

# 平成 25 年度技術士試験「原子力・放射線部門」対策講座

## 平成 24 年度技術士一次試験「原子力・放射線部門」

### — 専門科目の解説 —

一般社団法人 日本原子力学会 教育委員会 技術者教育小委員会 監修

#### はじめに

平成 24 年 10 月 8 日(月)に、原子力・放射線部門を含む 20 の技術分野において技術士第一次試験が実施された。原子力・放射線部門では 185 名が受験し、126 名が合格(合格率 68.1%)している。昨年度の技術士第一次試験は、基礎、適性、共通、専門の 4 科目から構成され、総て択一式問題であった。試験のレベルは、共通科目は 4 年生大学の自然科学系学部の教養教育程度、基礎科目及び専門科目は同学部の専門教育程度とされている<sup>1)</sup>。本稿では、専門科目の 35 問について、問題と解答の解説を示すものである。なお、今年度から共通科目は基礎科目に統合され、合計 3 科目での試験となる。

#### 専門科目の試験内容

専門科目は、「当該技術部門に係る基礎知識及び専門知識を問う問題」とされている<sup>1)</sup>。また、技術士法施行規則に基づく告示によれば、当該専門科目の出題範囲は、「原子力、放射線、エネルギー」の 3 つの分野と規定されている<sup>2)</sup>。平成 17 年度から平成 24 年度の 3 分野別設問数を表 1 に、各設問の概要を表 2 に示す(平成 17 年度から 22 年度までの問題分析については、参考文献 3 を参照した)。

まず、表 1 によれば、分野毎の設問数は、平成 17 年度以降同じであり、原子力及び放射線が 14 問ずつ、エネルギーが 7 問となっている。従って、平成 25 年度以降の試験においても、全設問数及び分野別出題数は大きく変わらないと予想される。なお、第一次試験の専門科目の解答時間は 2 時間で、出題された 35 問のうちから 25 問を選択して解答することが求められる。合否判定基準についても今年度から変更されており、「基礎、適性、専門の 3 科目の各々の得点が 50%以上あること」とされている。

#### 専門科目の出題傾向と対策

平成 24 年度の技術士第一次試験、原子力・放射線部門の専門科目の出題傾向を分析する。全体的な出題傾向として、計算問題の占める割合については、平成 23 年度では 35 問中 13 問、平成 24 年度では表 2 に示すように 14 問であり、大きな変化はなく、今後もこの傾向が続くものと思われる。従来、解答に時間のかかる計算問題は敬遠されがちであるが、全体に占める割合から避けて通れるものではない。また、計算問題には、基礎的な公式を単純に当てはめるだけのものや、専門的な知識が無くとも工学的な常識や単位の整合性から解けるものもあり、正解できたことが計算結果の数値から確認し易いというメリットもあるので、積極的に取り組んでいくべきであろう。以下に、専門科目の 3 分野における出題傾向と対策を示す。

#### 1. 原子力分野

原子力分野においては、表 2 に示したように、炉物理(2 問)、運転(3 問)、設計(6 問)、核燃料・サイクル(2 問)及び法令(1 問)の合計 14 問が出題された。出題範囲の割合については、平成 23 年度から若干変化し、炉物理が減少して運転と設計が増加している。特に、プラントの制御・動特性、安全設計、熱・電気出力に関する計算問題などが出題されている。例年、多少の変化はあるものの、炉物理、プラント設計、運転制御からの出題が多くを占める傾向は変わらないと考えられるので、これらに関する初等テキストにより、基礎知識と代表的な計算問題をおさえておくとともに、「原子力がひらく世紀」<sup>4)</sup>や白書類<sup>5,6)</sup>で社会的関心の高いキーワードを抽出しておき、ATOMICA<sup>7)</sup>等で知識を整理しておく事を推奨する。

#### 2. 放射線分野

放射線分野では、表 2 に示したように、放射線の基礎(6 問)、放射線防護(4 問)、被ばく管理(2 問)及び放射線利用(2 問)の合計 14 問の出題となっている。出題範囲及び内容は前年度と比較して大きな変化はないが、放射線に関連した基礎的な理論や現象を問う出題が増加している。

これらの出題範囲及び内容は、原子力工学を専攻とする大学専門教育での一般的な教科書のカバーする範囲であるとともに、第 1 種放射線取扱主任試験と共通する内容を多く含むことから、第 1 種放射線取扱主任試験問題に向けて市販されている参考書や問題集を利用することも効果がある。

#### 3. エネルギー分野

エネルギー分野では、全体的な出題傾向は前年度から大きく変わっていない。世界各国の一次エネルギーの供給構成、コンバインドサイクルシステムの熱効率、原子力と太陽光の発電量比較、各種発電システムのエネルギー収支、IAEA との保障措置協定、原子炉等規制法や放射線障害防止法など、我が国や世界のエネルギー事情に関する知識からプラントの熱工学・電気工学に関する技術的な知識まで、広い範囲から出題されている。

この分野の対策としては、原子力分野で述べたように、社会的関心の高いキーワードを抽出しておき、ATOMICA<sup>7)</sup>等で知識を整理しておく事が望ましい。キーワード抽出には、「原子力がひらく世紀」<sup>4)</sup>や白書類<sup>5,6)</sup>等の文献、関連学協会誌や関連雑誌の特集記事を用いるとともに、経産省や環境省などのホームページ、新聞・TV のニュースなどにも広く目を向けておく必要がある。

参考文献

- 1) 文部科学省 科学技術・学術審議会 技術士分科会資料「平成25年度技術士第一次試験実施大綱」  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gi\\_jyutu/gi\\_jyutu7/sonota/1329322.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gi_jyutu/gi_jyutu7/sonota/1329322.htm)
- 2) 文部科学省告示第136号「技術士法施行規則の規定に基づき、第1次試験の専門科目の範囲及び第2次試験の選択科目の内容を定める件の全部を改正する件」平成15年8月18日
- 3) 原子力 eye 2010年3月号：平成22年度技術士第一次試験「原子

力・放射線部門」専門科目の解説(上)－試験の概要とエネルギー分野

- 4) 原子力がひらく世紀、日本原子力学会編、2011年
- 5) 原子力白書 原子力委員会  
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/hakusho/index.htm>
- 6) 原子力安全白書 原子力安全委員会  
[http://www.nsc.go.jp/hakusyo/hakusyo\\_kensaku.htm](http://www.nsc.go.jp/hakusyo/hakusyo_kensaku.htm)
- 7) 「原子力百科事典」ATOMICA  
<http://www.rist.or.jp/atomica/>

