高速炉      | 高温ガス炉    |

Ⅲ－35 約70%の稼働率で運転されている電気出力100万kWの原子力発電所の年間発電電力量は、約6,100GWh(約 $5.2 \times 10^{15}$ cal)である。この原子力発電所の代替として、設備利用率100%のLNG火力発電所を1年間発電するものとする。このためには、LNG調達に必要な燃料購入費用とCO<sub>2</sub>排出量オフセットするCO<sub>2</sub>クレジット購入費用が必要となる。このとき、燃料購入費用とCO<sub>2</sub>クレジット購入費用の合計[億円]として、最も近い値はどれか。ただし、LNG火力発電所の熱効率は50%、LNGの発熱量は $1.3 \times 10^{10}$ cal/ton、LNGのCO<sub>2</sub>排出係数は $2.0 \times 10^{-4}$ g-CO<sub>2</sub>/cal、LNGの価格は57,000円/ton、CO<sub>2</sub>クレジット価格は2,000円/ton-CO<sub>2</sub>とする。

- ① 200    ② 300    ③ 400    ④ 500    ⑤ 600