

平成27年度技術士第一次試験問題〔専門科目〕

【20】原子力・放射線部門

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 発電用原子炉(熱中性子炉)の臨界に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 臨界状態では無限増倍率(k_{∞})は1とならなければならない。
- ② 高速中性子は全て減速されてから核分裂に寄与する。
- ③ 制御棒による中性子の吸収は主として熱化される前の減速途中で起きる。
- ④ 燃料棒の内部では中性子のエネルギーはマクスウェル分布に従う。
- ⑤ 低出力から定格出力までの任意の中性子束(任意の出力)で臨界にすることができる。

Ⅲ-2 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。

核分裂生成物の中には、熱中性子吸収断面積の大きい核種がある。これは熱中性子領域で核分裂をする軽水炉に特有のをもたらす核種である。 ^{135}Xe はそのような核種の1つであり、主として ^{135}I のにより生成される。原子炉の停止後、直ちに中性子束がゼロになると仮定する。 ^{135}Xe の原子数は、 ^{135}Xe の消滅と ^{135}I の生成とのバランスを表す次式で与えられ、原子炉停止後に増加した後に減少する。

$$[\text{Xe}] = [\text{Xe}]_0 \exp(-\lambda_x t) + \frac{\lambda_I}{\lambda_I - \lambda_x} [\text{I}]_0 \{ \exp(-\lambda_x t) - \exp(-\lambda_I t) \}$$

ここで、 $[\text{Xe}]$ と $[\text{I}]$ はそれぞれ ^{135}Xe と ^{135}I の原子数、 $[\text{Xe}]_0$ と $[\text{I}]_0$ はそれぞれ原子炉停止直前における ^{135}Xe と ^{135}I の原子数である。また、 λ_x と λ_I はそれぞれ ^{135}Xe と ^{135}I の壊変定数である。

いま、 $\lambda_x / \lambda_I = \alpha$ 、 $[\text{Xe}]_0 / [\text{I}]_0 = \beta$ とおく。上式から、 $t = \frac{1}{\lambda_I - \lambda_x} \ln \frac{1}{\alpha(1 + \beta - \alpha\beta)}$ のとき $\frac{d[\text{Xe}]}{dt} = 0$ となり、 $[\text{Xe}]$ は最大値をとる。

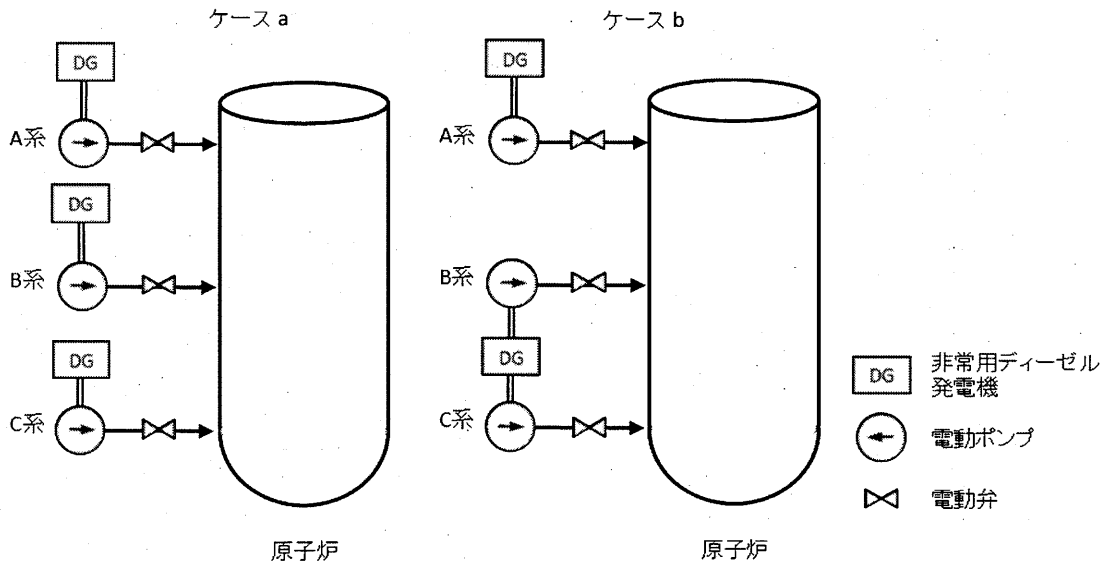
さらに、 $\ln \frac{1}{\alpha(1 + \beta - \alpha\beta)} = 0.31$ 、 $\ln 2 = 0.69$ 、 ^{135}Xe と ^{135}I の半減期をそれぞれ9.1時間、6.6時間とすれば、原子炉停止後にて $[\text{Xe}]$ が最大になる。