表1 専門分野の分野別設問数

分野	平成17～23年度	平成24年度
原子力	14	14
放射線	14	14
エネルギー	7	7
計	35	35

表2 平成24年度「専門科目」の設問分野と概要

設問	分類	概要	計算問題
1	炉物理	熱中性子炉における中性子のサイクル (6因子公式)	
4		熱中性子による核分裂反応と核分裂生成物の特性	
2	運転	軽水炉の停止後における毒物(Xe)の挙動	○
3		反応度変化時の遅発中性子の役割	
14		軽水炉の運転・保守	
5	設計	確率論的安全性評価(PSA)	○
6		沸騰水型原子炉の炉心等価直径	○
7		沸騰水型原子炉の炉心安定性	
8		加圧水型原子炉の燃料集合体の発電量	○
9		加圧水型原子炉の熱出力	○
11		原子力発電所の安全設計	
10		核燃料・サイクル	原子力発電所の燃料・放射性廃棄物の輸送と貯蔵
12	放射性廃棄物の処分		
13	法令	原子力関連法規・許認可	
15	放射線の基礎	ニュートリノの特性	
16		荷電粒子の衝突阻止能	
17		光子・荷電粒子の衝突・散乱	
18		$^{137}\text{Cs}$ の崩変による電子放出数	○
20		$^{40}\text{K}$ の崩変で放出される $\beta^-$ 線のエネルギー	○
22		$^{12}\text{C}(n, 2n)^{11}\text{C}$ 反応のしきいエネルギー	○
23		放射線のエネルギー測定	
24	放射線防護	シンチレーション式サーベイメータによる線量率測定	○
25		GM計数管による放射線測定値の標準偏差	○
26		$\gamma$ 線の遮蔽	○
19	被ばく管理	人体内の $^{40}\text{K}$ の放射能	○
27		内部被ばくに関する知識	
21	放射線利用	放射性同位元素の沈殿による分離	
28		医療分野での放射線・放射性同位元素の利用	
29	エネルギー	世界の一次エネルギー供給構成	
30		コンバインドサイクルの熱効率	○
31		原子力発電と太陽光発電の年間の発電量	○
32		原子力と放射線に関する法律	
33		核不拡散に関する知識	
34		各種発電システムのエネルギー収支の比較	
35		ESCO事業に関する制度と事業形態	

設問と解説

以下に、24 年度に出題された原子力・放射線部門の一次試験専門科目の設問と解答を示す。

IV-1 熱中性子炉において、核分裂で発生した中性子が減速して熱中性子となり、核分裂物質に吸収されて再び核分裂するまでの中性子のサイクルにおいて、実効増倍率  $k$  は 6 因子公式 ( $k=f\eta\epsilon pP_fP_t$ ) で表される。ここで、 $f$  は熱中性子利用率、 $\eta$  は中性子再生率、 $\epsilon$  は高速核分裂因子、 $p$  は共鳴を逃れる確率である。また、 $P_f$  は高速中性子として体系から漏れない確率、 $P_t$  は熱中性子として体系から漏れない確率である。次の記述のうち最も不適切なものはどれか。

- ① 中性子が体系から漏れない確率  $P_f$  と  $P_t$  は、無限体系ではともに 1 である。
- ② 中性子再生率  $\eta$  は、熱中性子 1 個が核燃料に吸収されたときに発生する中性子の個数である。
- ③ 熱中性子利用率  $f$  は、吸収される熱中性子のうち核燃料に吸収される割合である。
- ④ 熱中性子炉では、低濃縮ウランを燃料とするので高速核分裂因子  $\epsilon$  は 1 である。
- ⑤ 中性子が減速する過程でウラン 238 等の原子核に吸収される現象を共鳴吸収という。

【解答と解説】  
不適切なものは④。  
熱中性子炉でも高速核分裂は起こるので  $\epsilon$  は 1 を超える。

IV-2 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。これを毒物といい、熱中性子領域で核分裂をする軽水炉に特有の現象である毒作用の原因となる。 $^{135}\text{Xe}$  は毒物であり、主として  $^{135}\text{I}$  の  $\beta$  壊変により生成される。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。 $^{135}\text{Xe}$  の原子数は、 $^{135}\text{Xe}$  の  $\beta$  壊変による消滅と  $^{135}\text{I}$  の  $\beta$  壊変による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減少する。

$$[\text{Xe}] = [\text{Xe}]_0 \exp(-\lambda_{\text{Xe}}t) + \lambda_1 [\text{I}]_0 \{ \exp(-\lambda_{\text{Xe}}t) - \exp(-\lambda_1 t) \} / (\lambda_1 - \lambda_{\text{Xe}})$$

ここで  $[\text{Xe}]$  と  $[\text{I}]$  はそれぞれ  $^{135}\text{Xe}$  と  $^{135}\text{I}$  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  $^{135}\text{Xe}$  と  $^{135}\text{I}$  の原子数である。上式で  $\lambda_1$  と  $\lambda_{\text{Xe}}$  はそれぞれ  $^{135}\text{I}$  と  $^{135}\text{Xe}$  の壊変定数である。今、 $\lambda_{\text{Xe}}/\lambda_1 = \alpha$ 、 $[\text{Xe}]_0/[\text{I}]_0 = \beta$  とおく。上式から

$$t = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_{\text{Xe}}} \ln \frac{1}{\alpha(1 + \beta - \alpha\beta)}$$

のとき、 $d[\text{Xe}]/dt=0$  となり  $[\text{Xe}]$  は最大値をとる。  
 $[\text{Xe}]$  が最大になる原子炉停止後の時間として最も近い値はどれか。ただし、 $^{135}\text{Xe}$  と  $^{135}\text{I}$  の半減期をそれぞれ 9.2 時間、6.7 時間、

$$\ln \frac{1}{\alpha(1 + \beta - \alpha\beta)} = 0.31 \cdot \ln 2 = 0.69 \quad \text{とする。}$$

① 7 時間 ② 8 時間 ③ 9 時間 ④ 10 時間 ⑤ 11 時間

【解答と解説】  
正解は⑤。  
壊変定数と半減期の関係  $\lambda = \ln 2/T$  より  $\lambda_1$  と  $\lambda_{\text{Xe}}$  はそれぞれ、0.103、0.075 となる。これらの値を与えられた式に代入すると、以下のとおり 11.07 時間を得る。  
 $1/(0.103 - 0.075) \times 0.31 = 11.07$

