

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 熱中性子と鉄の相互作用に関する次の記述の、に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

何らかの相互作用を起こすまでの熱中性子の平均自由行程は a [cm] である。
 また、熱中性子が吸収されるまでの平均自由行程は b [cm] である。熱中性子線が平行に入射しビルドアップが無視できるとしたとき、鉄の厚みが a [cm] の c 倍と d 倍の間で透過後の強度は1/100以下となる。ただし、鉄の巨視的散乱断面積を 0.96cm^{-1} 、巨視的吸収断面積を 0.22cm^{-1} とする。また、 $e^{-1}=0.37$ とする。

	a	b	c	d
①	0.6	3	3	4
②	0.8	5	4	5
③	0.8	3	5	6
④	1	5	4	5
⑤	1	3	3	4

Ⅲ-2 中性子と原子核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 ^{235}U の場合、微視的核分裂断面積は1 eV以下ではエネルギーが増加するにつれて中性子の速度にほぼ反比例して減少する。
- ② 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)反応にはしきいエネルギーがある。
- ③ 燃料温度が上昇すると、ドップラー効果で ^{238}U の中性子共鳴吸収断面積の共鳴の幅が広がり、減速中の中性子は共鳴に捕獲されやすくなる。
- ④ 核分裂の際に放出される中性子の数の平均値は、核分裂する同位体と入射する中性子のエネルギーに依存する。
- ⑤ 原子炉の動特性に大きな影響を与える遅発中性子は、核分裂性核種が中性子を吸収した後、時間遅れを伴って核分裂が起こることで発生する。

Ⅲ－３ 原子炉の運転における反応度に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 均質な中性子吸収物質からなる制御棒を1本のみ有する円柱型の均質原子炉において、制御棒が中心軸に沿って配置されているとき、負の反応度効果は挿入量に正比例する。
- ② 現在稼働中の軽水型原子炉では、燃料交換時に余剰の反応度を持つようにすることで、次の燃料交換までの期間、定格出力で運転を継続することができる。
- ③ 原子炉停止後、 ^{135}Xe の反応度効果は、 ^{135}I の壊変による生成と ^{135}Xe 自身の壊変が合わさり、ピークに達した後減少していく。
- ④ 一定の出力で運転中の原子炉は臨界であるが、高出力に変更するときには超臨界に、逆に低出力に変更するときには未臨界にして、目標出力に到達したら臨界に戻す。
- ⑤ 遅発中性子割合 β を有する原子炉に反応度 ρ をステップ状に投入した場合、 $\rho \ll \beta$ であれば原子炉の出力は反応度投入直後に約 $\beta / (\beta - \rho)$ 倍となる。

Ⅲ－４ 次の式で定義されるクオリティを、定格出力時の沸騰水型軽水炉の炉心出口について求めるとき、最も近い値はどれか。

$$\text{クオリティ} = \text{飽和蒸気の質量} / (\text{飽和蒸気の質量} + \text{飽和液の質量})$$

ただし、原子炉熱出力を $3.30 \times 10^9 \text{ W}$ 、炉心冷却材全流量を $1.35 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ 、炉心入口冷却材温度を 548 K 、サブクール度を 11.0 K 、定圧比熱を $4.50 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、蒸発潜熱を $1.50 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ とする。

- ① 0.11 ② 0.12 ③ 0.13 ④ 0.14 ⑤ 0.15

Ⅲ-5 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 ^{235}U と ^{238}U 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 $F = P + W$