- | | ア | イ | ウ |
|---|------|-------------|------|
| ① | 共鳴吸収 | β 壊変 | 11時間 |
| ② | 毒作用 | α 壊変 | 11時間 |
| ③ | 毒作用 | β 壊変 | 8時間 |
| ④ | 共鳴吸収 | α 壊変 | 8時間 |
| ⑤ | 毒作用 | β 壊変 | 11時間 |

Ⅲ-3 発電用軽水炉の非常用炉心冷却系は、外部電源喪失のもとで、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する。A系とB系の2系統の非常用炉心冷却系を有する原子炉に、同一の機器から構成されるC系を増設して3系統の非常用炉心冷却系を備えることとした。このとき、C系統にも独自のディーゼル発電機を設置する場合（ケースa）とC系統のディーゼル発電機をB系統と共用する場合（ケースb）とを検討した。この変更によって原子炉への注水に失敗する確率の変化として、最も適切な組合せはどれか。

なお、系統の信頼度を決定する要素としては、非常用ディーゼル発電機、電動ポンプ、電動弁のみであるとする。ここで、各機器の作動失敗は全て互いに独立した事象とし、作動失敗の確率を以下のように仮定する。

- ・非常用ディーゼル発電機の起動失敗の確率 2×10^{-3} /要求
- ・電動ポンプの起動失敗の確率 4×10^{-3} /要求
- ・電動弁の開動作失敗の確率 4×10^{-3} /要求



	ケース a	ケース b
①	100分の1	5分の1
②	50分の1	変わらない
③	25分の1	4分の1
④	25分の1	10分の1
⑤	100分の1	25分の1

Ⅲ－４ 発電用原子炉としては軽水炉が主流となっているが、そのほかにもさまざまな型式の原子炉が利用又は開発されている。原子炉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 低濃縮ウランを燃料とする軽水炉の炉心では、主にウランとプルトニウムの両方が核分裂に寄与している。
- ② 重水減速重水冷却炉では、燃料に天然ウランを使うことができる。
- ③ 黒鉛減速炭酸ガス冷却炉では、燃料に天然ウランを使うことができる。
- ④ 黒鉛減速ヘリウム冷却高温ガス炉では、高温の熱源として利用できる特徴を活かして、化学工業分野等の発電以外の応用が可能である。
- ⑤ ナトリウム冷却高速増殖炉では、炉心燃料としてプルトニウムを、燃料増殖の役割を果たすブランケット燃料として濃縮ウランを用いる。

Ⅲ－５ 中性子と物質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 中性子が物質中の原子核と反応を起こす確率に物質の原子核数密度を掛け合わせた量を巨視的断面積といい、長さの逆数の次元を持っている。
- ② 全断面積は散乱断面積と吸収断面積の和である。
- ③ 熱核分裂性の物質の核分裂断面積は、熱中性子領域では中性子のエネルギーにほぼ反比例する。
- ④ 共鳴吸収断面積は、中性子のエネルギーと物質の温度に依存する。
- ⑤ ウラン238の核分裂反応にはしきい値がある。

