

【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 日本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。また、原子力発電所の熱効率を34%、使用済燃料の燃焼度を38,000MW・日/トンとする。40年間の原子力発電所の運転によって発生する使用済燃料は、毎年640トンが再処理工場で再処理されるとする。再処理されずに中間貯蔵しなければならない使用済燃料は、40年間の合計で何トンになるか。次のうち最も近い値はどれか。

- ① 2,200トン
- ② 2,800トン
- ③ 3,400トン
- ④ 4,000トン
- ⑤ 4,600トン

Ⅲ－2 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300MW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 105MW
- ② 110MW
- ③ 115MW
- ④ 120MW
- ⑤ 125MW

Ⅲ-3 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。

ナトリウム冷却高速炉のシビアアクシデントにおいて燃料が溶融した後、半径 R の混合酸化物の溶融燃料球体が形成され、球体内部で発生する崩壊熱は球体表面にて除熱されている。燃料中心温度が $4,200\text{K}$ になれば中心部の燃料蒸気圧が十分に大きくなり、溶融燃料体はその形状を維持できず分散して微粒化する。溶融燃料球体内部の温度分布は定常状態とし、表面（半径 R の位置）の温度 T_s を $1,200\text{K}$ とする。単位体積あたりの崩壊熱 q は球内で一様であり、溶融燃料の熱伝導度を k とする。この球体内部の半径 r の位置の球面を考える ($r < R$)。定常状態の仮定から、この半径 r の位置の球面を通過する熱量はその球面内部の総発熱量と等しい。したがって、球面における熱流束は ア である。これから熱伝導方程式 $-k \frac{dT}{dr} = \text{ア}$ が得られる。熱伝導度 k は $0.03\text{W}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 、崩壊熱 q は $60\text{W}\cdot\text{cm}^{-3}$ であるとしてこれを解き、燃料中心温度を T_0 とすれば $T_0 - T_s = \text{イ}$ を得る。これから、溶融燃料球体はおよそ ウ 以下の半径でなければ安定に形状を維持できない。

- | | ア | イ | ウ |
|---|--------|------------|------|
| ① | $rq/3$ | $r^2q/12k$ | 1 cm |
| ② | $rq/6$ | $r^2q/12k$ | 2 cm |
| ③ | $rq/3$ | $r^2q/6k$ | 3 cm |
| ④ | $rq/6$ | $r^2q/12k$ | 6 cm |
| ⑤ | $rq/3$ | $r^2q/6k$ | 9 cm |

Ⅲ-4 再処理工場などでは、臨界管理が非常に重要である。ある燃料と減速材を混合した溶液が半径 R の球状で臨界になるとする。この溶液を半径 r の管で移送するとき、臨界にならないようにする必要がある。それを満足する、 R に対する r の寸法比 (r/R) の最大のものとして次のうち、最も近い値はどれか。ただし、球と無限に長い円柱の形状バックリングは、それぞれ $(\pi/R)^2$ 、 $(2.4/r)^2$ とする。

- ① 0.4 ② 0.5 ③ 0.6 ④ 0.7 ⑤ 0.8

Ⅲ-5 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核種をマイナーアクチニド核種という。

- ① 天然ウランの99.3%を占めるウラン238が中性子を捕獲するとウラン239を生成するが、その後 β^- 壊変を繰り返し、ネプツニウム239を経てプルトニウム239に変わる。
- ② マイナーアクチニド核種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廃棄物の発生量の削減に加えて高レベル廃棄物からの発熱量の低下につながり、地層処分の負担が軽減される。
- ③ 再処理で回収されるプルトニウムの同位体組成は、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低下する。しかし、プルサーマル利用ではこの高次化が進まず、プルトニウムを効率的に利用できる。
- ④ 使用済燃料中の超ウラン元素にはネプツニウム237、アメリシウム243などの長寿命の核種が多く、高レベル廃棄物の地層処分時の長期安全性を決める主要因である。
- ⑤ 混合酸化物燃料に含まれるプルトニウム241は核分裂性の物質で、半減期が14.4年である。この β^- 壊変によって、核分裂性でないアメリシウム241が生成される。