・ ^{235}U の収支平衡 $f \times F = e \times P + d \times W$

ここで、記号の意味は次のとおりである。

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 ^{235}U の重量比

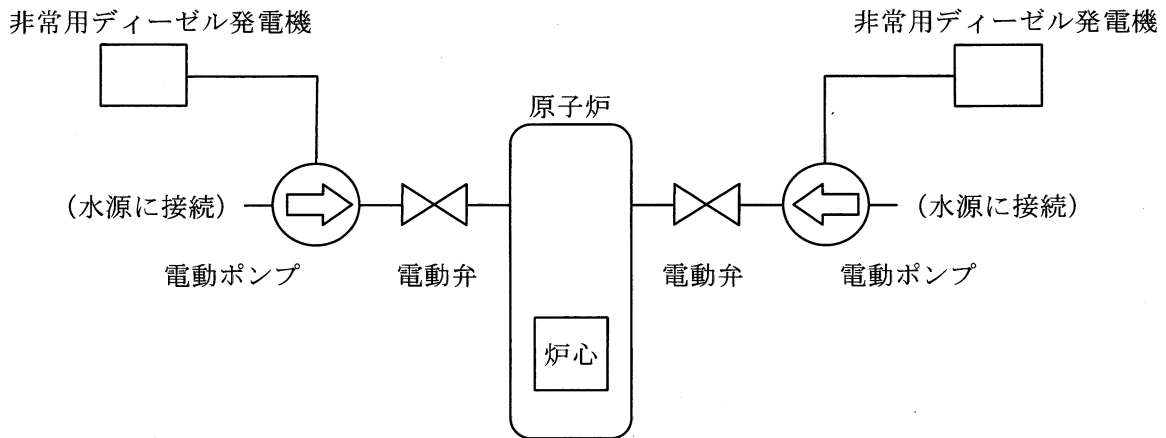
e : 製品ウラン濃縮度

d : 劣化ウラン中の ^{235}U の重量比

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供給量 F [トン]に最も近い値はどれか。ただし、天然ウラン中の ^{235}U の重量比を0.72%、劣化ウラン中の ^{235}U の重量比を0.20%とする。

- ① 7 ② 8 ③ 9 ④ 10 ⑤ 11

Ⅲ－6 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2系統用意されている原子炉を想定する（下図参照）。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、事故の発生や機器の作動失敗はすべて互いに独立した事象とし、その発生頻度や作動失敗の確率を次のように仮定する。

- ・冷却材喪失事故の発生頻度 1×10^{-4} 回/年
- ・非常用ディーゼル発電機の起動失敗の確率 1×10^{-3}
- ・電動ポンプの起動失敗の確率 4×10^{-3}
- ・電動弁の開動作失敗の確率 4×10^{-3}

また、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。冷却材喪失事故が発生し、非常用炉心冷却系が2系統とも原子炉への注水に失敗する事態の発生頻度 [回/年] に最も近いものはどれか。

- ① 1×10^{-8} ② 1×10^{-7} ③ 1×10^{-6} ④ 1×10^{-5} ⑤ 1×10^{-4}

Ⅲ－7 RIA (Reactivity-Initiated Accident) と呼ばれる、制御棒の落下や飛び出しによって原子炉出力の急上昇に至る反応度事故における、燃料の挙動に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① RIAの発生に伴って燃料温度が急上昇すると、膨張した燃料ペレットが被覆管を内側から押し広げる燃料ペレット／被覆管機械的相互作用 (PCMI) を生じる。
- ② RIAに至るまでの運転中に照射脆化や水素吸収等の原因で被覆管の延性が著しく低下している場合には被覆管にき裂が入り、PCMI破損に至る。
- ③ PCMI破損に至らなくても、さらに燃料エンタルピーが上昇する場合には、核沸騰から膜沸騰への遷移を生じ、燃料棒が蒸気膜で覆われることによって除熱が低下して被覆管温度が急上昇する。
- ④ 沸騰の遷移により被覆管温度が急上昇した場合、燃料棒内のガスの温度も急上昇することで燃料棒の内圧が急上昇し、被覆管の大きな膨れを伴う高温破裂を生じる。
- ⑤ PCMI破損、高温破裂の双方を生じず、さらに大きな燃料エンタルピーの上昇を伴う場合、被覆管が長期間高温に維持されて部分的な溶融や著しい酸化に至る部分溶融・脆性破損に至る。