IV-3 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 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。
- ② 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。
- ③ 一定出力時に、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 核分裂生成物が安定化する過程で放出される中性子を遅発中性子という。
- ⑤ 中性子の個数の保存則と遅発中性子先行核数の保存則から反応度変化を計算できる。

【解答と解説】  
不適切なものは①。  
①  $^{85}\text{Br}$  (半減期: 55.6 秒)、 $^{137}\text{I}$  (半減期: 24.5 秒) など、5 秒を超えるものが存在する

IV-4 熱中性子吸収によりウラン 235 が核分裂する場合、その特性や核分裂生成物に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 周りの原子の熱運動と熱平衡状態に達した中性子の平均エネルギーは、室温において約 0.025eV である。
- ② 核分裂生成物に含まれる代表的な希ガス元素は、クリプトン、キセノン、ヨウ素である。
- ③ 核分裂生成物の存在比は、質量数が 90~100 と 135~145 付近にピークがある。
- ④ 熱エネルギー領域では、ウラン 235 の核分裂断面積は中性子の速度の逆数にほぼ比例する。
- ⑤ 核分裂生成物には、半減期が短い (1 秒以下) ものから長い (百万年以上) ものまで、さまざまな核種が含まれる。

【解答と解説】  
不適切なものは②。  
ヨウ素はハロゲン元素である。

「V-5 原子力分野で開発利用されている確率的な安全評価 (PSA) と呼ばれる定量的リスク評価技術では考えられるすべての事象の発生頻度と被害の大きさが整理され、それらを総合することによりリスク(被害の大きさと発生頻度の積和)の評価が可能になる。今、1原子炉当たり、10年に1回の発生頻度の事象Aと10万年に1回の発生頻度の事象Bを考える。被害の大きさは、事象Aでは10、事象Bでは100,000であるとする。事象Aは何度が経験しているため、その発生頻度の不確かさは小さいと考えてファクター2(5年から20年に1回)とする。事象Bは経験したことがないので発生頻度の不確かさは大きいと考えてファクター50(2,000年から500万年に1回)とする。不確かさの範囲で最悪の状況(上限)では、事象Aと事象Bのリスクの最も適切な組合せはどれか。

① 事象Aは1、事象Bは1  
 ② 事象Aは1.25、事象Bは10  
 ③ 事象Aは1.25、事象Bは25  
 ④ 事象Aは2、事象Bは10  
 ⑤ 事象Aは2、事象Bは50

【解答と解説】

正解は⑤。

最悪(上限)の状況を考えるので、事象Aの発生頻度は5年に1回、事象Bの発生頻度は2,000年に1回である。リスクは被害の大きさと発生頻度の積で求められるので、事象Aのリスクは $10 \times 1/5$ で2、事象Bのリスクは $100,000 \times 1/2,000$ で50となる。

IV-6 電気出力1,100MWの沸騰水型軽水炉の炉心を円柱形状と仮定して、その等価直径を計算し、次の中から最も近い数値を選べ。ただし、熱効率を33%、炉心の平均出力密度を $5.0 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-3}$ 、炉心の有効高さを3.7mとする。

① 3m    ② 5m    ③ 7m    ④ 9m    ⑤ 11m

【解答と解説】

正解は②。

電気出力=熱出力×熱効率であるので、電気出力1,100MWの原子炉の熱出力は3,333MW、これを平均出力密度で割ると炉心体積が得られて $66.66 \text{ m}^3$ 、また、  
 炉心体積 $=0.25 \times \pi \times$ 等価直径 $\times$ 等価直径 $\times$ 炉心の有効高さであるので、等価直径は5mとなる。

IV-7 次の記述の□に入る語句の組合せとして最も適切なものを選べ。

発電用原子炉の開発当初(1950年代)は、様々な炉型が開発された。その中でも、現在の主流となる原子炉は軽水炉である。軽水炉では、軽水が冷却材と□ a □を兼ねている。中性子が発生してから熱中性子になって吸収されるまでの距離は□ b □程度であり、小さな容積の圧力容器により高圧システムとすることが可能となる。沸騰水型軽水炉は、炉心で軽水を沸騰させて発電するための蒸気を得るため、その開発当初には気泡が発生すると核反応の制御が困難であ

ると考えられていたが、BORAXというシリーズの工学実験が行われ、□ c □が確認された。こうして、蒸気発生器が不要で効率的な熱除去ができるのでコンパクトな設計の発電用沸騰水型軽水炉が開発された。

	a	b	c
① 減速材	数cm	炉の安定性	
② 吸収材	数cm	沸騰遷移	
③ 反射体	数10cm	沸騰遷移	
④ 減速材	数10cm	炉の安定性	
⑤ 吸収材	数cm	炉の安定性	

【解答と解説】

正解は①。

a 軽水炉では、軽水(H<sub>2</sub>O)が核分裂で発生した熱を奪って炉外に取り出す冷却材の役割と、主に水素(H)の原子核との衝突で中性子のエネルギーを低下させる減速材の役割を兼ねる。  
 b 中性子が減速されて、熱中性子になって吸収されるまでに移動した距離の尺度に拡散距離がある。これは減速材により決まり、軽水の拡散距離は2.88cmである。  
 c 炉心でボイドが発生する沸騰水型原子炉(BWR)では、核熱水フィードバックに起因する出力の不安定現象を考慮する必要がある。BWRの開発当初、米国アイダホ州の国立原子炉実験場に工学試験装置BORAX(Boiling Reactor Experiment)が建造され(1953年)、安定性を含む一連の試験を通じてBWRの成立性が確認された。

IV-8 加圧水型軽水炉では、1体の燃料集合体から得られる電力量は、いくつの世帯が1年間に消費する電力量に相当するか。世帯数として最も適切な値を次の中から選べ。ただし、燃料集合体1体のウラン重量は500kg、取出燃焼度は $40,000 \text{ MWd} \cdot \text{t}^{-1}$ 、熱効率は33%とする。また、一世帯が1か月に消費する電力量を300kWhとする。

① 26,000    ② 30,000    ③ 44,000    ④ 65,000

【解答と解説】

正解は③。

$1 \text{ MWd} \cdot \text{t}^{-1}$ とは1tあたり1MWの熱が1日発生するということである。電力量は発生する熱量×熱効率である。したがって加圧水型軽水炉1体の燃料から発生する電力量は以下となる。  
 $40000 \times 0.5 \times 24 \times 0.33 = 158400 \text{ MWh} = 158400000 \text{ kWh}$   
 一方家庭の年間消費電力量は、 $300 \times 12 = 3600 \text{ kWh}$ 、  
 $158400000 \div 3600 = 44000$

