

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 中性子による核反応に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 特定のエネルギーで断面積の鋭いピークを持つ現象を共鳴といい、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、共鳴は見られない。
- ④ 巨視的(マクロ)断面積は、微視的(ミクロ)断面積に原子個数密度を掛け合わせた量であり、長さの逆数の次元を持っている。
- ⑤ 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。

Ⅲ－2 燃料の燃焼に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 非核分裂性核種が中性子を捕獲吸収し、 ^{235}U や ^{239}Pu のような核分裂性核種が生成される過程を増殖と呼ぶ。
- ② 核分裂反応により生成される核分裂生成物の生成確率を核分裂収率と呼び、核分裂収率の総和は2.0となる。
- ③ 燃料の燃焼により核分裂生成物が増えると、中性子の吸収反応が増え、原子炉に負の反応度が加わる。
- ④ 核分裂生成物の1つである ^{135}Xe の存在量は、原子炉が定常運転中は一定値(平衡濃度)であるが、原子炉停止後は ^{135}I からの生成と ^{135}Xe の放射壊変により変化する。
- ⑤ 燃焼初期の余剰反応度を抑えるために、燃料物質に直接混入させる中性子吸収材を可燃性毒物と呼ぶ。

Ⅲ－３ 超ウラン元素に関する次の（ア）～（エ）の記述について、適切なものの組合せはどれか。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（MA）という。

（ア） MA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。

（イ） 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。

（ウ） 混合酸化物燃料に含まれる ^{241}Pu は核分裂性核種ではないが、半減期が約14年であり β^- 壊変によって核分裂性核種である ^{241}Am が生成される。

（エ） 使用済燃料中の超ウラン元素には ^{237}Np 、 ^{243}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。

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

Ⅲ－４ 核燃料サイクルに関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

① 採鉱・製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 ウラン濃縮法には、原子核の励起状態の違いを利用するレーザ法、質量の違いを利用するガス拡散法や遠心分離法などがある。

③ 燃料棒の加工では、被覆管内に燃料ペレットやコイルばねを挿入し、さらに燃料棒のつぶれやPCIを軽減する目的で、加圧したヘリウムガスが封入される。

④ 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を分離する。

⑤ 我が国におけるプルサーマルでは、使用済燃料から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。

Ⅲ－５ 原子炉材料の腐食や経年劣化に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 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。
- ② 粒界応力腐食割れは、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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。

Ⅲ－6 我が国に導入されている加圧水型軽水炉（PWR）あるいは沸騰水型軽水炉（BWR）に関する次の記述のうち、適切なものはどれか。

- ① PWRでは、燃料の燃焼にともなう反応度変化など比較的緩やかに変化する反応度は、一次冷却材中のホウ素濃度調整によって制御される。
- ② PWRでは、制御棒吸収材として炭化ホウ素（ B_4C ）あるいはハフニウム（Hf）を用いた、燃料集合体間の隙間に挿入する十字型制御棒が使用される。
- ③ BWRでは、再循環流量を調整することにより、炉心内の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ことができる。
- ④ BWRでは、炉心上部から制御棒を挿入しているため、炉心上部のウラン濃縮度を下部より多少高くすることで出力分布を平坦化している。
- ⑤ PWRやBWRには自己制御性があり、これは主としてドップラー効果やボイド効果、減速材温度効果による、反応度変化を促進する効果である。

Ⅲ－７ 原子炉のペリオドや遅発中性子に関する次の記述のうち、適切なものはどれか。

- ① 即発臨界を超えている場合、ペリオドがきわめて短くなり、遅発中性子はほとんど影響を与えない。
- ② 原子炉を停止する際、加える負の反応度の絶対値を大きくすることにより、ペリオドを10秒以内にすることができる。
- ③ ペリオドは、原子炉の中性子数や出力が2倍または1/2倍になる時間であり、ペリオドの値を用いて反応度を求めることができる。
- ④ 核分裂反応で発生する遅発中性子の割合は、核分裂する核種によって異なり、 ^{239}Pu は ^{235}U より大きい。
- ⑤ 遅発中性子は、核分裂反応で発生した一部の核分裂片の α 壊変に伴い放出される中性子である。

Ⅲ－8 次の記述の、に入る語句又は式の組合せとして、適切なものはどれか。ここで、同じ記号の空欄には同じ語句又は式が入る。

原子力発電所の熱力学サイクルは **a** と呼ばれる。簡易化のため、給水加熱（再生）及び湿分分離（再熱）を無視した場合の **a** の構成概要図を図1に示す。また、これに対応するT-S線図を図2に示す。

