

原子力・放射線部門

技 術 士 模 擬 試 験 問 題

第 一 次 試 験

「 専 門 科 目 」

正 解 と 解 説

平成 16 年 3 月

第一次試験専門科目
正解と解説

問題 1

正解 ; ②

解説 ; 原子力の基本をなす、中性子の核反応についての最も基礎的な概念の把握力を見る。正答の根拠は中性子の速度に反比例。②以外は夫々、中性子反応の特徴を文章で現したものである。

参考文献 ; 「原子力がひらく世紀」(日本原子力学会編)、
「原子炉工学講座」(培風館)

問題 2

正解 ; ③

解説 ; 原子炉の基本原理の理解力を、中性子のスペクトルの特長を把握しているかどうかを問う問題。中性子のエネルギースペクトルの基本を理解しているかどうかを、定性的な表現で問うている。正解の③は、媒質の温度より高い。(熱平衡の理論を理解しているかの設問)

参考文献 ; 「原子力がひらく世紀」(日本原子力学会編)、
「原子炉工学講座」(培風館)

問題 3

正解 ; ③

解説 ; 原子炉の基本知識である臨界についての設問。臨界の条件の理解度を求めている。正解の③は、立方体の方が大きい。(幾何学的バックリングの違いによる)

問題 4

正解 ; ①

解説 ; 原子炉の基本知識の1つである遅発中性子についての問題。原子炉を安定に運転できる要因として遅発中性子があり、その性質を知って原子炉の設計が可能になる。それを問う問題である。

参考文献 ; 「原子力がひらく世紀」(日本原子力学会編)
「原子炉工学講座」(培風館)

問題 5

正解 ; ③

解説 ; 原子炉の運転・制御にとって重要な意味を持つ、燃料内部での中性子の振る舞いの1つであるドップラー効果についてその知識を問う。ドップラー効果を音響のアナロジーとしてイメージとして捉えているかどうか問われる問題である。

参考文献 ; 「原子力がひらく世紀」(日本原子力学会編)、
「原子炉工学講座」(培風館)

問題 6

正解 ; ③

解説 ; 原子炉における負の反応度温度係数の、ドップラー効果と並んで重要なボイド効果についての知識を問う。ボイド発生により水の密度の減少による中性子による核分裂反応を整理していれば回答可能な問題。

参考文献 ; 「原子力がひらく世紀」(日本原子力学会編)、
「原子炉工学講座」(培風館)

問題 7

正解 ; ③

解説 ; 燃料の基本的な知識であるウランの同位体組成に関する問題。ウラン 235 の含有率は約 0.71%、ウラン 238 の含有率は約 99.3% であり、ウラン 238 の方が約 140 倍多く含まれている。

参考文献 ; 「原子力がひらく世紀」(日本原子力学会編)

問題 8

正解 ; ④

解説 ; 燃料設計での基本的な要件である、熱伝達を考慮した工学的な選択の問題。熱伝達係数が大きく、取り扱いやすい気体という条件を考えれば良い。

参考文献 ; 「原子力がひらく世紀」(日本原子力学会編)

問題 9

正解 ; ⑤

解説 ; プルサーマルなどの MOX 燃料に関わる知識を問うもので、燃焼過程やプルトニウムの発生についての技術的な知識を問う問題。MOX 燃料ペレットには、ウラン 235、ウラン 238、プルトニウム 239、プルトニウム 240、プルトニウム 241 が全て含まれている。上記、アからオまでの記述のうち、ア、ウ、オは誤りで、イ、エは正しい。従って、誤っているものの組み合わせは、ウ、オで正解は⑤となる。

問題 10

正解 ; ②

解説 ; 原子炉の安全対策を行っている諸対策を広範に問う問題。正解の②は安全設計指針で謳われている、安全上の重要度の分類、それに則した設計の余裕を持たせた設計をするという思想を理解していることを問うている。①は格納容器が欠落、③は多重化が全てではなく、定期的な検査などで代行する。④では、強固な岩盤に設置することが求められ、⑤は地震で自動スクラムをするようにしている。