IV-9 沸騰水型軽水炉が毎時間 $6.0 \times 10^6 \text{ kg}$ の蒸気を発生しているとき、この原子炉の熱出力(MW)として最も近い値を次の中から選べ。ただし、原子炉への給水のエンタルピは $800 \text{ kJ/kg}$ 、原子炉を出る蒸気のエンタルピは $2,800 \text{ kJ/kg}$ であるとし、熱損失は無視する。

① 800 MW    ② 1,000 MW    ③ 3,000 MW  
 ④ 10,000 MW    ⑤ 30,000 MW

【解答と解説】

正解は③。

熱損失を無視するので、

$$\text{熱出力} = \text{蒸気発生量} \times (\text{蒸気エンタルピ} - \text{給水エンタルピ})$$

の関係が成り立つ。よって、以下の解を得る。

$$6.0 \times 10^6 \text{ kg/h} = 1.667 \times 10^3 \text{ kg/sec}$$

$$1.667 \times 10^3 \times (2800 - 800) = 3334 \times 10^3 \text{ kJ/秒} = 3334 \times 10^3 \text{ kW} = 3334 \text{ MW}$$

IV-10 日本の原子力発電所の燃料や放射性廃棄物の輸送、貯蔵に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 海外の再処理工場から日本へ返還される高レベル放射性廃棄物は、専用の航空機で輸送されている。
- ② 新しいウラン燃料を原子力発電まで輸送する際には、放射線遮への観点から公道を通ることが禁止されており、すべて海上輸送されている。
- ③ 原子力発電所から青森県六ヶ所村の処分施設へ低レベル放射性廃棄物を輸送する際には、専用の運搬船を用いている。
- ④ 高レベル放射性廃棄物は、発熱量が大きいため貯蔵期間中は循環水による強制冷却が必要である。
- ⑤ 使用済燃料の中間貯蔵施設は、原子力発電所で発生した使用済燃料を原子力発電所外で一時的に貯蔵管理する施設であり、その立地の可能性を調査する地域の公募が行われている。

【解答と解説】

正解は③。

- ① 専用の船舶で輸送されている。
- ② 新燃料については、燃料加工工場から原子力発電所まで、専用の輸送容器に格納したうえで、車両による陸上輸送または船舶による海上輸送が実施されている。
- ④ 自然循環で冷却されている。
- ⑤ 公募しているのは高レベル放射性廃棄物等の地層処分施設建設地の選定へ向けて、その設置可能性を調査する区域であり、使用済燃料中間貯蔵施設（リサイクル燃料備蓄センター）は、青森県むつ市に建設中である。

IV-11 日本の原子力発電所の安全設計に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 多様性により信頼性を向上させる取組の具体例として、同一型式の複数台の非常用ディーゼル発電機を設置することが挙げられる。
- ② 安全設計の評価上想定された手段では適切な炉心の冷却又は反応度の制御ができない状態であり、炉心の重大な損傷に至る事象をシビアアクシデントという。
- ③ 原子炉格納容器バウンダリは、圧力障壁を形成して放射性物質を閉じ込めるものであって、それが破壊すると原子炉冷材喪失となる。
- ④ 誤操作や誤動作を防止するために、所定の条件を満たさなければ系統や機器が作動しないような設計をフェイルセーフ設計という。
- ⑤ 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、それに起因して必然的に起こる従属的な故障は含まない。

【解答と解説】

正解は②。

- ① 同一形式の複数台の設備を設置する方法は、多重性による信頼性向上。多様性を持たせるためには、構造、動作原理その他の性質が異なる設備を設置する必要がある。
- ③ 圧力障壁を形成して放射性物質を閉じ込めるものは原子炉圧力容器であり、原子炉格納容器は放射性物質の環境への放出を防ぐための設備である。
- ④ 所定の条件を満たさなければ系統や機器が作動しない仕組みはインターロックであり、フェイルセーフとは万一故障が発生した場合でも、影響が拡大を防いで安全に自動停止させる仕組みのことである。
- ⑤ 単一故障とは、それに起因して必然的に起こる従属的な故障まで含んでいる。

IV-12 日本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 再処理工場で発生する高レベル放射性廃棄物は、30～50年程度貯蔵して冷却した後、地下300mより深い安定した地層中に処分する計画である。
- ③ 原子力発電所の運転に伴い発生する低レベル放射性廃棄物は、厳重に保管されており、埋設処分されていない。
- ④ ウラン濃縮・ウラン燃料加工施設の操業に伴い発生した放射性固体廃棄物のうち、放射能レベルが極めて低いものは、地下数メートルに設けたコンクリートピットに埋設処分されている。
- ⑤ 大学や医療機関などから発生する使用済みの放射性元素（RI廃棄物）は、素掘りのトレンチに埋設処分されている。

【解答と解説】

正解は②。

- ① 中レベル放射性廃棄物という区分はない。
- ③ 原子力発電所の低レベル放射性廃棄物は埋設処分されている。
- ④ ウラン濃縮・ウラン燃料加工施設の放射性固体廃棄物のうち、放射能レベルが極めて低いものは、浅地中トレンチ処分（コンクリートピットなどの人口バリアを設けずに廃棄物を入れて覆土）することができる。
- ⑤ 研究機関や医療機関から発生したRI廃棄物は、放射能レベルによって処理形態が異なる。極低レベルで廃棄物自体が安定で汚水を発生しないコンクリート等の場合は素掘り処分ができる。

IV-13 「許可」は、特定の場合にその禁止を解除する行政行為であるのに対して、「届出」は「許可」よりも更に軽度の規制手段に基づく行為である。日本の原子力関連法規の基本的な考え方に関する次の記述（法規に記載された文章に厳密に一致しているものではない）のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 核燃料の加工の事業を行なおうとする者は、主務大臣の許可を受けなければならない。

- ② 使用済燃料の貯蔵の事業を行なおうとする者は、主務大臣の許可を受けなければならない。
- ③ 実用発電用原子炉、試験研究用原子炉など、原子炉を設置しようとする者は、主務大臣の許可を受けなければならない。
- ④ 原子炉設置者は、原子炉の運転に関して保安の監督を行わせるため原子炉主任技術者を選任したときは、主務大臣にその旨を届け出なければならない。
- ⑤ 再処理事業者は、その事業を開始し、休止し、又は再開するときは、主務大臣の許可を受けなければならない。