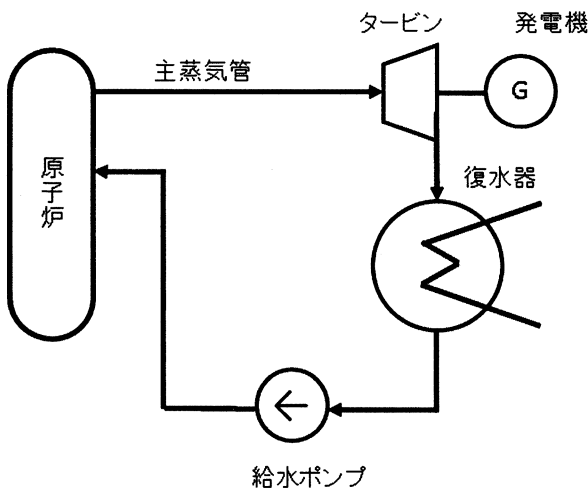


図1 構成概要図

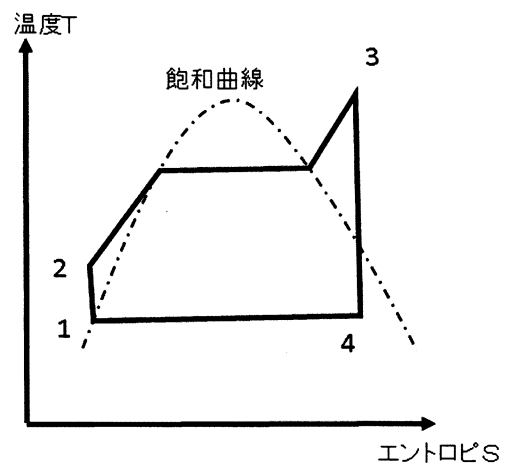


図2 T-S線図

図2の1～4の各状態のエンタルピを各々 $h_1 \sim h_4$ とすると、 **a** の熱効率 η は次式となる。ここで、給水ポンプの仕事は原子炉からの入熱量やタービンの仕事に比べて極めて小さいとする。

$$\eta = \text{input type="text"/> **b**$$

即ち、図2の状態 **c** のエンタルピを高めるほど、また、状態 **d** のエンタルピを低減するほど、熱効率 η は **e** する。

| | <u>a</u> | <u>b</u> | <u>c</u> | <u>d</u> | <u>e</u> |
|---|-----------|-----------------------------|----------|----------|----------|
| ① | カルノーサイクル | $(h_3 - h_4) / (h_2 - h_1)$ | 4 | 2 | 減少 |
| ② | ブレイトンサイクル | $(h_3 - h_4) / (h_3 - h_1)$ | 3 | 4 | 増加 |
| ③ | ランキンサイクル | $(h_3 - h_1) / (h_3 - h_4)$ | 3 | 1 | 減少 |
| ④ | ブレイトンサイクル | $(h_3 - h_1) / (h_3 - h_4)$ | 4 | 3 | 増加 |
| ⑤ | ランキンサイクル | $(h_3 - h_4) / (h_3 - h_1)$ | 3 | 4 | 増加 |

Ⅲ－９ 非常時の原子炉注水システムは炉心損傷を回避するうえで必須であり、高い信頼性を要求される。以下のA～Cのシステムの非信頼度（Unreliability）の大小関係として、適切なものはどれか。

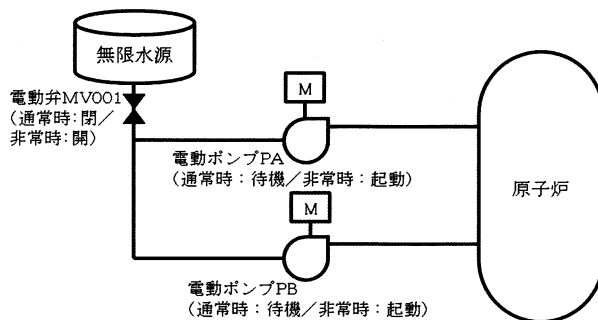
【共通の仮定】

1. 水源は無限量を有し、枯渇、タンクの破損、タンク出口の閉塞は考慮しない。
2. 注水システムは1トレンの注水成功で使命を達成するものとする。
3. 運転員等による回復操作には期待しない。
4. 定例試験等における系統・トレンの待機除外は考慮しない。
5. 信号、補機冷却水、電源等のサポート機能の喪失は考慮しない。
6. 系統を構成する機器の故障モード及び故障率は以下を想定する（記載のない故障モード及び故障率は考慮しないこと）。