参考文献 ; 「原子力がひらく世紀」(日本原子力学会編)

問題 11

正解 ; ③

解説 ; 再処理の安全設計に関連した問題で、TBP の引火点に関する知識を要求する問題である。正解③の理由は、TBP 錯体(レッドオイル)の引火点 135°C。事故例 ; ロシア・トムスク 7 再処理工場 対応策としては、溶媒洗浄等通常実施されている。再処理の安全性の中で火災、爆発は重要な要素であるため主要な溶媒の TBP に関する知識は必須。

問題 12

正解 ; ②

解説 ; 燃焼によるプルトニウムの生成とそれによる発熱割合を問う問題で、プルサーマルなどで問題視されているプルトニウムに関する知識を問う問題である。正解②の理由は、日本の電力の内、原子力発電の占める割合は約 1/3、軽水炉では燃料取替えの運転末期にはウラン 235 よりプルトニウムによる核分裂の方が発電に寄与す

る割合が多く、60%程度といわれる。運転期間平均で30%程度、従って $30\% \times 1/3 = 10\%$ 。

問題 1 3

正解；④

解説；エネルギーの単位に関する基本的理解を試す問題。正解の④

($\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$) は、エネルギーの単位である。

- ① N はニュートンで力の単位である。
- ② 分子数、圧力、電流、電荷、長さの単位である。
- ③ 力の単位である。
- ⑤ ウェーバー（磁束）の単位である。

参考文献；理科年表（国立天文台編）

問題 1 4

正解；③

解説；ベータ崩壊、 α 崩壊等の問題を通して原子核崩壊についての基本的知識を試す問題。

正解の③は、 β^- 線のエネルギースペクトルは連続であり、電荷を持っているので媒質で減速される。しかし、消滅放射線を放出しない。制動放射線を発生する。これを放出するのは、陽電子であり、 β^+ 崩壊の場合である。

- ① 内部転換電子のエネルギーは単色スペクトルを示す。
- ② 原子番号が1減り、質量数が変わらない原子核崩壊は、 β^+ 崩壊だけとは限らない。EC壊変がある。
- ④ α 崩壊によって、原子番号は2減り、質量数は4減る。
- ⑤ β 崩壊と異なり、単色のエネルギーのニュートリノを放出する。

問題 1 5

正解；②

解説；粒子フルエンスに関する基本知識を試す問題。

正解の②は、時間 t の時の B の量を n として、時間 $dt(\text{s})$ の間に、生成された B の量は、 $f \times 10^{-4} \times \sigma \times 10^{-24} \times N dt$ 、崩壊によって減る量が、 $n dt \times \ln 2 / T$ であるから、 $dn = f \sigma N dt \times 10^{-28} - n dt \times \ln 2 / T$ となり、これは、 $dn/dt = f \sigma N \times 10^{-28} - n \times \ln 2 / T$ となる。これを解くと

$$n = f \sigma N T \times 10^{-28} \times (1 - \exp(-t \times \ln 2 / T)) / \ln 2$$

が得られ、 $t = T$ であるので、 B の量は、 $B = 5 \times 10^{-29} \times f \sigma NT / \ln 2$ となる。

① $1 \times 10^{-26} \times f \sigma NT (1 - e^{-1})$: 照射時間を平均寿命に取り、断面積の次元も 2 乗を考慮しなかった解。

② $5 \times 10^{-29} \times f \sigma NT / \ln 2$

③ $f \sigma NT$: B の減少と断面積の次元を合わせなかった解。

④ $f \sigma N T e^{-T} / \ln 2$: C で単純に得られた量が、時間の指数関数 e^{-t} で減少するとした解。

⑤ $1 \times 10^{-28} \times f \sigma NT / \ln 2$: 飽和値である。

参考文献 ; 「放射線概論」(通商産業研究社)

「放射線物理と加速器安全の工学」(地人館)