Ⅲ-6 熱出力4,500MW（電気出力1,500MW）の加圧水型原子炉の設計を想定する。原子炉の出力密度は1回の核分裂反応による放出エネルギー q と反応率 R の積で表される。平均濃縮度を2.0wt%とすると原子炉の出力密度 $[\text{MW}\cdot\text{m}^{-3}]$ として次のうち、最も近い値はどれか。

ただし、平均濃縮度は近似的に原子個数で表した2.0at%として扱うことができるものとする。また、 q は190MeV（ $=3.0\times 10^{-11}\text{J}$ ）、アボガドロ定数を $6.0\times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ とする。1モルの二酸化ウランの質量を0.27kg、二酸化ウランの密度を $1.1\times 10^4\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 、炉心体積のうち燃料の占める割合を27%とする。熱中性子エネルギー域における核分裂断面積は $5.8\times 10^{-26}\text{m}^2$ 、軽水炉の熱中性子束は $4.0\times 10^{17}\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ とする。

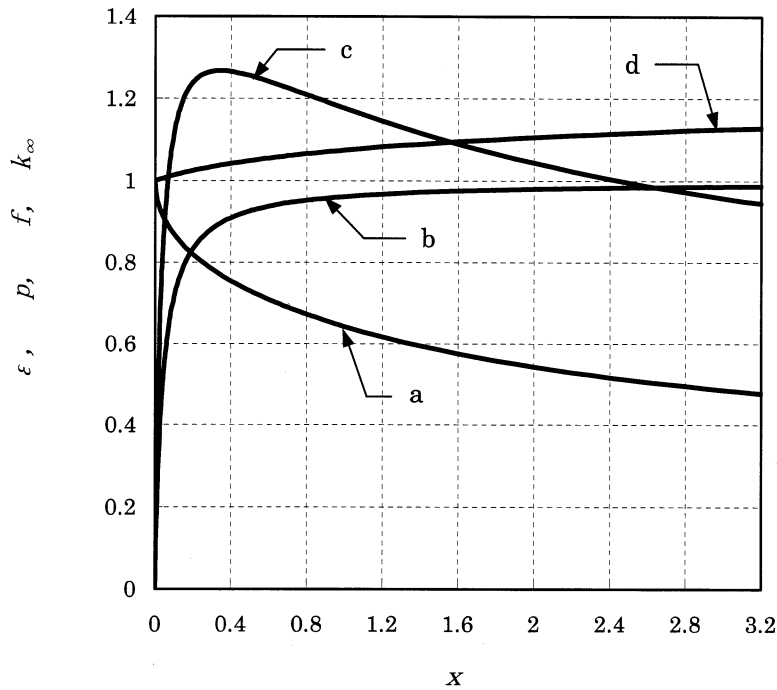
- ① 30 ② 50 ③ 70 ④ 90 ⑤ 110

Ⅲ－7 日本の発電用原子炉施設の安全設計における考え方に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 単一故障とは、単一の原因によって1つの機器が所定の安全機能を失うことであり、単一の原因によって起こる従属的な多重故障については単一故障に含まない。
- ② 多様性とは、同一の機能を有する複数の系統又は機器が、これらの構造、動作原理その他の性質が異なることにより、共通要因又は従属要因によって同時にその機能が損なわれないことである。
- ③ 独立性とは、複数の系統又は機器が、物理的方法その他の方法でそれぞれ互いに分離することにより、共通要因又は従属要因によって同時にその機能が損なわれないことである。
- ④ 炉心の著しい損傷が発生した場合に原子炉格納容器の破損を防止するため、原子炉格納容器内の圧力と温度、並びに放射性物質の濃度を低下させるための設備を設ける必要がある。
- ⑤ 特定重大事故等対処施設は、原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムに対して必要な機能が損なわれるおそれがあるとはならない。