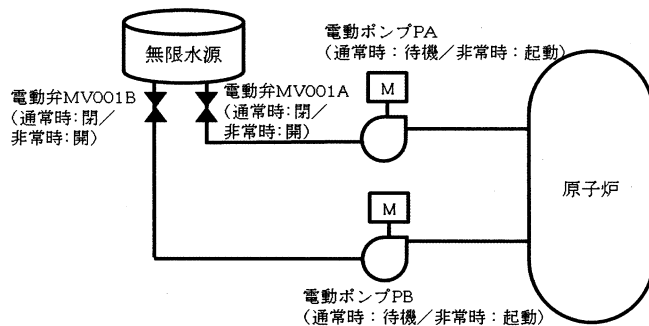
| 機 種 | 想定する故障モード | 故障率 [／Demand] |
|-----------|-----------|----------------------|
| 電動弁 | 開失敗 | 6.8×10^{-5} |
| 電動ポンプ | 起動失敗 | 1.2×10^{-4} |
| タービン駆動ポンプ | 起動失敗 | 4.1×10^{-3} |

出典：JANSI-CFR-02「故障件数の不確実さを考慮した国内一般機器故障率の推定（1982年度～2010年度56基データ），2016年6月 原子力安全推進協会

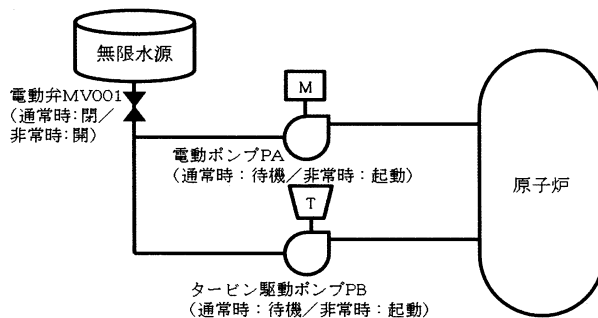
7. 共通原因故障は多重化された機器についてのみ考慮する（多様化された機器については共通原因故障を考慮しない）。共通原因故障の生起確率は βP （ β ：共通原因故障割合， P ：機器故障確率）とする。ここで、簡易化のため、 β は電動弁及び電動ポンプともに0.1とする。



原子炉注水システムA



原子炉注水システムB



原子炉注水システムC

- ① 原子炉注水システムA < 原子炉注水システムB < 原子炉注水システムC
- ② 原子炉注水システムA < 原子炉注水システムC < 原子炉注水システムB
- ③ 原子炉注水システムB < 原子炉注水システムC < 原子炉注水システムA
- ④ 原子炉注水システムB < 原子炉注水システムA < 原子炉注水システムC
- ⑤ 原子炉注水システムC < 原子炉注水システムB < 原子炉注水システムA

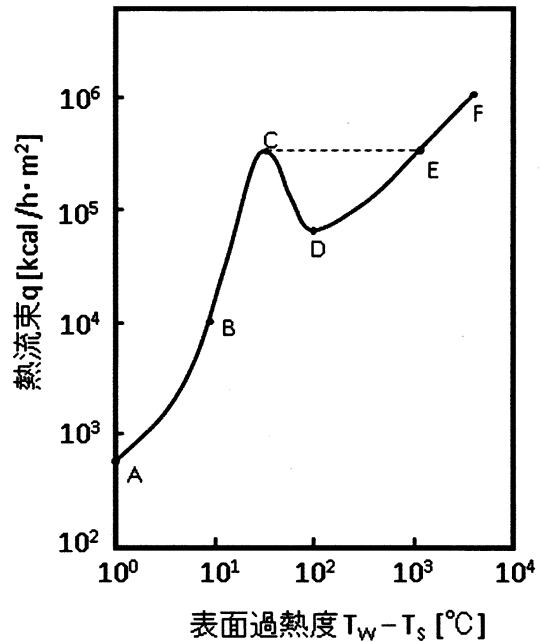
Ⅲ-10 次の記述の、に入る語句の組合せとして、適切なものはどれか。

燃料被覆管の表面過熱度（伝熱面温度と飽和温度の温度差）と熱流束は図の関係にある。

領域B-Cは、伝熱面でボイドが盛んに発生し、離脱する領域である。

さらに、表面熱流速が増加し、Cの熱流束を超えると、領域（E-F）に沸騰現象は移行する。ここで、沸騰現象は、領域（C-D）を経ないで、直接E-F領域に移行するため、表面過熱度は急激に高くなる。点Cの熱流束を限界熱流束という。