問題 1 6

正答 ; ④

解説 ; 放射性物質に含まれる放射能についてその量の評価に関する基本知識を試す問題。

人体に含まれるカリウムの質量は、

$$W = 50 \times 10^3 \times 0.2 \times 10^{-2} \times 0.012 \times 10^{-2} = 1.2 \times 10^{-2} \text{ (g)}$$

放射性核種の壊変率は、原子数 N 、質量数 A (g)、崩壊定数 λ 、半減期 T (秒) とすると、

$$\begin{aligned} -dN/dt &= \lambda N = (N/T) \times 0.693 \\ &= (W/AT) \times 4.16 \times 10^{23} \quad (N = W/A \times 6 \times 10^{23}) \\ &= 1.2 \times 10^{-2} \times 4.16 \times 10^{23} / (40 \times 4.04 \times 10^{16}) \\ &= 3.09 \times 10^3 \text{ (Bq)} \end{aligned}$$

問題 1 7

正答 ; ③

解説 ; 放射線利用の基礎となる放射線作用の基本原理についての知識を試す問題。

③は、透過の本質は作用がないことによる慣性運動である。もちろん、作用及び反作用があるときは透過しないということではないが、透過現象そのものは作用と直接関係がない。

①放射線による生物的作用。

②放射線作用の物理的作用。

④放射線による化学的作用。

⑤放射線による化学的作用。

問題 1 8

正答 ; ④

正解 ; 人工放射線源としての加速器に関する基本知識を試す問題。

(1)ヘリウム原子核のイオン価数は2であるので正しい。陽子ならば2 MeVとなる。

(2)の「交流磁場」は直流磁場あるいは静磁場の誤り。サイクロトロンの基本原理。

(3)の「粒子の質量には依存しない」は誤りで、「粒子の質量にも依存する」とすべきである。加速粒子操作の基本原理を試すための記述。

(4)国内の医療用電子リニアック設置台数は約700台に達し、最も普及が進んでいる機種である。

(5)高エネルギー加速器応用の基本原理として正しい。

問題 1 9

正答 ; ②

解説 ; 放射線被ばくによる影響の分類と障害の名称の理解についての問題。

②発がん(白血病を含む)及び遺伝的影響が、確率的影響と考えられている。したがって、Bの白血病とDの劣性遺伝病の組合せが正しい。

①Aの白内障は、確定的影響である。誤り。

③Cの一時的不妊は、確定的影響である。誤り。

④Aの白内障とCの一時的不妊は、確定的影響である。誤り。

⑤Cの一時的不妊は、確定的影響である。誤り。

問題 2 0

正答 ; ④

解説 ; 放射性核種を用いた代表的な物質の定量法である同位体希釈法の理解についての問題。

④の同位体希釈法の基本式に与えられた数値を代入すると、以下のようになる。

$$a\left(\frac{S_0}{S}-1\right)=20\left(\frac{1000}{80}-1\right)=230(\text{mg})$$

- ① }
② } 上記の基本式中の a、S₀、S に与えられた数値を正し
③ } く代入しない場合に出てくる数値である。誤り
⑤ }

問題 2 1

正解 ; ③

解説 ; 中性子の線量評価に関し、人体の被ばく量を表す実効線量や測定に用いる 1 センチメートル線量当量の正しい理解についての問題。

- ③ 中性子の等価線量は、臓器・組織の吸収線量に放射線荷重係数を掛けて計算される。線質係数は、線量当量を求める際に用いられる。したがって、正しくない。
- ① 中性子の実効線量は、2 次 γ 線の寄与を含んだ吸収線量に放射線荷重係数及び組織荷重係数を掛けて計算する。正しい。
- ② 中性子の線量測定には、実効線量ではなく 1 センチメートル線量当量が使われる。正しい。
- ④ 入射フルエンス当たりの組織の吸収線量は、熱中性子よりも速中性子の方が 10 倍以上大きい。
- ⑤ 実効線量は、中性子の入射エネルギーだけではなく、入射方向や人体の大きさにも依存する。正しい。