Ⅲ－６ 天然ウランを燃料とする原子炉が臨界であるとき、中性子は主としてウラン235とウラン238に吸収される。ウラン235に吸収される中性子数、ウラン238に共鳴吸収領域で吸収される中性子数、ウラン238に熱エネルギー領域で吸収される中性子数の相対割合は、1 : 0.254 : 0.640である。この原子炉で1 kgのウラン235が燃焼するとき、生成されるプルトニウム239の量 [kg] に最も近いものはどれか。ただし、中性子の漏えい及びプルトニウムの核分裂による減少はないものとする。

- ① 0.879 ② 0.894 ③ 0.909 ④ 0.914 ⑤ 0.919

Ⅲ－7 伝熱面から水への熱伝達に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 伝熱面の温度が水の飽和温度よりも低いとき、自然対流による伝熱が起こる。これを自然対流熱伝達という。
- ② 伝熱面の温度が水の飽和温度を超えると沸騰が生じるが、水の温度が飽和温度よりも低い場合、気泡は伝熱面から離脱すると消滅する。これをバルク沸騰という。
- ③ 沸騰している状態では、伝熱面の温度のわずかな上昇に対して伝熱面表面からの熱流束が大幅に増加する範囲がある。これを核沸騰域という。
- ④ 熱流束が急激に増加した後にさらに伝熱面の温度が上昇し続けると、熱流束が低下する現象が起こる範囲がある。これを遷移沸騰領域という。
- ⑤ 熱流束が低下する現象が起きた後に伝熱面の温度がさらに上昇すると、伝熱面が薄い蒸気膜で覆われ、蒸気膜内の熱伝導で伝わる熱量により気液界面で蒸発が生じる。これを膜沸騰領域という。

Ⅲ－8 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、最も不適切なものはどれか。

- ① PWRでは、燃焼に伴う反応度の補償を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行う。
- ② PWRでは、制御棒クラスタのうち原子炉の緊急停止に使用される制御棒は、プラント運転中は全引き抜き状態にある。
- ③ BWRでは、冷却材の再循環流量を調整し、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。
- ④ BWRでは、ウォーターロッドが導入されている燃料集合体があるが、これは、チャンネルボックス内部の沸騰状態にある領域の中性子減速効果を高めるためである。
- ⑤ 100%容量のタービンバイパス弁を有するBWRでは、タービン蒸気加減弁が全閉した場合でも、原子炉を停止することなく所内単独運転に移行できる。

Ⅲ－9 軽水炉の冷却材が失われる事故時には、燃料被覆管の損傷並びに燃料ペレットの溶融などによって核分裂生成物が主冷却系に放出される。その核分裂生成物は主冷却系から格納容器内へと移行し、環境へと放出される可能性がある。この過程について、次のうち最も不適切なものはどれか。

- ① 高温の水蒸気とジルカロイ製燃料被覆管が接触すると、急激なジルコニウム-水反応によって水素が発生する。
- ② 核分裂生成物の揮発性が高い成分にはセシウム、テルル、ヨウ素が含まれ、これらは燃料から放出されやすい。
- ③ 核分裂生成物のうちクリプトン、キセノンは希ガスであり、これらが燃料ペレットから燃料棒内に放出されると燃料棒内圧上昇の原因となる。
- ④ 放射性物質の移行経路の途上に冷却水がある場合、プールスクラビング効果によってガス及びエアロゾル状の放射性物質の一部が除去される。
- ⑤ 燃料から放出された放射性物質は、温度が高い構造物表面や床面へ沈着しやすく、放射性物質の一部が除去される。

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共に劣化するため、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説明のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 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で、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現象。
- ② 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。
- ③ 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。
- 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 日本において、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、総発電量に対する原子力発電量の割合を25%、原子燃料の燃焼度を4.5×10⁴ MW・日/MTU、年間の発電量を9.0×10³億kWh、日本の人口を1.2億人、発電効率を33%、ガラス固化体の発生量を1.3本/MTU、ガラス固化体の1本の体積を1.5×10⁵ cm³とする。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