軽水型原子炉では、限界熱流束に対する熱的余裕を定義し、これを炉心管理における指標としている。この指標を、PWRではとし、BWRではとしている。



T_w : 伝熱面温度
 T_s : 飽和温度

| | <u>a</u> | <u>b</u> | <u>c</u> | <u>d</u> | <u>e</u> |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| ① | サブクール沸騰 | 核沸騰 | 膜沸騰 | DNBR | MCPR |
| ② | 核沸騰 | 膜沸騰 | 遷移沸騰 | DNBR | MCPR |
| ③ | サブクール沸騰 | 膜沸騰 | 遷移沸騰 | MCPR | DNBR |
| ④ | 核沸騰 | 遷移沸騰 | 膜沸騰 | DNBR | MCPR |
| ⑤ | 核沸騰 | 膜沸騰 | 遷移沸騰 | MCPR | DNBR |

Ⅲ－11 材料バックリング $Bm^2 = 0.01553\text{cm}^{-2}$ の均質な燃料溶液を円筒形のタンクに格納する。このとき、タンクの半径を小さくして、たとえ液面の高さがどれだけ高くなったとしても、体系が臨界にならないようにしたい。このときのタンクの最大半径 [cm] に最も近いものはどれか。ここで、0 次のベッセル関数 J_0 の最初のゼロ点 $v_0 = 2.405$ とし、タンクの外は真空であるとする。

なお、円筒形の幾何学バックリングは次式で与えられる。

$$B_g^2 = \left(\frac{v_0}{R}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{H}\right)^2, \quad R = \text{円筒底面半径}, \quad H = \text{円筒高さ}$$

- ① 7 ② 10 ③ 19 ④ 36 ⑤ 155

Ⅲ－12 次の記述の、に入る語句として、適切なものはどれか。同じ記号のには同じ語句が入る。

地球温暖化ガスの発生の少ないエネルギー社会の実現方策の1つとして、原子力による水素の製造がある。原子力による水素製造の方法として以下が提案されている。

原子力による水素製造の方法は、原子力発電所で発生する a を利用する方法と原子炉で発生する b を取り出して利用する方法に大別される。

このうち、後者は、原料として c を使った d を利用する方法と、 e を利用する方法が提案されている。 d は二酸化炭素を発生することが欠点である。 e は高温が必要となることから、高温ガス炉の利用が検討されている。

| | a | b | c | d | e |
|---|-----|-----|--------|------------|---------|
| ① | 放射線 | 電気 | 硫化水素 | 電気分解 | 水の直接熱分解 |
| ② | 電気 | 熱 | 炭化水素 | 水蒸気改質反応 | 水の直接熱分解 |
| ③ | 電気 | 熱 | ジルコニウム | ジルコニウム－水反応 | 水の放射線分解 |
| ④ | 熱 | 放射線 | 炭化水素 | 水蒸気改質反応 | 水の直接熱分解 |
| ⑤ | 電気 | 放射線 | ジルコニウム | ジルコニウム－水反応 | 水の放射線分解 |

Ⅲ－13 軽水炉の冷却材喪失事故時には、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放出される。原子燃料の温度が徐々に上昇することに伴う以下の（ア）～（エ）の現象が発生する順序として、適切なものはどれか。

- （ア）二酸化ウラン溶融
- （イ）崩壊熱による昇温に伴う燃料揮散
- （ウ）内外圧差による燃料被覆管の破損
- （エ）急激なジルコニウム－水反応

- ① エ → イ → ウ → ア
- ② イ → ア → エ → ウ
- ③ ア → イ → ウ → エ
- ④ ウ → エ → ア → イ
- ⑤ エ → ウ → イ → ア

Ⅲ-14 次の記述の、に入る式として、適切なものはどれか。

出力運転時の軽水炉の燃料ペレット内の半径方向の温度分布が1次元の円筒座標系で次式の熱伝導方程式で表されるとする。ここで、ペレット軸方向（長手方向）及び半径方向の条件（発熱密度及び熱伝導率）は一定であるとする。

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left[kr \frac{dT}{dr} \right] + \frac{Q'}{\pi R_f^2} = 0$$

ここで、

T = 温度 [K]

r = 燃料ペレット中心からの半径方向の位置 [m]

k = 燃料ペレットの熱伝導率 [W / (m · K)]

Q' = 燃料ペレットの単位長さ当たりの線出力密度 [W / m]

R_f = 燃料ペレット半径 [m]