Ⅲ－８ 下図は、低濃縮ウランと水との均質な混合物について、横軸をウランと水との混合割合 x (ウランの原子個数密度/水の分子個数密度) とし、4 因子公式 ($k_{\infty} = \epsilon p f \eta$) に用いられるパラメータ、 ϵ (高速核分裂効果)、 p (共鳴吸収を逃れる確率)、 f (熱中性子利用率) 及び k_{∞} (無限増倍率) を表した曲線である。

図中の a, b, c, d の曲線に該当するパラメータの組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、4 因子のうち η (中性子再生率) は一定として、図には示していない。



	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>
①	p	f	k_{∞}	ϵ
②	f	p	k_{∞}	ϵ
③	ϵ	k_{∞}	f	p
④	f	p	ϵ	k_{∞}
⑤	p	f	ϵ	k_{∞}

Ⅲ－9 ウラン235を燃料とする原子炉は、一定出力運転中に反応度変化が起こると非定常状態になり、その出力が変動する。このとき遅発中性子が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、核分裂生成物の β^- 壊変の結果、原子核の励起エネルギーが、中性子放出を行いうるほどに大きい場合に、核分裂生成物から放出されるものである。
- ② ウラン235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。
- ③ 一定出力時に、添加する反応度が遅発中性子割合よりも大きくなると即発臨界状態になる。
- ④ 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パーセント未満である。
- ⑤ 反応度の変化に対する原子炉の動特性は、中性子数の時間変化と遅発中性子先行核数の時間変化から求めることができる。

Ⅲ－10 原子炉材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 原子炉冷却系配管などの応力腐食割れを防止するために、炭素含有量の低いステンレス鋼の使用、冷却材中の溶存酸素濃度の抑制、溶接残留応力の抑制などが重要である。
- ② 配管減肉メカニズムの1つである流れ加速型腐食の影響パラメータには、温度、pH、溶存酸素濃度、流体力学因子、材料因子などがある。
- ③ 振動診断や潤滑油診断などの設備診断技術により設備の状態をモニタリングし、その診断結果に基づき設備の運転時間や暦時間に関係なく保全を行う方式を状態監視保全という。
- ④ 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、放射線透過試験、超音波探傷試験、シャルピー衝撃試験などが用いられる。
- ⑤ 原子炉圧力容器の材料としては、ボイラー用の低合金鋼が用いられているが、これらの鋼材の高温水中の耐食性の観点から、内面にオーステナイト系ステンレス鋼が内張りされる。

Ⅲ-11 原子力安全委員会が2003年にまとめた原子力利用活動における安全目標に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 原子力を利用する事業活動においては、広範囲にわたる放射性物質の放散等を伴う事故が発生する可能性という、国民の健康や社会環境に大きな影響を及ぼす危険性（リスク）が潜在することは否定できない。
- ② 世界の原子力安全関係者は、TMI事故やチェルノブイリ事故の経験を貴重な教訓として、発電用原子炉施設における、設計で想定した事象を大幅に超えて炉心の重大な損傷に至る事象（シビアアクシデント）のリスクを抑制することが重要と認識した。
- ③ 原子力安全規制活動によって達成し得るリスクの抑制水準として、確率論的なリスクの考え方を以て示す安全目標を定め、安全規制活動などに関する判断に活用することが、一層効果的な安全確保活動を可能とする。
- ④ 事業者は、自らが行うリスク管理活動を、安全目標を参照して計画・評価することにより、規制当局の期待に応える活動をより効果的かつ効率的に実施することができる。
- ⑤ 原子力施設の事故に起因する、国民で平均した個人の放射線被ばくによる急性死亡リスクは、年当たり百万分の1程度を超えないように抑制されるべきであることが定量的な安全目標の案として示されている。

Ⅲ-12 燃料被覆管としてジルカロイを用いている加圧水型原子炉の冷却材喪失事故時の事象推移と燃料被覆管への影響の組合せとして、最も適切なものはどれか。

事象推移

- (a) 冷却材喪失に伴う炉内圧力の低下と、燃料棒の温度及び内圧の上昇
- (b) 水蒸気による燃料被覆管の酸化
- (c) 再冠水過程のクエンチによる熱衝撃

燃料被覆管への影響

- (ア) 燃料被覆管の破断又は破砕
- (イ) 燃料被覆管の膨れ又は破裂
- (ウ) 燃料被覆管の脆化

	<u>(a)</u>	<u>(b)</u>	<u>(c)</u>
①	(ア)	(イ)	(ウ)
②	(ア)	(ウ)	(イ)
③	(イ)	(ウ)	(ア)
④	(イ)	(ア)	(ウ)
⑤	(ウ)	(イ)	(ア)