【解答と解説】

不適切なものは⑤。

原子炉等規制法の第四十六条の三（事業開始等の届出）には、「再処理事業者は、その事業を開始し、休止し、又は再開したときは、それぞれその日から十五日以内に、その旨を原子力規制委員会に届け出なければならない。」とある。

- IV-14 発電用軽水炉の運転・保守に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。
- ① 非常時に自動起動する非常用炉心冷却系は、原子炉の通常運転中にも定期的に試験を実施し、それらが動作可能であることを確認している。
  - ② 定期検査の際に、構造部材のひびや磨耗を発見したとしても、その進展を予測し安全上の余裕が確保される期間は、補修や取替を行わずに運転することが許容されている。
  - ③ 燃料シッピング検査では、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{133}\text{Xe}$ 等の核種を分析することによって燃料集合体からの放射性物質の漏えいの有無を確認する。
  - ④ 非破壊検査手法として、沸騰水型軽水炉の炉内構造物には渦電流探傷検査、加圧水型軽水炉の蒸気発生器には超音波探傷検査が用いられている。
  - ⑤ 原子炉圧力容器の破壊脆性の変化を監視するために、原子炉内部に試験片を挿入して中性子照射し、これらを運転年数に応じて計画的に取り出し、脆性遷移温度の評価を行っている。

【解答と解説】

不適切なものは④。

沸騰水型軽水炉の炉内構造物には超音波探傷検査が、加圧水型軽水炉の蒸気発生器には渦電流探傷検査が用いられている。

- IV-15 中性微子（ニュートリノ）に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。
- ①  $\beta^+$ 壊変に伴って放出される。
  - ② 中性子が壊変するといくつかの中性微子になる。
  - ③ 中性子と同様に電氣的に中性であるが、検出は容易である。
  - ④ 質量は電子の静止質量とほぼ同じである。
  - ⑤ 反粒子が存在する唯一の素粒子である。

【解答と解説】

正解は①。

- ② 中性子は電子を放出して陽子となる。
- ③ ニュートリノは物質とほとんど反応しないため、検出は簡単ではない。
- ④ 電子の質量は  $9.11 \times 10^{-31}\text{kg}$  で、ニュートリノの質量は電子の100万分の1以下である。
- ⑤ 陽子と反陽子など、ニュートリノ以外にも反粒子を持つ素粒子が存在する。

IV-16 荷電粒子の物質中での衝突阻止能について、次の記述のうち最も適切なものはどれか。

- ① 衝突阻止能の単位は  $\text{J} \cdot \text{m}^2$  である。
- ② 衝突阻止能は荷電粒子の速度の2乗にほぼ比例する。
- ③ 衝突阻止能は荷電粒子の電荷の2乗にほぼ比例する。
- ④ 衝突阻止能は荷電粒子の質量にほぼ逆比例する。
- ⑤ 衝突阻止能は物質の原子番号にほぼ逆比例する。

【解答と解説】

正解は③。

阻止能は標的物質内を通過する際に単位距離あたりに失うエネルギーなので、単位は  $\text{J}/\text{m}$  である。

荷電粒子の衝突阻止能  $S_{col}$  は以下の Bethe の式で表される。

$$S_{col} = \frac{4\pi e^4 z^2 N}{mv^2} Z \left[ \ln \frac{2mv^2}{I(1-\beta^2)} - \beta^2 \right]$$

- e : 電子の電荷
- z : 荷電粒子の核荷電数
- v : 荷電粒子の速度
- m : 荷電粒子の質量
- Z : 標的物質の原子番号
- N : 標的物質の単位体積あたりの原子数
- I : 標的物質の平均電離ポテンシャル
- $\beta$  :  $v/c$  (c : 光速)

したがって、阻止能は荷電粒子の電荷(z)の2乗に比例し、速度(v)の2乗に反比例し、質量(m)に比例し、原子番号(Z)に比例する。

IV-17 次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 荷電粒子の速度が物質中での光の速さより速い場合に発生する光を、チェレンコフ光という。
- ② 光子が原子核によって前方に散乱されることを、ラザフォード散乱という。
- ③ 原子核の近傍で光子が消滅して、電子と陽電子の1対を同時に発生することを、電子対生成という。
- ④ 光子が電子と粒子のように衝突して散乱することを、コンプトン散乱という。
- ⑤ 光子が軌道電子にエネルギーを与え、軌道電子が原子から飛び出す現象を、光電効果という。

【解答と解説】

不適切なものは②。

ラザフォード散乱とは、荷電粒子同士が衝突する時に、クーロン力

によって散乱される現象。

(39.9640-39.9626) × 931.5 = 1.30 (MeV)

IV-18  $^{137}\text{Cs}$  の壊変図式は下図のようであり、 $^{137}\text{Ba}$  は100%の割合で核異性体転移し、その際の内部転換電子の放出割合は10%である。 $^{137}\text{Cs}$  原子1個が壊変する際に放出される電子の数(β線と内部転換電子の総数)の平均値として、最も適切なものはどれか。ただし線源は永続平衡にあるとする。

① 0.85    ② 0.94    ③ 1.00    ④ 1.09    ⑤ 1.94

**【解答と解説】**  
 正解は④。  
 $^{137}\text{Cs}$  が崩変して  $^{137m}\text{Ba}$  と  $^{137}\text{Ba}$  になる確率はそれぞれ94.4%と5.6%で、ともに電子1個を放出する。 $^{137m}\text{Ba}$  から  $^{137}\text{Ba}$  に転移する際に10%の確立で内部転換電子を放出するとあるので、 $^{137}\text{Cs}$  原子1個が壊変する際に放出される電子の数の平均値は以下で求められる。  
 $94.4 \times (1+0.1 \times 1) + 5.6 \times 1 = 1.09$

IV-19 人体中にはカリウムが含まれている。その含有量は人体1kg当たり約2gであり、代謝と食物による摂取によって平衡になると仮定し、体重50kgの人体に含まれている $^{40}\text{K}$ の放射能(Bq)として最も近い値はどれか。ただし、 $^{40}\text{K}$ の半減期を13億年、 $^{40}\text{K}$ の天然存在比を $1.2 \times 10^{-4}$ 、アボガドロ数を $6.0 \times 10^{23}$ 、 $\ln 2 = 0.69$ とする。