上記の熱伝導方程式を下記の境界条件で解くと、

$$\left[\frac{dT}{dr} \right]_{r=0} = 0, \quad T_{r=R_f} = T_s \quad (\text{一定値})$$

T_s = 燃料ペレット外表面温度 [K]

$$T(r) = \text{$$

① $T_s + \frac{Q'}{4\pi k} \left[1 - \left(\frac{r}{R_f} \right) \right]^2$

② $T_s + \frac{Q'}{4k} \left[1 - \left(\frac{r}{R_f} \right) \right]^2$

③ $T_s + \frac{Q'}{4\pi k} \left[1 - \left(\frac{R_f}{r} \right)^2 \right]$

④ $T_s + \frac{Q'}{4k} \left[1 - \left(\frac{r}{R_f} \right)^2 \right]$

⑤ $T_s + \frac{Q'}{4\pi k} \left[1 - \left(\frac{r}{R_f} \right)^2 \right]$

Ⅲ－15 ^{252}Cf は α 壊変と自発核分裂で崩壊する。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。100g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 5.0×10^{11}
- ② 7.2×10^{11}
- ③ 1.8×10^{12}
- ④ 8.8×10^{12}
- ⑤ 5.8×10^{13}

Ⅲ－16 運動エネルギーが5.0MeVの電子の質量 $[\text{kg}]$ に最も近いものはどれか。ただし、電子の静止質量及び静止エネルギーをそれぞれ、 $9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ 、0.51MeVとする。

- ① 1.5×10^{-31}
- ② 4.5×10^{-31}
- ③ 5.4×10^{-30}
- ④ 9.8×10^{-30}
- ⑤ 3.1×10^{-29}

Ⅲ－17 ある試料の放射能をGM計数管で測定している。現在まで20分間の測定で2,467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、追加で必要となる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 $1.0 \times 10^{-4} \text{s}$ 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 40分
- ② 60分
- ③ 80分
- ④ 100分
- ⑤ 120分

Ⅲ－18 次の(ア)～(エ)の加速器のうち、荷電粒子の加速に主として高周波電場を利用しているものの組合せとして、適切なものはどれか。

(ア) コッククロフト・ワルトン (Cockcroft-Walton) 型加速器

(イ) シンクロトロン (Synchrotron)

(ウ) 線形加速器 (Linear Accelerator)

(エ) ファン・デ・グラーフ (Van de Graaff) 型加速器

① (ア) と (イ)

② (ア) と (エ)

③ (ウ) と (エ)

④ (イ) と (ウ)

⑤ (イ) と (エ)

Ⅲ－19 サイクロトロンを用いて半減期15分の放射性核種を製造するとき、標的を荷電粒子で30分間照射したときの生成放射能を A_1 とし、また2倍の照射電流で60分間照射したときの生成放射能を A_2 とすると、その生成放射能比 (A_2/A_1) に最も近い値はどれか。

① 1.5 ② 2.0 ③ 2.5 ④ 3.0 ⑤ 4.0

Ⅲ-20 ^{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 | 液体シンチレーション検出器 |
| (イ) ^{14}C | NaI (Tl) シンチレーション検出器 |
| (ウ) ^{14}C | 高純度Ge半導体検出器 |
| (エ) ^{210}Po | NaI (Tl) シンチレーション検出器 |
| (オ) ^{210}Po | Si表面障壁型半導体検出器 |

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

Ⅲ-21 ^{12}C ($n, 2n$) ^{11}C 反応は、高エネルギー中性子のしきい反応放射化検出器として利用される。反応の最初の状態と終わりの状態の質量エネルギーの差をQ値という。この反応のしきいエネルギー [MeV] として、最も近い値はどれか。なお、 ^{12}C 、中性子、 ^{11}C の質量過剰 (mass excess) を、それぞれ0MeV, 8.1MeV, 10.6MeVとする。また、反応のしきいエネルギーはターゲットAの質量エネルギーを M_A 、入射粒子の質量エネルギーを M_x とすると $Q \times (M_A + M_x) / M_A$ で与えられる。

- ① 14 ② 16 ③ 18 ④ 20 ⑤ 22

Ⅲ-22 放射線の人体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 DNAの損傷では、1本鎖切断の方が2本鎖切断より起こりやすい。
- ② 遺伝的な影響は、確率的影響に分類される。
- ③ 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。
- ④ 奇形が生じやすい時期は、着床後から受精8週までの期間である。
- ⑤ 3つの組織を放射線感受性の高いものから並べると、骨髄、筋肉、小腸の順となる。