Ⅲ－13 我が国の核燃料サイクル関連施設に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① ウラン濃縮施設では、隔膜を透過するときの $^{235}\text{UF}_6$ ガスと $^{238}\text{UF}_6$ ガスの分子の運動速度の差を利用するガス拡散法を採用している。
- ② 軽水炉用の燃料製造（成型加工）施設では、二酸化ウラン粉末を圧縮成形して円筒状の成形体とし、次に研削工程により所定の寸法に整えて、最後に高温で焼結してペレットを製造する。
- ③ 使用済燃料中間貯蔵施設（青森県むつ市）では、使用済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。
- ④ 使用済燃料はせん断機で細かく切断した後、苛性ソーダを入れた溶解槽で燃料部分を溶かし、燃料部分と被覆管部分とに分別する。
- ⑤ 再処理施設では、溶媒抽出工程においてウランとプルトニウムを混合状態で抽出し、次に、ウランとプルトニウムを分離し、脱硝工程でプルトニウムはウランとの混合酸化物とする。

Ⅲ－14 高レベル放射性廃棄物の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 高レベル放射性廃棄物の処分システムは、廃棄体に加え、人工的に設置する人工バリアとその周囲の地質環境による天然バリアからなる。
- ② 天然バリアは単に物理的に放射性核種を生物圏から隔離するだけでなく、人工バリアを長期にわたり一定の環境に保つための安定した外部条件の提供も期待される。
- ③ 我が国で検討されている高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリアは、ステンレス鋼製キャニスタに充てんしたガラス固化体、炭素鋼からなるオーバーパック、ベントナイトを主成分とする緩衝材により構成される。
- ④ 処分システムの長期にわたる健全性は、不確実性を含むさまざまな状況を想定して評価される。地下水理、地震、火山活動といった自然過程によるシナリオは考慮するが、掘削活動などの人間活動は発生可能性が低いことから考慮されない。
- ⑤ 高レベル放射性廃棄物の処分システムの性能評価において最も重要なシナリオは、処分場に埋設した廃棄物から放射性核種が溶け出し、地下水路を通過して生物圏に達して人間が被ばくする地下水移行シナリオである。

Ⅲ－15 ^{238}U の α 壊変で放出される壊変エネルギーは、娘核種 (^{234}Th) と α 粒子の運動エネルギーに分配される。そのうち α 粒子の運動エネルギー [MeV] として、最も近い値はどれか。

ただし、 α 壊変後の娘核種は基底状態になるとする。また、原子質量単位で表した親核種、娘核種、 α 粒子の質量はそれぞれ、238.05078u、234.04360u、4.00260uであり、1u=931.5MeVとする。

- ① 4.20 ② 4.24 ③ 4.27 ④ 4.30 ⑤ 4.34

Ⅲ-16 天然に存在する同位体に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 石油製品中の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比は、現在の植物中のそれよりも小さい。
- ② 雨水中には宇宙線と大気核反応により生成した ^7Be が検出される。
- ③ 大気中のヘリウムの同位体のうち ^4He は、主にウランやトリウムなどの α 壊変で生成したものである。
- ④ ^{235}U を親核種とし ^{206}Pb に至る天然に存在する壊変系列をアクチニウム系列という。
- ⑤ 古い年代に生成されて変成作用を受けていない岩石中の $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比は一定である。

Ⅲ-17 次の量と単位の組合せのうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 比放射能 $\text{— } \text{s}^{-1}$
- ② 吸収線量 $\text{— } \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
- ③ 質量阻止能 $\text{— } \text{m}^4 \cdot \text{s}^{-2}$
- ④ 線エネルギー付与 (LET) $\text{— } \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- ⑤ エネルギーフルエンス $\text{— } \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$