Ⅲ-12 ウラン濃縮工場では、天然ウランを濃縮ウランと劣化ウランに分離する。工場全体の物質収支は、ウランの同位体をウラン235とウラン238の2種類とするとき、次の2つの式で表すことができる。

・ウラン全体量の収支平衡 $F = P + W$

・ウラン235の収支平衡 $f \times F = e \times P + d \times W$

ここで、記号の意味は次の通りである。

F : 天然ウラン供給量 [トン]

P : 濃縮ウラン製品量 [トン]

W : 劣化ウラン発生量 [トン]

f : 天然ウラン中のウラン235の重量百分率 [%]

e : 製品ウラン濃縮度 [%]

d : 劣化ウラン中のウラン235の重量百分率 [%]

濃縮度4.5%のウラン製品1トンを得るために必要な天然ウランの重量 [トン] に最も近い値はどれか。ただし、天然ウラン中のウラン235の重量百分率を0.7%、劣化ウラン中のウラン235重量百分率を0.22%とする。

- ① 5 ② 7 ③ 9 ④ 11 ⑤ 13

Ⅲ－13 円筒部を有する鋼製の圧力容器において、円筒の内半径を6 m、最高使用圧力を10 MPaとすると、必要な最小限の円筒部の厚さ [mm] に最も近いものはどれか。ただし、2次元平面応力状態を仮定し（圧力容器は薄肉容器として考えられる。）、鋼の降伏強さを500 MPaとする。

- ① 60 ② 120 ③ 180 ④ 240 ⑤ 300

Ⅲ－14 原子力発電所の燃料や放射性廃棄物の日本国内での輸送、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 原子燃料が盗難にあつて悪用されたり、輸送の途中で妨害を受け輸送の安全が損なわれたりすることを未然に防止するための措置として、原子燃料の輸送日時、経路などの情報は、国際間の取決めに基づく国の指導により、事前に公表できない。
- ② 使用済燃料は放射線量が高くまた発熱をとまなうので、通常、発電所内で一定期間冷却したあと、専用の輸送容器に収納し、使用済燃料専用輸送船を使用して再処理工場の至近の港まで海上輸送される。
- ③ 実用発電用原子炉及び核燃料施設等に係る新規制基準においては、使用済燃料の貯蔵に対する防護対策の強化が要求されており、PWRでは、大量の使用済燃料ピット水の漏えいに備えて、可搬型ポンプによるスプレイ冷却対策を施している例がある。
- 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、濃縮廃液や紙・布などの焼却灰はセメントやアスファルトと混ぜて固化し、ドラム缶に詰めて原子力発電所内の放射性固体廃棄物貯蔵庫に保管する。
- ⑤ 高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）を封入したステンレス製キャニスタは、貯蔵ピット内の収納管に納められ、水中で保管される。

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、中性子、陽子、電子の質量をそれぞれ、 2.014102 u 、 1.008665 u 、 1.007276 u 、 0.000549 u とする。ここで、 u は原子質量単位で、 $1\text{ u}=931.5\text{ MeV}$ である。

- ① 1.11 ② 2.22 ③ 5.55 ④ 7.77 ⑤ 9.99

Ⅲ-16 地球上では、宇宙線と地球大気との核反応により様々な放射性核種が生成している。その代表的な核種の1つがトリチウム (^3H) である。トリチウムの濃度は、(軽)水素 (^1H) に対するトリチウムの原子数の比 [$(^3\text{H}$ の原子数)/(^1H の原子数)] で表されることがあり、 10^{-18} を1トリチウム単位 (記号TU) とする。雨水中の濃度はおよそ10 TUである。これを水1リットル当たりに含まれるトリチウムの放射能 [Bq] にすると、最も近い値はどれか。ただし、トリチウムの半減期を12年、水の分子量を18、アボガドロ定数を $6.0\times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$ 、 $\ln 2=0.69$ とする。