Ⅲ－23 親核種の半減期 T_1 が、その子孫核種の半減期 T_2 に比べて十分に長く ($T_1 \gg T_2$)、子孫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子孫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どれか。

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

Ⅲ－24 次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 光電効果は、光子のエネルギーがK殻電子の結合エネルギーより高い場合は、K殻電子において最も生じやすい。
- ② 2つの原子核について、一方の陽子数と中性子数が各々他方の中性子数と陽子数に等しい場合、一方を他方の鏡映核という。
- ③ ウラン、トリウムは、安定核種が存在しないが原子量は与えられている。
- ④ 天然に存在する ^{235}U は、主に α 壊変によってその数を減らしている。
- ⑤ ネプツニウム系列は、 ^{237}Np で始まり ^{209}Pb で終わる。

Ⅲ－25 ある γ 線を放出する点線源から1mの位置の1cm線量当量率は、 32mSv/h である。この γ 線源を鉄板あるいはアルミニウム板で遮蔽すると、同じ1mの位置での1cm線量当量率は、それぞれ 8mSv/h と 16mSv/h に低下した。この鉄板とアルミニウム板を重ねて γ 線源を遮蔽したとき、線源から4mの位置での1cm線量当量率 [mSv/h]の値はどれか。なお、ビルドアップは考慮しないものとする。

- ① 0.10 ② 0.25 ③ 0.50 ④ 0.75 ⑤ 1.0

Ⅲ-26 核種Aは、 ^{237}Np から α 壊変2回、 β^- 壊変1回を経て生成する核種である。核種Bは、 ^{232}Th から α 壊変1回、 β^- 壊変2回を経て生成する核種である。核種Aと核種Bの組合せとして、正しいものはどれか。

- ① ^{229}Th と ^{228}Th
- ② ^{231}Pa と ^{226}Ra
- ③ ^{229}Ac と ^{228}Ac
- ④ ^{229}Th と ^{230}Pa
- ⑤ ^{228}Ac と ^{230}Pa

Ⅲ-27 次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 金属が陽イオンになろうとする傾向の順番をイオン化傾向といい、イオン化傾向の小さい金属は酸化されやすい。
- ② 原子核の周りをまわる電子が、他の負電荷粒子(π^- 、 μ^- 等)に置き換えられた特異な原子系を、エキゾチックアトムという。
- ③ 5f軌道に電子が充填されていくfブロック元素で、AcからLrまでの15元素を総称してアクチノイド系列という。
- ④ 第一鉄イオン(Fe^{2+})が第二鉄イオン(Fe^{3+})に酸化される原子数が、放射線量に比例することを利用して線量を測定する線量計を、フリッケ線量計という。
- ⑤ 核反応又は原子核壊変時に生成する大きな運動エネルギーを持つ原子、あるいは電子が影響を受けて高い電荷を帯びた原子をホットアトムという。

Ⅲ-28 トリチウムに関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 質量数3の水素の同位体で、液体シンチレーション検出器で測定可能である。
- ② 過去に行われた大気圏内核実験で環境中の濃度が上昇し、現在でもまだその影響が大気中に残っている。
- ③ 天然には、大気中で窒素や酸素等と宇宙線との核破砕反応で生成する。
- ④ 回収や閉じ込めが技術的に困難な核種であり、核燃料再処理施設等原子力関連施設からも放出されている。
- ⑤ トレーサーとして利用されるほか、年代決定にも利用されている。

Ⅲ-29 原子力利用の基本的な考え方は「原子力基本法」の第一条及び第二条に示されている。これらの条文について、に入る語句の組合せとして、適切なものはどれか。

(目的)

第一条 この法律は、原子力の研究、開発及び利用を推進することによつて、将来におけるエネルギー資源を確保し、 a の進歩と産業の振興とを図り、もつて人類社会の b と国民生活の水準向上とに寄与することを目的とする。

(基本方針)

第二条 原子力利用は、平和の目的に限り、安全の確保を旨として、 c な運営の下に、 d にこれを行うものとし、その成果を公開し、進んで国際協力に資するものとする。

2 前項の安全の確保については、確立された国際的な基準を踏まえ、国民の生命、健康及び財産の保護、環境の保全並びに我が国の e に資することを目的として、行うものとする。

| | <u>a</u> | <u>b</u> | <u>c</u> | <u>d</u> | <u>e</u> |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| ① | 学術 | 福祉 | 民主的 | 自主的 | 安全保障 |
| ② | 学術 | 福祉 | 民主的 | 自主的 | エネルギーの確保 |
| ③ | 学術 | 発展 | 自主的 | 民主的 | 安全保障 |
| ④ | 科学技術 | 発展 | 自主的 | 民主的 | 安全保障 |
| ⑤ | 科学技術 | 福祉 | 自主的 | 民主的 | エネルギーの確保 |