Ⅲ-18 外部被ばくによる実効線量及び等価線量の算定に関する次の記述のうち、放射線障害防止法上、最も適切なものはどれか。

- ① 実効線量は、1センチメートル線量当量又は70マイクロメートル線量当量の大きい方とする。
- ② 眼の水晶体の等価線量は、1ミリメートル線量当量とする。
- ③ 妊娠中の女子の腹部表面の等価線量は、70マイクロメートル線量当量とする。
- ④ 手足及び足先の等価線量は、3ミリメートル線量当量とする。
- ⑤ 皮膚の等価線量は、70マイクロメートル線量当量とする。

Ⅲ-19 ^{90}Sr (半減期: 28.9年) に関する次の記述のうち, 最も不適切なものはどれか。

- ① 娘核種 ^{90}Y (半減期: 64.1時間) のミルキングにより定量できる。
- ② ウランの核分裂により生成する。
- ③ 壊変する際に γ 線を放出する。
- ④ 人体に取り込まれると骨に沈着する。
- ⑤ アルカリ土類金属元素である。

Ⅲ-20 精製した ^{226}Ra (半減期: 1.60×10^3 年) 1 g を密封容器に入れて100日間放置した。そのときの娘核種 ^{222}Rn (半減期: 3.82日) の標準状態 (0°C , 1.01×10^5 Pa (1気圧) の状態) での体積 [ミリリットル] に最も近い値はどれか。

ただし, 1 molの気体の体積は標準状態で22.4リットル, アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $\ln 2 = 0.693$ とする。

- ① 3.3×10^{-4}
- ② 6.5×10^{-4}
- ③ 9.8×10^{-4}
- ④ 1.3×10^{-3}
- ⑤ 2.2×10^{-3}

Ⅲ-21 10.0MBqの ^{131}I (半減期: 8.02日) と10.0Bqの ^{129}I (半減期: 1.61×10^7 年) があるとき, それぞれの原子数を N_{131} , N_{129} とすると, 原子数の比 (N_{129}/N_{131}) に最も近い値はどれか。

ただし, アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $\ln 2 = 0.693$ とする。

- ① 10^{-6} ② 10^{-3} ③ 1 ④ 10^3 ⑤ 10^6

Ⅲ-22 原子番号 Z 、質量数 A の原子の質量を $M(Z, A)$ とする。この原子核の壊変について次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

ただし、軌道電子の結合エネルギーによる質量の寄与については考慮しないものとし、電子の静止質量を m_e とする。

- ① EC (電子捕獲) 壊変では、常に $M(Z, A) > M(Z-1, A) + m_e$ が成り立つ。
- ② β^+ 壊変では、常に $M(Z, A) > M(Z-1, A) + 2m_e$ が成り立つ。
- ③ β^- 壊変では、常に $M(Z, A) > M(Z+1, A)$ が成り立つ。
- ④ 核異性体転移では、質量数 A 、原子番号 Z ともに変化しない。
- ⑤ α 壊変では、常に $M(Z, A) > M(Z-2, A-4) + M(2, 4)$ が成り立つ。

Ⅲ-23 放射線影響に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 確率的影響としては、発がんや遺伝障害などが挙げられる。
- ② 4つの組織を放射線感受性の高いものから並べると、肝臓、骨髄、小腸、神経の順となる。
- ③ 生物学的効果比 (RBE) とは、同一の効果をを得るのに必要な試験放射線の吸収線量に対する基準放射線の吸収線量の比のことである。
- ④ 自然発生の突然変異率を2倍にするのに必要な線量を倍加線量という。
- ⑤ 組織加重係数は、同じ等価線量を受けても組織・臓器によって確率的影響の起こり易さが違うことを考慮して実効線量を計算するためのものである。

Ⅲ-24 ある試料の放射能をGM計数管で測定している。現在まで、30分間の測定で2,499の計数値を得ている。この計数測定において計数統計に基づく相対標準偏差を1%以下にするためには、さらにどれほどの測定時間が必要か。追加すべき測定時間に最も近いものはどれか。