- ① 0.60 ② 1.2 ③ 1.8 ④ 2.3 ⑤ 4.5

Ⅲ-17 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・ワルトン加速器は、整流器とコンデンサーを多段に組み合わせた電圧増倍回路を利用して高電圧を作り、その電位差を利用してイオンを加速する。
- ② 陽子加速用の直線加速器は、多数の中空円筒型電極を同軸直列に並べ、これらの電極間に発生させた高周波電場によって加速する。
- ③ シンクロトロンでは、加速粒子のエネルギーが大きくなるに従って、磁場の強度を弱くし、加速粒子が常に一定軌道を周回するようにしている。
- ④ サイクロトロンでは、静磁場内で半円形の2つの電極 (ディー電極) を向い合せ、加速粒子が電極間を通過するたびに電位差をかけて加速する。
- ⑤ タンデム型ファン・デ・グラーフ加速器では、加速管の中央部に絶縁ベルト又はペレットチェーンを回転させて作った高電位電極を置き、初めに負イオンを加速し、電極を通過後、薄膜などで電子をはぎ取り、正イオンにして再び加速する。

Ⅲ-18 親核種の半減期 T_1 が、その娘核種の半減期 T_2 に比べて十分に長く ($T_1 \gg T_2$)、娘核種は最初存在しなかったとする。 T_2 より十分に長い時間が経過し永続平衡が成り立っているときの親核種及び娘核種の放射能をそれぞれ A_1 、 A_2 とすると、この場合、近似的に成り立つ式として最も適切なものは、次のうちどれか。

- ① $A_1/A_2=1$
- ② $A_1/A_2=T_1/T_2$
- ③ $A_1/A_2=T_2/T_1$
- ④ $A_1/A_2=T_2/(T_1+T_2)$
- ⑤ $A_1/A_2=T_2/(T_1-T_2)$

Ⅲ-19 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 光電効果で放出される光電子は、線スペクトルである。
- ② 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。
- 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る陽電子は、線スペクトルである。
- ⑤ 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。

Ⅲ-20 荷電粒子の衝突阻止能がベータの式で記述できるエネルギー領域において、運動エネルギーが同じである陽子と α 粒子の衝突阻止能の比として最も適切なものはどれか。

- ① 1 : 2
- ② 1 : 4
- ③ 1 : 8
- ④ 1 : 16
- ⑤ 1 : 32

Ⅲ-21 放射線のエネルギー測定における放射線の種類と検出器の組合せについて、次の記述のうち最も適切なものはどれか。

- ① ^{137}Cs の γ 線のエネルギーをGM計数管で測定する。
- ② 高速中性子のエネルギーを BF_3 比例計数管で測定する。
- ③ ^3H の β 線のエネルギーを $\text{NaI}(\text{Tl})$ シンチレーション検出器で測定する。
- ④ ^{241}Am の α 線のエネルギーをSi表面障壁型半導体検出器で測定する。
- ⑤ 数十keV程度のX線のエネルギーを空気等価壁電離箱で測定する。

Ⅲ-22 放射線計数装置で、ある試料を T 分間測定して N カウントの計数値を得た。次に、試料を除いて、バックグラウンドを T_b 分間測定して N_b カウントの計数値を得た。このとき、この試料の1分間当たりのバックグラウンドを差し引いた正味の計数率の統計誤差として最も適切なものはどれか。

- ① $\frac{\sqrt{N+N_b}}{T+T_b}$
- ② $\sqrt{\frac{N}{T^2} - \frac{N_b}{T_b^2}}$
- ③ $\frac{\sqrt{N}}{T} + \frac{\sqrt{N_b}}{T_b}$
- ④ $\frac{\sqrt{N+N_b}}{\sqrt{T^2+T_b^2}}$
- ⑤ $\sqrt{\frac{N}{T^2} + \frac{N_b}{T_b^2}}$