① 1,000    ② 3,000    ③ 5,000    ④ 7,000    ⑤ 9,000

**【解答と解説】**  
 正解は②。  
 人体中のカリウムは平衡状態にあるので、この時の原子数 $N_0$ 、崩変定数を $\lambda$ 、半減期を $T$ とすると、放射能Bqは以下の式で求まる。  
 $Bq = \lambda N_0 = (\ln 2 / T) N_0$   
 $= 0.69 / (13 \times 10^8 \times 365 \times 24 \times 3600) \times (50 \times 2 \times 1.2 \times 10^{-4} \times 6.0 \times 10^{23} / 40)$   
 $= 3030$

IV-20  $^{40}\text{K}$  のβ崩変に伴って放出されるβ線の最大エネルギー(MeV)として最も近い値はどれか。ただし、壊変後の娘核種は基底状態であるとし、原子質量単位(u)で表した中性原子の質量は、 $^{40}\text{K}: 39.9640$ 、 $^{40}\text{Ar}: 39.9624$ 、 $^{40}\text{Ca}: 39.9626$  とし、 $1u = 931.5\text{MeV}$  とする。

① 0.18    ② 0.28    ③ 0.79    ④ 1.30    ⑤ 1.50

**【解答と解説】**  
 正解は④。  
 $^{40}\text{K}$  のβ崩変は以下のように表される。  
 $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ca} + e^-$   
 したがって、放出されるβ線の最大エネルギーは下記となる。

IV-21 次のうち、沈殿が生成し、その沈殿物にほとんどの放射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。

- $^{14}\text{C}$  を含む炭酸バリウムに、塩酸を加えて酸性にする。
- $^{232}\text{Ra}$  を含む水酸化ナトリウム溶液に、塩化鉄(III)溶液を加える。
- $^{35}\text{Cl}$  を含む塩化ナトリウム溶液に、硝酸銀水溶液を加える。
- $^{131}\text{I}$  を含むヨウ化カリウム溶液に硫酸を加えて酸性とし、過酸化水素を加える。
- $^{238}\text{U}$  を含む炭酸ウラニル(VI)に、硝酸を加えて酸性にする。

**【解答と解説】**  
 正解は③。AgCl がほぼ100%沈殿する。  
 ①  $\text{CO}_2$  が発生する。  
 ② 沈殿物は水酸化鉄となる。  
 ④  $\text{I}_2$  はわずかに水に溶ける。  
 ⑤ 硝酸ウラニルは水溶性で沈殿しない。

IV-22  $^{12}\text{C}(n, 2n)^{11}\text{C}$  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。反応のしきいエネルギーとして、最も近い値はどれか。核種の質量過剰(mass excess)は、 $^{12}\text{C}$  が0MeV、中性子が8.1MeV、 $^{11}\text{C}$  が10.7MeVである。

① 16MeV    ② 17MeV    ③ 18MeV    ④ 19MeV    ⑤ 20MeV

**【解答と解説】**  
 正解は⑤。  
 反応前後の静止エネルギーの差、すなわち反応のQ値は以下で求められる。  
 $Q = (0 + 8.1) - (10.7 + 8.1 \times 2) = -18.8\text{MeV}$   
 $Q < 0$  なので吸熱反応であり、入射粒子の運動エネルギーがある値以上でなければ反応が起こらない。この値をしきいエネルギー $E_{th}$ と呼び、次の式で求められる。  

$$E_{th} = -\frac{m_x + m_a}{m_x} Q$$
 $m_x$  : 標的核の質量  
 $m_a$  : 入射粒子の質量  
 よって、しきいエネルギーは以下となる。  
 $E_{th} = -(-18.8) \times (12+1)/12 = 20.4$

IV-23 放射線のエネルギー測定に関する次の記述のうち、放射線の種類と検出器の組合せが最も適切なものを選び。

- $^{137}\text{Cs}$  のγ線のエネルギーをGM計数管で測定する。
- 高速中性子のエネルギーをBF<sub>3</sub>比例計数管で測定する。
- $^3\text{H}$  のβ線のエネルギーをNaI(Tl)シンチレーション検出器で測定する。
- $^{241}\text{Am}$  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。

(次頁に続く)

⑤ 数十 keV 程度の X 線のエネルギーを空気等価電離箱で測定する。

【解答と解説】

正解は④。

- ① GM 計数管ではエネルギーは測定できない。
- ② BF<sub>3</sub> 比例計数管は熱中性子の測定に用いる。
- ③ NaI (Tl) シンチレーション検出器はγ線の測定に用いる。
- ⑤ 空気等価電離箱は高エネルギーγ線の測定に用いる。

IV-24 シンチレーション式サーベイメータを用いて放射線量を測定するに当たり、正しい値に対して5%程度以下の違いで読み取りたい。時定数を30秒に設定した検出器を測定場所においてから読み取りを開始するまでに必要な時間として、最も適切なものはどれか。ただし指示値Mは、正しい指示値M<sub>0</sub>に対して、放射線場においてからの経過時間tの関数として  $M = M_0(1 - e^{-t/\tau})$  にしたがって増加する。ここでτは時定数である、なお、自然対数の底eの値を2.7とする。

① 30秒 ② 60秒 ③ 90秒 ④ 120秒 ⑤ 150秒

【解答と解説】

正解は③。

誤差が5%以下になるのは  $e^{-t/\tau} = 0.05$  のとき。

$e = 2.7$  とすると、 $t/\tau = 3.03$ 。

$\tau = 30$  秒より、 $t = 90$  秒となる。

IV-25 ある試料からの放射線をGM計数管を用いて測定したところ、10分間で1,000カウントであった。また、バックグラウンドを5分間測定すると150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 4 ②  $\sqrt{70}$  ③  $\sqrt{130}$  ④ 70 ⑤  $\sqrt{1,150}$

【解答と解説】

正解は①。

全計数を1標本とする場合、計測時間tで計数値Nが得られたときの計数率nと標準偏差σは次の式から求められる。

$$n \pm \sigma = \frac{N}{t} \pm \frac{\sqrt{N}}{t}$$

正味の計数率の標準偏差は、試料の標準偏差σ<sub>S</sub>とバックグラウンドの標準偏差σ<sub>B</sub>から次の式から求められる。

$$\sqrt{\sigma_S^2 + \sigma_B^2}$$

これより以下を得る。

$$\{(1000/10^2) + (150/5^2)\}^{1/2} = \{10 + 6\}^{1/2} = 4$$

IV-26 あるγ線源から1mの位置の1cm線量当量率は16mSv・h<sup>-1</sup>である。このγ線源を鉄板あるいはアルミニウム板で遮へいすると、同じ1mの位置での1cm線量当量率はそれぞれ4mSv・h<sup>-1</sup>と8mSv・h<sup>-1</sup>に低下