ただし、GM計数管の不感時間を 1.0×10^{-4} s とし、バックグラウンド計数及び試料の放射能の減衰は無視できるものとする。

- ① 30分
- ② 60分
- ③ 90分
- ④ 120分
- ⑤ 150分

Ⅲ-25 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 (ア) と (エ)
- ⑤ (イ) と (エ)

Ⅲ-26 塩化カリウム100g中に含まれるカリウム40の放射能に最も近い値はどれか。

ただし、カリウムの原子量を39.1、塩素の原子量を35.5、カリウム40の天然同位体存在比を0.012%、カリウム40の半減期を 1.28×10^9 年、 $\ln 2 = 0.69$ 、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

- ① $1.1 \times 10^3 \text{ Bq}$
- ② $1.7 \times 10^3 \text{ Bq}$
- ③ $2.4 \times 10^3 \text{ Bq}$
- ④ $3.1 \times 10^3 \text{ Bq}$
- ⑤ $3.6 \times 10^3 \text{ Bq}$

Ⅲ-27 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 0.511 MeV とする。

- ① 5.2 MeV
- ② 1.0 MeV
- ③ 0.51 MeV
- ④ 0.26 MeV
- ⑤ 0.15 MeV

Ⅲ-28 次の(ア)～(エ)の検出器のうち、1 MeVのガンマ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) 高純度Ge半導体検出器
- (イ) 表面障壁型Si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 (ア) と (エ)
- ⑤ (ア) と (ウ)

Ⅲ－29 地球環境問題への取り組みに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 近年、中国の温室効果ガス排出量が増加しており、米国を抜いて世界最大の排出国となった。
- ② 「気候変動に関する政府間パネル」は、2014年の第5次評価報告書統合報告書において、気候システムが温暖化していることは疑う余地がないと記述した。
- ③ 京都議定書第1約束期間において、我が国は森林吸収源や京都メカニズムクレジットを加味しても定められた削減目標を達成できなかった。
- ④ 我が国が排出する温室効果ガスのうち、全体排出量の9割以上を二酸化炭素が占めている。
- 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められ、さらに欧州連合では域内における排出量取引制度が定められた。

Ⅲ－30 我が国のエネルギーを取り巻く情勢に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 我が国における一次エネルギーの国内供給に占める石油の割合は、第一次オイルショックの1973年度には8割程度であったが、その依存度を低下させる政策が導入された結果、2013年度には4割程度まで改善した。
- ② 2011年3月11日に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、独立して原子力安全規制に関する業務を担う原子力規制委員会が、経済産業省の外局として発足した。
- ③ 我が国のエネルギー自給率は、原子力も含めると2010年に約20%であったが、原子力発電所の運転が停止した2013年度は約6%となった。
- ④ 化石燃料への依存低下、並びに低炭素社会の実現に向け、石油代替施策の見直しが行われ、2012年から再生可能エネルギー導入拡大が進んだ国で採用されている固定価格買取制度が導入された。
- ⑤ 最終エネルギー需要は、産業部門、民生部門（家庭部門・業務部門）、運輸部門に大別される。過去40年の間に民生部門と運輸部門の占める割合が増加している。

Ⅲ－31 原子力発電の経済性を向上させる対策として、対策による追加費用が全くないと仮定した場合、次のうちプラント全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、計算の前提条件は以下のとおりである。

- ・プラントは熱出力一定運転を行う。
- ・基本条件は、電気出力1,000MW、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、基本条件でのそれぞれの割合は、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。
- ・特に条件として示す場合以外、毎年の運転維持費及び核燃料サイクルコストは基本条件と同一とする。
- ・割引率を0%とする。

- ① 電気出力を1,100MWに高める。
- ② プラント耐用期間を60年に延ばす。
- ③ 年間設備利用率を90%に高める。
- ④ 熱効率を36%に高める。
- ⑤ 核燃料サイクルコストを30%削減する。