Ⅲ－30 原子力発電所の40年間の運転によって発生する使用済燃料が全量再処理されるとして、発生する高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の本数に最も近い値はどれか。ただし、計算に当たっての条件は以下のとおりとする。

- ・ 1年間の総発電電力量：10,000億kWh
- ・ 総発電電力量に対する原子力発電の割合：15%
- ・ 原子力発電の熱効率：34%
- ・ 使用済燃料の燃焼度：38,000MW・日/MTU
- ・ 使用済燃料に対するガラス固化体の発生量：1.3本/MTU

- ① 500本 ② 5,000本 ③ 10,000本 ④ 25,000本 ⑤ 40,000本

Ⅲ－31 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について、に入る語句の組合せとして、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）は条約締結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等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 | 包括的核実験禁止条約 | 核物質防護 | 査察 | 保障措置 |
| ② | 包括的核実験禁止条約 | 保障措置 | 核物質防護 | 査察 |
| ③ | 核兵器の不拡散に関する条約 | 保障措置 | 査察 | 核物質防護 |
| ④ | 核兵器の不拡散に関する条約 | 査察 | 核物質防護 | 保障措置 |
| 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－32 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方策はどれか。ただし、方策を取ることによる追加費用はないと仮定し、計算の前提条件は以下のとおりとする。

- ・電気出力110万kW，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，運転維持費及び核燃料サイクル費から構成され，（資本費＋運転維持費＋核燃料サイクル費）／発電量で計算されるとし，それぞれの発電コストに占める割合は40%，40%，20%であるとする。
- ・プラント耐用期間中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。
- ・割引率は0%とする。

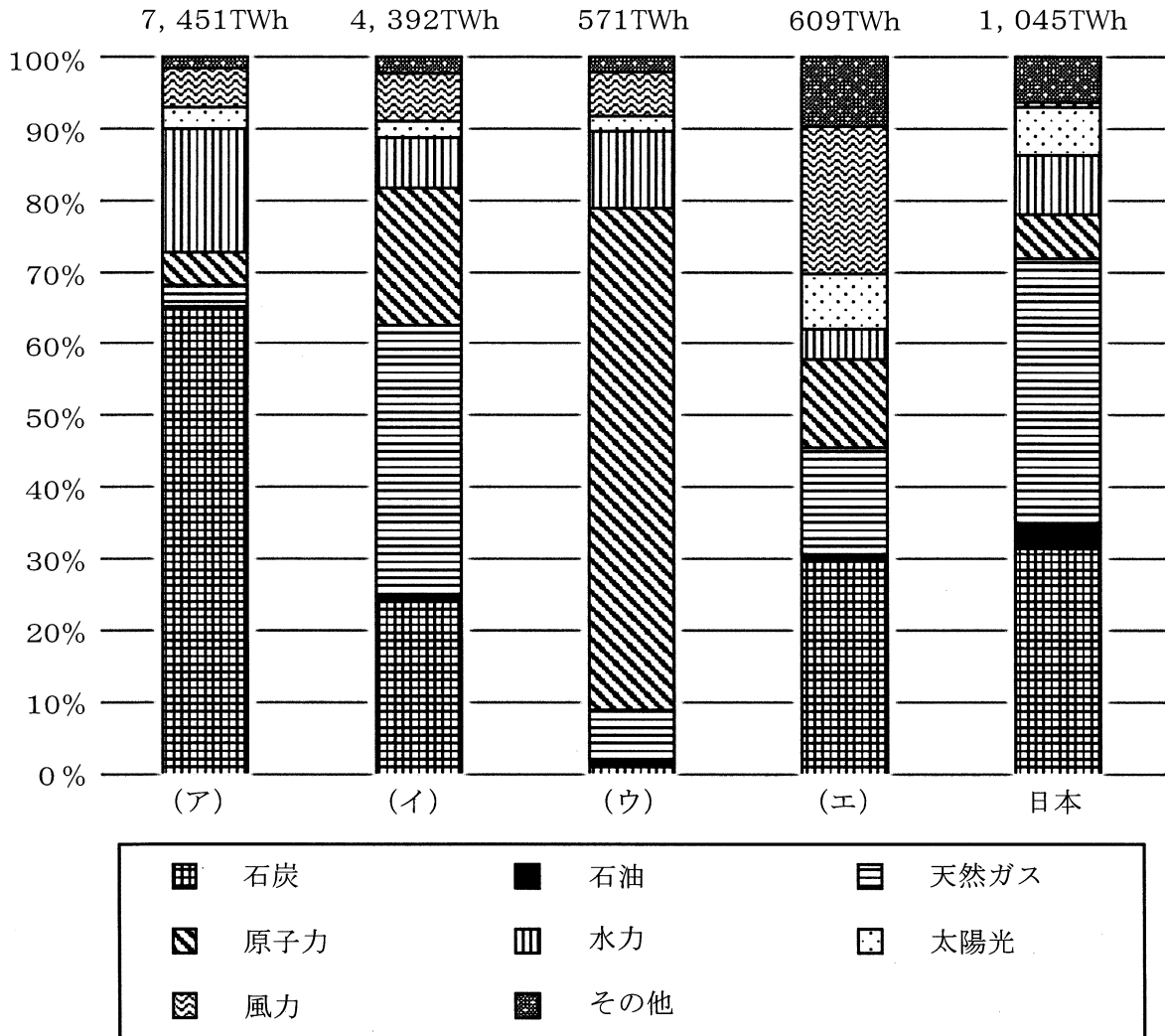
- ① 電気出力を120万kWに高める。
- ② プラント耐用期間を60年に延ばす。
- ③ 核燃料サイクル費を30%削減する。
- ④ 年間設備利用率を85%に高める。
- ⑤ 熱効率を36%に高める。