Ⅲ-23 化学反応を利用した放射性核種の分離に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① $\text{Ca}^{14}\text{CO}_3$ を塩酸で溶解すると、 ^{14}C を含む気体が発生する。
- ② $^{24}\text{NaOH}$ を溶解した水溶液に硫化水素ガスを吹き込むと、 ^{24}Na を含む沈殿が生成する。
- ③ $^{64}\text{Cu}^{2+}$ を含む水溶液に亜鉛の金属片を入れると、 ^{64}Cu が亜鉛の表面に析出する。
- ④ $^{110\text{m}}\text{Ag}^+$ を含む水溶液に塩酸を加えると、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ を含む沈殿が生成する。
- ⑤ $^{133}\text{BaCl}_2$ を溶解した水溶液に硫酸イオンを加えると、 ^{133}Ba を含む沈殿が生成する。

Ⅲ-24 短時間（数週間以内）の γ 線による全身被ばくによって生じるヒトの確定的影響について、次のうち最も適切なものはどれか。

- ① およそ0.05 Gyの被ばくによって、リンパ球が減少する。
- ② およそ0.1 Gyの被ばくによって、造血機能が低下する。
- ③ およそ0.5 Gyの被ばくによって、皮膚に紅斑が現れる。
- ④ およそ1 Gyの被ばくによって、脱毛が起こる。
- ⑤ およそ7 Gyの被ばくによって、ほとんどのヒトが死亡する。

Ⅲ-25 物理的半減期60日の放射性核種が体内に取り込まれてから120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〕として最も適切なものはどれか。

- ① 60 ② 90 ③ 120 ④ 180 ⑤ 240

Ⅲ-26 私たちの身体にはカリウムが含まれており、食物摂取による増加量と代謝及び壊変による減少量がほぼバランスされ、時間的にほぼ一定に保たれている。簡単のため、体重60 kgの人に3,600 Bqの ^{40}K が身体内に均一に分布しており、1.3 MeVの β^- 線（平均エネルギー0.56 MeV）のすべてが吸収されると仮定すると、この β^- 線による年間の平均被ばく吸収線量 [mGy] として最も適切なものはどれか。ただし、 ^{40}K の β^- 壊変の分岐比を89%、 $1\text{ eV}=1.6\times 10^{-19}\text{ J}$ とする。

- ① 0.02 ② 0.08 ③ 0.12 ④ 0.15 ⑤ 0.18

Ⅲ-27 厚さ3 cmの鉛容器に入れた ^{137}Cs 線源を輸送容器に梱包してL型輸送物（容器表面線量率が $5\ \mu\text{Sv/h}$ を超えない。）として運搬する場合に、運搬できる最大の放射能 [MBq] として最も適切なものはどれか。

ただし、 ^{137}Cs から輸送容器表面までの最短距離は30 cmであり、遮へい効果は鉛容器についてのみ考慮し、輸送容器については無視できるものとする。また、 ^{137}Cs の1 cm線量当量率定数を $0.0927\ \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 、 ^{137}Cs に対する鉛の半価層は0.75 cmとする。

- ① 0.67 ② 1.2 ③ 20 ④ 39 ⑤ 77

Ⅲ-28 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 日本では、ジャガイモの発芽制御のための食品照射は認可されていない。
- 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 人工増殖した害虫のオスのさなぎに 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 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、強化プラスチックの製造やタイヤの強化が行われている。
- ⑤ 人工腎臓、注射針、手術用手袋、メスや縫合糸などの医療用具の滅菌処理に放射線が利用されている。

Ⅲ-29 日本における電源の運用について、次のうち発電量が最も小さいものはどれか。

- ① 発電効率が40%の石炭火力で発電したとき100万トンの石炭が使われた。ただし、石炭の発熱量は $26,000 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ とする。
- ② 発電効率が55%のLNG複合火力で発電したとき50万トンのLNGが使われた。ただし、LNGの発熱量は $54,400 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ とする。
- ③ 発電効率が33%の軽水炉で発電したとき1トンのウラン235が核分裂に使われた。ただし、ウラン235の原子1個の核分裂によって有効に取り出せるエネルギーを190 MeVとする。また、1 MeVを $1.6\times 10^{-13} \text{ J}$ 、アボガドロ定数を $6.0\times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。
- ④ 2 MWの風力発電機1,000基を設置した。1年間の平均設備利用率が18%であった。
- ⑤ 4 kWの太陽光発電設備を20万軒の家庭の屋根に設置した。1年間の平均設備利用率が12%であった。