Ⅲ－32 日本の年間総発電電力量を10,000億kWhとする。これを石炭、原子力、LNG、及び再生可能エネルギー（以下、再エネと記す）で供給する。いずれか1つの電源の発電量を100億kWh増加させ、他の1つの電源を同量減少させる。この場合の二酸化炭素排出量及び発電費用の増減に関する影響分析結果を以下の表に示す。上段の数字は二酸化炭素排出量 [100万トン] の増減、下段の数字は発電費用 [億円] の増減である。なお、▲はマイナスを意味している。表中のA～Dは上述の電源のいずれかである。A～Dの組合せとして、最も適切なものはどれか。

		100億kWh減少させる電源			
		A	B	C	D
100億kWh増加させる電源	A		+4.4 ▲640	+8.4 +340	+8.4 ▲1,840
	B	▲4.4 +640		+4.0 +980	+4.0 ▲1,200
	C	▲8.4 ▲340	▲4.0 ▲980		±0 ▲2,180
	D	▲8.4 +1,840	▲4.0 +1,200	±0 +2,180	

- | | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>C</u> | <u>D</u> |
|---|----------|----------|----------|----------|
| ① | 石炭 | LNG | 再エネ | 原子力 |
| ② | LNG | 再エネ | 石炭 | 原子力 |
| ③ | 原子力 | LNG | 再エネ | 石炭 |
| ④ | LNG | 石炭 | 原子力 | 再エネ |
| ⑤ | 石炭 | LNG | 原子力 | 再エネ |

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 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。
- ② 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。
- 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。
- ⑤ 新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。

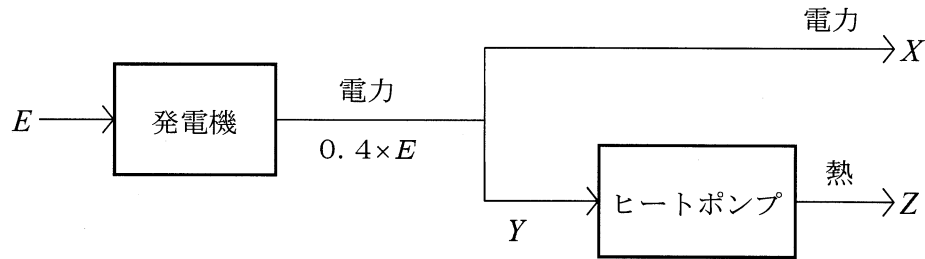
Ⅲ-34 各種の発電システムの優劣を比較する方法の1つであるエネルギー収支分析について説明した次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

発電システムのエネルギー収支を算出するエネルギー収支分析 (Net Energy Analysis) は、発電するために投入する直接間接のエネルギーを a にわたって評価し、その値を b と比較して、生み出されたエネルギーの正味量を分析する。これによって発電システムの性能を判断できる。

発電システムの比較では、 b ÷ 投入エネルギーで定義される c を比較する。発電システムは電気エネルギーを生産することが最大の目的であるから、 c が d ことがエネルギー生産システムとしての成立要件である。

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>
① 施設の全生涯		生産エネルギー	エネルギー収支比	1 より大きい
② 全稼働期間		損失エネルギー	正味エネルギー収支	正である
③ 施設の全生涯		損失エネルギー	正味エネルギー収支	正である
④ 全稼働期間		生産エネルギー	エネルギー収支比	1 より大きい
⑤ 施設の全生涯		生産エネルギー	エネルギー収支比	正である

Ⅲ-35 下図のような発電機とヒートポンプからなるシステムを考える。発電機からは、 E の入力に対して $f=0.4 \times E$ の電力が発生し、このうちの Y の電力によりヒートポンプ（成績係数=6）を駆動することにより Z の熱を発生する。また、残りの電力量を X とするとき、システムの総合効率 e を $e=(X+Z)/E$ と定義する。このシステムの負荷の熱電比 (Z/X) の値が3であるときの総合効率 e に最も近い値はどれか。なお、ヒートポンプの成績係数は Z/Y である。



- ① 0.5 ② 0.7 ③ 0.9 ④ 1.1 ⑤ 1.3