Ⅲ－8 転換比に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 転換比とは、消費される燃料量に対する生成される ^{239}Pu などの燃料量の比である。
- ② 現在稼働している軽水炉の転換比は、0.5～0.6である。
- ③ 重水炉での転換比は、現在稼働している軽水炉より低い。
- ④ 天然ウランの利用率を10%以上にするためには、0.93程度以上の転換比が必要である。
- ⑤ 増殖炉では転換比が1を超えるため、ウラン資源は理論上100%利用可能となる。

Ⅲ－9 核燃料に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 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ない。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ ^{239}Pu は、 ^{239}Np が β^- 壊変して生成される。
- ⑤ 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。

Ⅲ－10 我が国で建設された様々な原子力プラントに関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 高温ガス炉（HTGR）では、冷却材としてヘリウムガスが用いられ、900℃以上の高温を得ることができる。
- ② 高速炉（FBR）は、水を使用せずに発電できるシステムである。
- ③ 日本で最初の商業原子力発電では、黒鉛減速軽水冷却炉が採用された。
- ④ 加圧水型軽水炉（PWR）では、制御棒の中性子吸収材として主に炭化ホウ素（ B_4C ）が使用されている。
- ⑤ 沸騰水型軽水炉（BWR）では、核分裂で発生したエネルギーが蒸気発生器を通じてタービンに輸送され発電に使われる。

Ⅲ－11 我が国に導入されている加圧水型軽水炉（PWR）と沸騰水型軽水炉（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やBWRには自己制御性があり、これはドップラー効果などによる反応度抑制効果である。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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量の変化を利用して原子炉の出力を制御する。
- ⑤ 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。

Ⅲ－12 原子炉材料の腐食や経年劣化に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 低サイクル疲労とは、材料に繰り返し応力がかかることにより、微小な変形領域が生じ、それが割れとなって成長し静的強度より低い応力でも割れを起こす現象である。
- ② 中性子照射脆化とは、金属材料が中性子の照射を受けて結晶構造の中に非常に微小な欠陥等が生じ、靱性が低下する現象である。
- ③ 応力腐食割れは、ステンレス鋼の溶接部近傍で起こりやすく、材料因子、環境因子、応力因子のいずれかの要因が、ある条件を満たした場合に発生する現象である。
- ④ 流れ加速型腐食とは、炭素鋼や低合金鋼などの表面の保護皮膜が、流動水や水・蒸気混合物中へ溶出することによって、腐食が促進される現象である。
- ⑤ 原子炉構造材料の非破壊検査の方法として、浸透探傷試験、渦流探傷試験、放射線透過試験、超音波探傷試験などが用いられる。

Ⅲ－13 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 採鉱・精錬された後のウランの化学形は主として U_3O_8 （八酸化三ウラン）であり、一般にイエローケーキと呼ばれる。
- ② 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繰り返す。
- ③ 再転換工程では、 UF_6 （六フッ化ウラン）から重ウラン酸アンモニウムを作った後、ばい焼・還元して UO_2 （二酸化ウラン）を作る。
- ④ ペレット成形工程では、燃料粉末を円筒状のペレットに成形し、外周を研削して所定の寸法に揃えたのち、高温で焼結する。
- ⑤ ピューレックス法による再処理工程では、硝酸に溶解した使用済み燃料からリン酸トリブチル（TBP）を用いてウランやプルトニウムなどを分離する。

Ⅲ-14 日本の原子力発電所の燃料や放射性廃棄物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 高レベル放射性廃棄物のガラス固化に使用するガラスとして、ホウケイ酸ガラスが採用されている。
- ③ 高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）は発熱量が大きいいため、貯蔵期間中は循環水により冷却されている。
- ④ 使用済燃料中間貯蔵施設（青森県むつ市）では、使用済み燃料をプール水中に設置されたラック（金属製の枠組み）に収納して貯蔵する湿式貯蔵を採用している。
- ⑤ クリアランスレベルは、日常生活において自然界の放射線から受けている線量の1/10未満に相当する放射能濃度として、放射性物質の種類ごとに設定されている。