Ⅲ－33 「第6次エネルギー基本計画」（2021年10月22日閣議決定）の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 将来にわたる強靱で安定的なエネルギー需給構造の確立に向けては、必要な投資の確保やそれを可能とする事業環境の整備など、官民一体となった取組が引き続き求められる。
- ② ここ数年、自然災害の頻発・激甚化に伴うエネルギー供給への支障が生じており、災害時のエネルギー安定供給や早期復旧の体制構築の重要性が増している一方で、電力・燃料のエネルギーインフラの高経年化、技術者の高齢化などが進んでおり、強靱なエネルギー供給を支える基盤が脆弱化している。
- ③ 2018年の北海道胆振東部地震におけるブラックアウトの際や、2020年度冬期に生じた電力需給ひっ迫時には、全国に分散して立地している太陽光発電所や風力発電所が供給力の積み増しに大きく貢献した。
- ④ 資源調達における交渉力の限界等の課題や、資源国やシーレーンにおける情勢変化の影響などを背景として、我が国は供給不安に直面するリスクを常に抱えており、エネルギー安全保障の確保は、我が国の大きな課題であり続けている。
- ⑤ 2050年のカーボンニュートラル目標に基づき、我が国では発電量の約50～60%を太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス等の再生可能エネルギー、水素・燃料アンモニア発電を約10%、原子力・CO₂回収前提の火力発電を約30～40%とすることを、議論を深めていくための参考値とした。

Ⅲ-34 2019年の国別総発電電力量と電源別比率のうち、正しいものの組合せはどれか。

2019年の総発電電力量と電源別の比率



- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|----|------|------|-----|
| ① | 中国 | 米国 | フランス | ドイツ |
| ② | 米国 | 中国 | ロシア | ドイツ |
| ③ | 中国 | 米国 | フランス | カナダ |
| ④ | 中国 | ロシア | フランス | ドイツ |
| ⑤ | 米国 | イギリス | フランス | カナダ |

Ⅲ－35 我が国における高レベル放射性廃棄物の最終処分場の選定にかかる以下の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 高レベル放射性廃棄物の最終処分場の立地は、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」に基づき、(1) 文献調査、(2) 概要調査、(3) 精密調査の3段階を経て選定される。
- ② 高レベル放射性廃棄物の放射能は長く残存するため、それが人間の生活環境に影響を及ぼさなくなるまで、数万年といった長期間にわたり最終処分場を維持・管理していく必要がある。
- ③ 「科学的特性マップ」は、火山活動や断層活動といった自然現象の影響や、地下深部の地盤の強度や地温の状況など地層処分に関する地域の科学的特性を、既存の全国データに基づき一定の要件・基準に従って客観的に整理し、全国地図の形で示すものである。
- ④ 文献調査においては、地域別に整備されている地質図などの文献・データ、地質などに関する学術論文などを収集し、地層の著しい変動等、施設建設地としての不適切な地層状況がないかを確認する。
- ⑤ 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」では最終処分場選定のための法定要件の一つとして、経済的に価値が高い鉱物資源に関する記録が存在しない場所を選定することとなっている。