した。この鉄板とアルミニウム板を重ねてγ線源を遮へいしたとすると、線源から2mの位置の1cm線量当量率(mSv・h<sup>-1</sup>)はどれくらいになるか。最も適切な数値を選べ。

① 0.05 ② 0.1 ③ 0.2 ④ 0.5 ⑤ 2.0

【解答と解説】

正解は④。

鉄板で1/4、アルミニウム板で1/2に1cm線量当量が低下した。また、線量は距離の2乗に反比例するので、1mから2mに測定位置を変えると1/4に低下する。したがって、求める1cm線量当量は以下となる。

$$16 \times 1/4 \times 1/2 \times 1/4 = 0.5 \text{ (mSv/h)}$$

IV-27 内部被ばくに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 吸入摂取を防ぐため、放射性の粉塵や気体が発生するような操作はフードなど換気設備のあるところで行う。
- ② <sup>131</sup>Iは甲状腺に集積しやすい。
- ③ <sup>90</sup>Srや<sup>226</sup>Raは骨に集積しやすい。
- ④ 体内に取り込まれた放射性同位元素の量が、代謝や排出によって2分の1に減少するまでの時間を生物学的半減期という。
- ⑤ 全身カウンタを用いて身体中に含まれている放射性物質の量を直接測定する方法は、バイオアッセイ法と言われる。

【解答と解説】

不適切なものは⑤。

全身カウンタを用いて身体中に含まれている放射性物質の量を直接測定する方法は、ホールボディカウンター法と呼ばれる。バイオアッセイ法とは、排泄物などの生体試料から内部被ばくを測定する方法のこと。

IV-28 現在、医療の分野で放射線や放射性同位元素は病気の診断、治療に欠かすことができないものとなっている。次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① <sup>192</sup>Irや<sup>198</sup>Auなどの放射性同位元素を針状の器具に埋め込み、患部へ挿入し、腫瘍などを治療している。
- ② β<sup>+</sup>壊変する核種で標識した化合物を投与し、その核種がβ<sup>+</sup>壊変後、陽電子消滅する際に、180度方向に同時に放出される消滅放射線を測定対象物の周りに配置した検出器で同時計数すると、核種の位置や集積量を調べることができる。がんの診断には<sup>18</sup>F標識化合物などが用いられている。
- ③ 患者のがん組織にホウ素化合物を取り込ませ、原子炉の熱中性子で患部を照射すると、ホウ素との核反応で発生する粒子放射線(α線と<sup>7</sup>Li粒子)によって、選択的にがん細胞を殺すことができる。
- ④ β線を放出する核種を患者に投与して、そのβ線を測定すると、投与した核種の集積や動きを測定することができる。<sup>99m</sup>Tc標識化合物や<sup>201</sup>Tl標識化合物などが利用されている。(次ページに続く)

⑤ 重粒子線照射は、がん細胞を殺す力が強く、また、がん細胞の周りに酸素があるかないかによる影響を受けにくいという利点があることから、がん治療に利用されている。

【解答と解説】

不適切なものは④。

β線を放出する核種で医療に用いられているものは、<sup>131</sup>I、<sup>89</sup>Sr、<sup>90</sup>Yである。<sup>99m</sup>Tcや<sup>201</sup>Tlはγ線を放出し、β線は放出しない。

IV-29 2008年の世界の一次エネルギー供給構成は石油が33%、石炭が28%、天然ガスが21%、原子力が6%、水力を含む再生可能エネルギーが13%となっている。しかし、供給構成を国別にみると、各国はそれぞれの事情から確保しやすいエネルギー資源を選択している。表は4カ国の一次エネルギー供給構成を比較したものである。表中のA国～D国として最も適切な組合せはどれか。

(単位：%)

	石油	石炭	天然ガス	原子力	再生可能エネルギー等 (含水力)
A国	43	23	17	14	3
B国	40	9	27	11	16
C国	31	5	15	42	7
D国	17	66	3	1	12

- |   | A    | B   | C    | D   |
|---|------|-----|------|-----|
| ① | フランス | カナダ | 日本   | ドイツ |
| ② | 日本   | カナダ | フランス | 中国  |
| ③ | ドイツ  | 日本  | カナダ  | 中国  |
| ④ | カナダ  | 日本  | フランス | ドイツ |
| ⑤ | フランス | 中国  | 日本   | カナダ |

【解答と解説】

正解は②。

原子力の比率が高いC国がフランス、石炭の比率が高いD国が中国であることは容易に分かる。残るドイツ、カナダ、日本のうち、天然ガスと再生可能エネルギー（水力）の比率の高いB国がカナダ、原子力の比率が比較的高くて再生可能エネルギーの比率が低いA国が日本となる。提示されたデータは2008年のもので、原子力発電所が稼動していた東日本大震災の前まではドイツと日本の一次エネルギー供給構成はよく似ているが、ドイツは風力発電等の再生可能エネルギーの比率が高い点がA国とは異なる。

IV-30 火力発電所からの二酸化炭素排出量低減のためには熱効率の向上が効果的であり、ガスタービンや蒸気タービンなどの熱機関を直列につないで熱効率を向上させる手段がある。これを活用したものが、天然ガス火力複合発電などのコンバインドサイクルシステムである。熱効率35%のガスタービンと、熱効率30%の蒸気タービン（排熱回収サイクル）を直列につないだ場合の、総合熱効率として最も近い値はどれか。なお熱効率は、注入された熱量と排出された熱量の差を、注入された熱量で割った値で定義される。

- ① 45%    ② 50%    ③ 55%    ④ 60%    ⑤ 65%

【解答と解説】

正解は③。

熱効率35%のガスタービンから排出された65%の熱が、熱効率30%の蒸気タービンに供給されるので、直列につないだ場合の総合熱効率は以下で求められる。

$$0.35 + 0.65 \times 0.3 = 0.545$$

IV-31 原子力発電は、現在、一基当り100万kW級の発電出力をもつプラントが最も多く普及している。一方、家庭の屋根に設置される太陽光発電設備の出力は一軒当り4kW程度である。100万kWの原子力発電設備が一年間に発電する電力量と同じ量の電気を供給するためには、4kWの太陽光発電設備を何軒の屋根に設置する必要があるか。最も適切な数値を選べ。ただし、原子力発電と太陽光発電の年間の設備利用率を、それぞれ70%と12%として計算せよ。