Ⅲ-15 次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

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

Ⅲ-16 ${}^3\text{H}$ （トリチウム）は β^- 壊変により ${}^3\text{He}$ になる。 37GBq 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、 ${}^3\text{H}$ の半減期は $3.9 \times 10^8 \text{ s}$ 、 β^- 線の平均エネルギーは 5.7 keV 、 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ とする。

- ① 0.01 ② 0.1 ③ 1 ④ 10 ⑤ 100

Ⅲ-17 ^{252}Cf は α 壊変と自発核分裂で壊変する。その全半減期は2.64年で、 α 壊変の部分半減期は2.72年である。1 gの ^{252}Cf の毎秒の自発核分裂数 $[\text{s}^{-1}]$ に最も近い値はどれか。ただし、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、 $\ln 2 = 0.69$ とする。

- ① 5×10^{10} ② 1×10^{11} ③ 5×10^{11} ④ 1×10^{12} ⑤ 5×10^{12}

Ⅲ-18 天然の放射性核種に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① アクチニウム系列は ^{227}Ac から始まる天然の壊変系列である。
② トリウム系列は ^{208}Pb で終わる天然の壊変系列である。
③ ウラン系列には ^{222}Rn が含まれる。
④ 壊変系列を作らないで単独で存在する核種がある。
⑤ 宇宙線による核反応で生成される核種がある。

Ⅲ-19 放射線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 水と放射線との相互作用で生成する水和電子は酸化力を持っている。
② 高分子に放射線を照射すると、架橋反応や分解反応が起こる。
③ 水中における1 MeVと10 MeVの陽子のLET（線エネルギー付与）を比べると、1 MeVの方が大きい。
④ 気体が放射線により電離されるとき、1組のイオン対を作るのに必要な平均エネルギーをW値という。
⑤ δ 線は、荷電粒子が物質中でイオン化を起こした結果放出される電子のうち、電離作用を起こすのに十分なエネルギーを持つ電子である。

Ⅲ-20 ^{90}Sr と ^{90}Y の放射化学分離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。

^{90}Sr のみを含む水溶液には β^- 壊変によって娘核種の ^{90}Y が次第に生成してくる。この溶液に、非放射性のストロンチウムとイットリウムを担体として加えたのち、 a にすると、 ^{90}Y はイットリウムとともに水酸化物として沈殿し、 ^{90}Sr はストロンチウムとともに水溶液中に残るため、 ^{90}Sr と ^{90}Y を分離することができる。もし、非放射性のストロンチウムを加えない場合には、 ^{90}Sr は b になりやすく、イットリウムの水酸化物に取り込まれる可能性がある。この現象を c という。また、 ^{90}Sr を溶液中に残すために加えたストロンチウムのことを d と呼ぶ。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>
①	アルカリ性	イオン	共沈	スカベンジャ
②	酸性	酸化物	ミルクキング	スカベンジャ
③	アルカリ性	ラジオコロイド	共沈	保持担体
④	酸性	イオン	共沈	スカベンジャ
⑤	アルカリ性	ラジオコロイド	ミルクキング	保持担体

Ⅲ-21 放射線によるDNA損傷に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① DNAの損傷は、発がんの原因となることがある。
- ② DNAの損傷に対し、ヒトの細胞は修復能を有している。
- ③ DNAの損傷には、塩基遊離、1本鎖切断、2本鎖切断などがある。
- ④ DNAの損傷では、2本鎖切断の方が1本鎖切断より起こりやすい。
- ⑤ DNAの損傷の2本鎖切断は、高LET放射線の方が低LET放射線より起こりやすい。