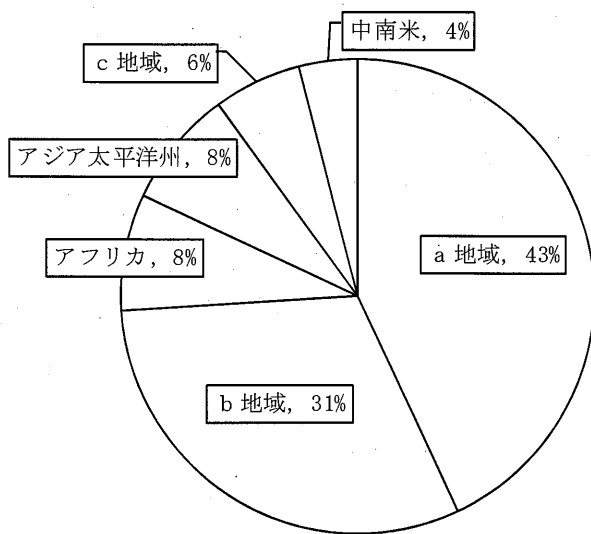
Ⅲ-30 我が国のエネルギー政策の基本的な方向性を示す、エネルギー基本計画における一次エネルギーの特徴に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- 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 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。
- 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く、また資源量も豊富である。
- 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 石油は一次エネルギーの4割強を占め、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。

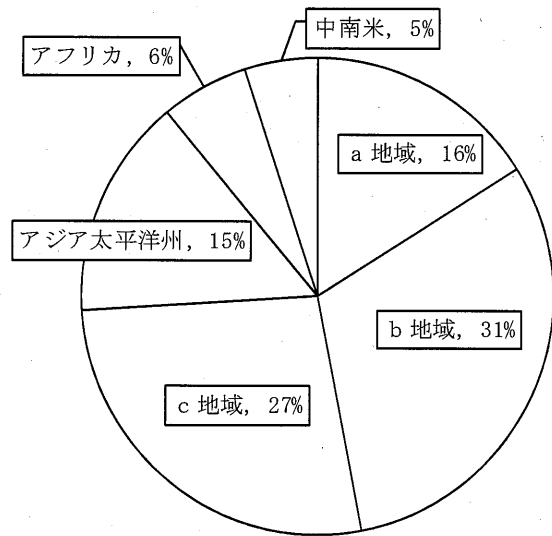
Ⅲ-31 下図は、2012年末の世界の天然ガスの確認埋蔵量約187兆 m^3 と2012年の世界の天然ガス生産量約3.4兆 m^3 の地域別の内訳を示している。a地域、b地域、c地域は、北米、欧州諸国（欧州・ロシア・その他旧ソ連邦諸国）、中東の3つの地域のいずれかであり、次の特徴を有している。a地域は確認埋蔵量が最も多いが生産量はさほど多くない。b地域は確認埋蔵量、生産量ともほぼ同じシェアを有している。c地域は確認埋蔵量が少ないのに生産量はトップに迫るシェアを有している。次の組合せのうち、最も適切なものはどれか。

	a 地域	b 地域	c 地域
①	中東	北米	欧州諸国
②	欧州諸国	北米	中東
③	北米	中東	欧州諸国
④	欧州諸国	中東	北米
⑤	中東	欧州諸国	北米

2012年末の地域別天然ガス確認埋蔵量



2012年の地域別天然ガス生産量



Ⅲ-32 低炭素社会の実現のため、2011年の気候変動枠組条約締約国会議において、2020年より発効する全ての国が参加する新たな法的枠組みへの合意を目指すことが決まった。2050年における世界人口と1人当たりエネルギー消費量が、下表のように、それぞれ1.5倍と3倍にまで増加すると仮定したとき、2050年の二酸化炭素排出量を2000年の値の50%にするためには、単位エネルギー消費量当たりの二酸化炭素排出量をどれだけまで削減しなければならないか。