- ① 10万軒    ② 50万軒    ③ 100万軒    ④ 150万軒    ⑤ 200万軒

【解答と解説】

正解は④。

100万kWの発電出力を持つ原子力発電設備が1年間に発電する電力量と、4kWの発電出力を持つ太陽光発電設備x軒が1年間に発電する電力量が等しいとおくと、

$$1,000,000 \times 365 \times 24 \times 3,600 \times 0.7 = 4x \times 365 \times 24 \times 3,600 \times 0.12$$

$$x = (1,000,000 \times 0.7) / (4 \times 0.12) = 1,458,333$$

IV-32 原子力と放射線の安全に関する法律についての次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 放射線障害防止法(放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律)には、放射性同位元素及び放射線発生装置による放射線障害防止の基準等が定められている。
- ② 原子炉等規制法(核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律)には、原子炉や核燃料サイクル施設などでの災害発生を防止するための基準等が定められている。
- ③ 放射線障害から労働者等を保護するための基準は、労働安全衛生法に基づく法令に定められている。
- ④ 放射性同位元素等を治療に用いる場合の、当該治療を受ける患者の放射線量を制限する基準は医療法に定められている。
- ⑤ 東京電力(株)福島第一原子力発電所事故発生直後、食品衛生法に基づく食品中の放射性物質の暫定規制値が定められ、翌年には新しい基準値に変更された。

【解答と解説】

不適切なものは④。

医療法では患者の線量を制限する基準は定められていない。

IV-33 核不拡散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。

我が国は、国内にあるすべての核物質が核兵器等に転用されていないことを確認するため、国際原子力機関(IAEA)とのaを受け入れている。これに基づき、国内の核物質が核兵器等に転用されることを

適時に探知し、これを抑止するための活動を実施している。  
 第一に、事業者が日常的に搬入・搬出される核物質の増減、及び核物質の在庫の量を厳密・正確に管理し報告する **□ b □** である。第二に、核物質が密かに移動されていないことを確認するために、封印や監視カメラを取り付けて核物質の移動を監視するための封じ込め・監視である。第三は、不定期に国及び IAEA が実際に原子力施設に立ち入って調査する **□ c □** である。

	a	b	c
①	核不拡散協定	収支管理	監査
②	保障措置協定	計量管理	監査
③	核不拡散協定	収支管理	査察
④	核不拡散協定	計量管理	監査
⑤	保障措置協定	計量管理	査察

【解答と開設】

正解は⑤。

- a 保障措置協定は、原子力が平和利用から核兵器製造等の軍事的に転用されないことを確認するため、IAEA 憲章に基づいて、IAEA が当該国の原子力活動について実施する査察を含む検閲制度である保障措置を規定する協定。核拡散防止条約は、米、英、仏、ロシア、中国の5ヶ国以外の国が核兵器を保有することを禁止する条約。
- b 計量管理は、施設に出入りする核物質の量を正確に測定し、施設内の核物質在庫量を把握して核物質の収支を確認すること。
- c 査察とは IAEA の活動で、ウランやプルトニウムなどの核物質が核兵器その他の核爆発装置に転用されていないことを確認すること。

IV-34 各種の発電システムの優劣を比較する方法の一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、発電技術で電力を生産するために必要となる直接間接のエネルギーを **□ a □** にわたって評価し、その値を生産された電力量と比較して、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、エネルギー収支比  $(\frac{\text{b}}{\text{c}})$  を比較する。発電システムは電気という二次エネルギーを生産することが最大の目的であるから、エネルギー収支比が大きいほどエネルギーの生産効率が高いと言える。エネルギー生産システムとしての成立要件はエネルギー収支比が **□ d □** より大きいことである。

	a	b	c	d
①	施設の全生涯	生産エネルギー	投入エネルギー	1
②	1年間	余剰エネルギー	損失エネルギー	1
③	施設の全生涯	生産エネルギー	損失エネルギー	2
④	1年間	余剰エネルギー	投入エネルギー	1
⑤	1年間	余剰エネルギー	損失エネルギー	2

【解答と解説】

正解は①。

- a 発電施設等のエネルギー収支計算は、建設から廃棄まで考慮するので、施設の全生涯が対象となる。
- b 生産エネルギーは算出されるエネルギーのことで、発電システムでは電力となる。
- c 投入エネルギーは、燃料、タービンや発電機など発電システム等の機器の製造、原料の採鉱と精製、土木工事などの建設に際して投入されるエネルギーを合計したもの。
- d 成立要件は、投入エネルギーより生産エネルギーが大きいことである。

IV-35 我が国のエネルギー需給に関わる制度や事業形態について記述した次の文章のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ESCO(Energy Service Company)事業では、従前の利便性を損なうことなく省エネルギーに関する包括的なサービスを提供し、その顧客の省エネルギー効果が得られた場合、その一部を報酬として受け取る。しかし、一般的には ESCO 事業者は省エネルギー効果を保証していない。
- ② RPS(Renewables Portfolio Standard) 制度では、エネルギーの安定的かつ適切な供給の確保及び再生可能エネルギーの普及を目的に、電気事業者に対して、毎年その販売電力量に応じた一定割合以上の再生可能エネルギーの電気の利用を義務付けている。
- ③ 平成 23 年に制定された再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度(FIT; Feed-in Tariff)では、太陽光、風力等の再生可能エネルギーを用いて発電された電気を、一定の期間・価格で電気事業者が買い取ることを義務付けている。
- ④ グリーン電力制度では、発電コストは既存電源に比べると高いが、環境負荷が低い太陽光、風力などの自然エネルギーの普及促進と環境問題への取り組みに賛同する消費者から拠出金を募り、これをもとに風力発電や太陽光発電などに助成を行っている。
- ⑤ 電気事業法は、電気事業の運営を適正かつ合理的ならしめることによって、電気の使用者の利益を保護し、及び電気事業の健全な発達を図るとともに、電気工作物の工事、維持及び運用を規制することによって、公共の安全を確保し、及び環境の保全を図っている。

【解答と解説】

不適切なものは①。

一般社団法人 ESCO 推進協議会によれば、ESCO 事業とは顧客の省エネルギー効果の保証等によりその一部を報酬として受け取る、とある。