Ⅲ-22 有効体積 500 cm^3 の空気等価電離箱を γ 線照射場に置いたところ、 $1.6 \times 10^{-10}\text{ A}$ の電離電流が測定された。この 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 1.2×10^{-9}
- ② 2.7×10^{-7}
- ③ 9.6×10^{-7}
- ④ 9.6×10^{-4}
- ⑤ 3.3×10^{-2}

Ⅲ-23 非相対論的重荷電粒子の吸収物質中での阻止能に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。ただし、重荷電粒子の速度は、吸収物質の原子の軌道電子の速度に比べて十分大きいものとする。

- ① 阻止能の単位は $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ である。
- ② 阻止能は重荷電粒子の速度の2乗にほぼ比例する。
- ③ 阻止能は重荷電粒子の電荷にほぼ比例する。
- ④ 阻止能は吸収物質の単位体積中の原子数にほぼ反比例する。
- ⑤ 阻止能は物質の原子番号にほぼ比例する。

Ⅲ-24 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 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したがって、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。
- ② コッククロフト・ウォルトン型加速器は、整流器とコンデンサーを多段に組合せた倍電圧整流回路を利用して直流高電圧を作り、荷電粒子を加速する。
- ③ 陽子加速用の直線加速器は、中空円筒などの多数個の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陽子を加速する。
- 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、これらの間に高周波電場を加え、粒子が電極間を通過するたびに粒子を加速する。
- ⑤ タンデム型バン・デ・グラーフ加速器では、加速管の中央部に絶縁ベルトを回転させて作った高電圧電極を置き、初めに負イオンを加速し、電極の内側で炭素薄膜などのストリッパーで電子をはぎ取り、正イオンにして再び加速する。

Ⅲ-25 放射性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 α 壊変を起こした核種は、壊変後には質量数が4減る。
- ② β^- 壊変を起こした核種は、壊変の前後で質量数は変わらない。
- ③ 電子捕獲を起こした核種は、壊変後には原子番号が1増える。
- ④ 核異性体転移を起こした核種は、転移の前後で質量数は変わらない。
- ⑤ 自発核分裂を起こす核種は、分裂する際に中性子を放出する。

Ⅲ-26 X線に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 電子が物質の原子核により進行方向を曲げられるときに特性X線が発生する。
- ② 特性X線のエネルギースペクトルは連続スペクトルである。
- ③ 制動X線のエネルギースペクトルは線スペクトルである。
- ④ 励起状態にある原子核が基底状態に戻るときに特性X線が放出される。
- ⑤ 電子捕獲の直後に特性X線が放出されることがある。

Ⅲ-27 ある試料から放出される γ 線をGM計数管で測定した。1分間の測定で、バックグラウンドを含めて3,000カウントであった。次に試料を取り除き、バックグラウンド計測をしたところ、1時間の測定で60,000カウントであった。試料から放出される γ 線の正味の計数率の標準偏差 [cps] に最も近い値はどれか。ただし、計測時間の不確かさ、並びにGM計数管の不感時間は無視できるものとする。

- ① 0.15 ② 0.92 ③ 3.5 ④ 8.2 ⑤ 33

Ⅲ-28 ^{14}C 又は ^{210}Po の壊変に際して放出される放射線の検出に適した検出器の組合せとして、最も適切なものはどれか。

	核種	検出器
(ア)	^{14}C	高純度Ge半導体検出器
(イ)	^{14}C	液体シンチレーション検出器
(ウ)	^{14}C	NaI (Tl) シンチレーション検出器
(エ)	^{210}Po	Si表面障壁型半導体検出器
(オ)	^{210}Po	NaI (Tl) シンチレーション検出器

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

Ⅲ-29 日本の一次エネルギー総供給は年間 2.11×10^{16} kJ (2016年度) である。このエネルギーは、日本人が消費している食物の熱量の何倍になるか。次のうち、最も近い値はどれか。ただし、日本の人口を1.27億人、食物から摂取する1人・1日当たりの熱量を平均2,000kcalとし、1 kcal=4.19 kJとする。