	世界人口 [億人]	1人当たり エネルギー消費量 [TOE/人]	二酸化炭素排出量 [億トン(炭素)]
2000年	60	1.50	64
2050年	90 (国連人口統計の中位推計では92億人)	4.50 (2000年の先進国OECDの平均値)	32 (目標値：2000年の排出量の1/2)

* TOE：石油換算トン

* 2000年の数値は「エネルギー・経済統計要覧2006，省エネルギーセンター」から引用

- ① 1/1.5 ② 1/3 ③ 1/6 ④ 1/9 ⑤ 1/12

Ⅲ-33 地球環境問題への取組に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 中国の温室効果ガスの排出量は急激に増加しており、米国を抜いて世界最大の排出国となった。このため原子力発電の増設や省エネルギーを含む各種温暖化対策が講じられている。
- ② 「気候変動に関する政府間パネル」は、定期的に地球温暖化について、人為起源による気候変化、影響及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的見地から包括的に評価している。
- ③ 京都議定書第一約束期間における我が国の年平均温室効果ガス排出量は、東京電力福島第一原子力発電所の事故の影響で火力発電の利用が多くなったため、議定書に定められた削減目標を達成できなかった。
- ④ クリーン開発メカニズムの実施に課題があるため、日本政府は並行して二国間クレジット制度に関する取組を進めている。
- ⑤ 温室効果ガス削減に向け、1990年代以降欧州各国を中心に環境関連税制の見直し強化が進んでいる。さらに欧州連合では域内における排出量取引制度も始まった。

Ⅲ-34 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。

「原子力災害対策特別措置法」(原災法)では、 a に、原子力事業所ごとに、原子力防災組織の設置や原子力防災管理者の配置を求めている。また、災害が発生した際には、 b に自らが本部長となる原子力災害対策本部の設置を求めている。

また、「原子力損害の賠償に関する法律」(原賠法)は、 c と原子力事業の健全な発達を目的として、原子力損害賠償制度の全般的な枠組みを定めたものであり、原子力事業者に無過失・無限の賠償責任を課している。ただし、原子力事業者に対して原子力損害賠償責任保険への加入等の損害賠償措置を講じることを義務づけており、その賠償措置額の上限は d 。

	a	b	c	d
①	地方自治体	原子力規制委員長	被災地の復旧	1,200億円である
②	原子力事業者	原子力規制委員長	被害者の保護	定められていない
③	地方自治体	内閣総理大臣	被災地の復旧	1,200億円である
④	原子力事業者	内閣総理大臣	被害者の保護	1,200億円である
⑤	原子力事業者	原子力規制委員長	被災地の復旧	定められていない

Ⅲ-35 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、 a を昭和52年に締結し、IAEAの保障措置声明において、「申告された核物質の核兵器等への転用はない。」との結論を毎年得ている。

平成11年には b を締結し、IAEA保障措置の強化・効率化に積極的に対応した結果、転用を示す兆候も未申告の核物質及び原子力活動を示す兆候もなく、「すべての核物質が c の中にとどまっている。」との結論が平成16年の同声明において初めて得られ、これにより、査察の回数が削減される d が適用されている。

	a	b	c	d
①	日・IAEA保障措置協定	IAEA新保障措置協定	平和的活動	統合保障措置
②	日・IAEA保障措置協定	協定の追加議定書	平和的活動	簡易保障措置
③	日・米原子力協力協定	IAEA新保障措置協定	当該施設	簡易保障措置
④	日・IAEA保障措置協定	協定の追加議定書	平和的活動	統合保障措置
⑤	日・米原子力協力協定	協定の追加議定書	当該施設	簡易保障措置