- ① 5倍 ② 10倍 ③ 20倍 ④ 50倍 ⑤ 100倍

Ⅲ－30 国際的な関係の中で原子力の平和利用を進めること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。

核兵器及び核兵器技術の拡散を防止し、核エネルギーの平和的利用を助長させ、核軍縮の促進を主な目的とした a の基で、国際原子力機関（IAEA）は条約締約国である非核兵器国を対象に、核物質が平和の目的だけに利用され、核兵器に転用されないことを担保するために行われる検認活動が b である。具体的には帳簿検査、員数勘定、現場での非破壊測定、分析用サンプルの採取等の c が行われる。

また、輸送中の核物質の盗難や原子力施設の核物質の不法な移転或いは妨害破壊行為などを未然に防ぐ国際的及び国内的な取組を d という。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>
① 核兵器の不拡散に関する条約		保障措置	査察	核物質防護
② 核兵器の不拡散に関する条約		査察	核物質防護	保障措置
③ 包括的核実験禁止条約		核物質防護	査察	保障措置
④ 包括的核実験禁止条約		保障措置	核物質防護	査察
⑤ 核兵器の不拡散に関する条約		査察	保障措置	核物質防護

Ⅲ-31 原子力施設において、これまでに発生した事故に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 1999年9月30日にジェー・シー・オーのウラン転換試験棟において、濃縮度18.8%の硝酸ウラニル溶液の取扱中に臨界に至った。臨界は、約20時間にわたって核分裂状態が継続した。事故の原因は、本来の使用目的と異なるタンクへ許認可上の制限値を超える硝酸ウラニル溶液を注入するといった安全意識の欠如によるものであった。
- ② 1995年12月8日に動力炉・核燃料開発事業団の高速増殖原型炉「もんじゅ」において、出力上昇中に2次冷却系配管からナトリウムが漏えいし、大量の放射性物質が環境中に放出される事故が発生した。事故の原因は、温度測定用のさや管の設計ミスにより高サイクル疲労で温度計さや管が破断したことによるものであった。
- ③ 1986年4月26日にチェルノブイル原子力発電所4号炉にて、外部電力供給停止時のタービン発電機の慣性エネルギーによる発電実験中に原子炉出力が急上昇し、原子炉と建屋の一部が破壊され大量の放射性物質が放出された。事故の原因は、原子炉や制御系等の安全設計の脆弱さ、それを補う規則や手順の未整備等によるものであった。
- ④ 1979年3月28日にスリーマイルアイランド原子力発電所2号炉にて、一次系の冷却水の水位低下により、燃料の損傷が生じ周辺環境に少量の放射性物質が放出された。事故の原因は、炉心冷却が不十分であったのに運転員が一次冷却材は十分にあると誤判断し、非常用炉心冷却装置を早期に停止したことによるものであった。
- ⑤ 1997年3月11日に動力炉・核燃料開発事業団・再処理施設のアスファルト固化処理施設において火災が発生した。火災は一旦は消火されたが、約10時間後に爆発が起こり、建物の一部が破損し、放射性物質が飛散した。事故の原因は、アスファルト固化体が緩やかに発熱反応し続けたことと十分な消火を行わなかったことによるものであった。

Ⅲ－32 固定価格買取制度（以下、「FIT」という。）に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 2012年に創設されたFITは、再生可能エネルギー導入の原動力となり、制度創設から約4年間で対象となる再生可能エネルギーの導入量を制度創設前に比べて概ね2.5倍とする成果を挙げることができた。
- ② FIT運用開始後、メガソーラー等の事業用に比べて家庭用太陽光発電の導入が急速に拡大した一方で、リードタイムの長い地熱、風力、水力等の電源の導入は太陽光に比べて進んでおらず、これらの導入拡大を強力に推進する必要がある。
- ③ 再生可能エネルギーを最大限に導入しつつ、2030年度のエネルギーミックス22～24%の達成及び国民負担の軽減の両立を目的とし、2016年5月に改正FIT法が制定され2017年4月から施行された。
- ④ リードタイムの長い電源の導入を図るため、福島沖における世界最大の7MW浮体式洋上風車の実証試験の実施等による技術開発支援や通常3～4年かかる環境アセスメント手続の短縮化等の合理的な規制等について、改正FIT法に基づき検討が行われている。
- ⑤ 従来、再生可能エネルギーによる電気の買取義務者は、需要家に電気を供給する小売事業者としていたが、改正FIT法では、再生可能エネルギーのさらなる導入拡大を促す仕組みとするため、系統運用及び需給調整に責任を負う送配電事業者としている。

Ⅲ-33 国際エネルギー機関（IEA）は、ほぼ毎年“World Energy Outlook(世界エネルギー展望)”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きている。昨年の“World Energy Outlook 2017 (WEO-2017)”の背景には、世界のエネルギーシステムにおける四大変化があるとしている。WEO-2017で述べられている概観、展望の指摘、説明に関する次の（ア）～（エ）の記述のうち、不適切なものの組合せはどれか。

（ア）クリーンエネルギー技術の急速な普及とコストの低下：

2016年、太陽光発電容量の伸びは他のあらゆる発電形態を上回った。2010年以来、新規太陽光発電のコストは70%、風力発電のコストは25%、バッテリーコストは40%低下した。

（イ）エネルギーの電化の進展：

2016年に世界の消費者の電力支出は、石油製品への支出と並ぶ水準に近づいた。2040年に向けて電気自動車の普及によりガソリンは駆逐されることになる。

（ウ）中国のサービス経済化及びクリーンなエネルギー構成への移行：

中国は世界最大のエネルギー消費国である米国に迫り、WEO-2017で焦点をあて詳細に考察している。

（エ）米国のシェールガスとタイトオイルの強靱さ：

低油価の世界にあっても、世界最大の石油・天然ガス生産国という同国の位置付けは盤石になりつつある。

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

Ⅲ-34 2018年4月に経済産業省のエネルギー情勢懇談会は、“提言～エネルギー転換へのイニシアティブ～”を公表し、我が国の長期的なエネルギー政策についての考え方を示した。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。

再生可能エネルギーやガスの価格低下は、他の化石エネルギーや原子力の技術革新を誘発し、再生可能エネルギーに対抗、あるいは共存する動きも出ている。

褐炭をガス化して水素を製造し、その過程で発生するCO₂を経済的にCCS処理（炭素固定化）することで、脱炭素化エネルギー源に転換する日本と a の取組が始まっているが、現段階では実用化のレベルに達していない。再生可能エネルギーと b を組合せたシステムが脱炭素化に向けた登山口の1つだとすれば、このような化石燃料の脱炭素化の試みもその1つといえよう。

原子力も例外ではない。米国では、大型原子炉の安全運転管理を徹底してプラント耐用年数 c 年運転を実現しようとする動きなどに加えて、再生可能エネルギー価格やガス価格の低下が進む中で、小型原子炉の開発も始まっている。投資期間を短縮し投資適格性を高め、再生可能エネルギーとの共存可能性を目指した新しいコンセプトに基づく挑戦であり、英国やカナダなどでも同様の試みが d 主導で生じている。このように大型炉・小型炉を問わず、社会的要請に応えるイノベーションへの挑戦が世界で始まっている。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>
①	豪州	蓄電池	80	民間
②	米国	蓄電池	60	国家
③	中国	水電気分解	100	国家
④	米国	水電気分解	80	民間
⑤	豪州	圧縮空気貯蔵	60	国家

Ⅲ-35 ①～⑤の方策のうちで、原子力発電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全くないと仮定し、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 プラント耐用期間を60年に延ばす。
 - ③ 熱効率を36%に高める。
 - ④ 核燃料サイクルコストを30%削減する。
 - ⑤ 年間設備利用率を90%に高める。