参考文献 ; ICRP Publication 60 (1991)

ICRP Publication 74 (1996)

問題 2 2

正解 ; ③

解説 ; 被ばく低減 3 原則 (しゃへい、距離、時間) の組み合わせで、被ばく線量低減効果の理解についての問題。

③しゃへい、距離、時間の被ばく線量低減割合を計算し、最も小さい値となる組み合わせ。(被ばく低減割合が 0. 0 2 1)

ガンマ線の実効線量率は、1 半価層の鉄を透過すると $1/2$ となり、距離の二乗に反比例し、作業時間に比例する。しゃへいされていない状態での線源から 1 m 位置での実効線量を D とすると、各条件の実効線量は次のようになる。

①被ばく低減割合が $D \times 1 / 2^2 \times 1 / 5^2 \times 4 = 0. 0 4 0 D$

②被ばく低減割合が $D \times 1 / 2^3 \times 1 / 4^2 \times 3 = 0. 0 2 3 D$

③被ばく低減割合が $D \times 1 / 2^4 \times 1 / 3^2 \times 3 = 0. 0 2 1 D$
(最小)

④被ばく低減割合が $D \times 1 / 2^5 \times 1 / 2^2 \times 4 = 0. 0 3 1 D$

⑤被ばく低減割合が $D \times 1 / 2^6 \times 1 / 2^2 \times 6 = 0. 0 2 3 D$

問題 2 3

正解 ; ①

解説 ; 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、法律施行規則で規定されている「測定」の理解についての問題。

①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施行規則第二十条

A : 法律施行規則第二十条第四項第一号

C : 法律施行規則第二十条第二項第一号

②A : 法律施行規則第二十条第四項第一号により、正しい。

E : 法律施行規則第二十条第一項第四号ロの規定により、六月を超えない期間ごとに測定する。となっており誤り。

③B : 法律施行規則第二十条第一項第一号の規定により、七十マイクロメートル線量当量(率)の測定は、当該線量当量(率)が一センチメートル線量当量(率)の十倍を超えるおそれのある場所について行う。となっており誤り。

C : 法律施行規則第二十条第二項第一号により、正しい。

④B : 誤り。

D : 法律施行規則第二十条第一項第三号の規定により、使用施設、貯蔵施設、廃棄施設は放射線の量を測定する。となっており誤り。

⑤ D：誤り。E：誤り。

参考文献；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第二十条（測定）

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施行規則第二十条（測定）

問題 2 4

正解；②

解説；核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律の目的の理解についての問題。

② 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第一条（目的）の条文

A：原子力基本法、B：平和、C：計画的、D：貯蔵、
E：国際規制物質

① D：使用 が誤り。

③ D：保管が誤り。

④ A：原子力基準法、B：民主、C：国際的、
E：国際規制物質 が誤り。

⑤ A：原子力基準法、B：民主、C：国際的、D：使用、
E：国際規制物質 が誤り。

参考文献；核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第一条（目的）

問題 2 5

正解；①

解説；エネルギーシステム評価のための基本的な数値計算の能力の確認。

①： $(1000,000 \times 860 \times 0.8) / (0.4 \times 10,000)$ [炭素換算 kg] より計算

問題 2 6

正解；⑤

解説；地球環境に関わる一般的事項の理解度を調べる問題。

⑤はパルプ産業のパルプ抽出後の残渣である黒液が有名。

①は1年間であれば、その前後の年の排出量を増やして、その年の排出量を減らすことができる。

②共同実施とは、先進国間の技術協力のこと。

③新エネルギーは、開発途上のもの。水力は含まれない。また、燃料電池など開発途上のエネルギー利用技術も含まれる。

④酸性雨は、欧米でも多く発生している。

問題 2 7

正解；③

解説；分散電源に関する基本的な理解についての問題。

- ①分散電源による潮流の不安定現象は問題視されている。
- ②コージェネレーションの運転方法は、熱負荷追従、電力負荷追従、定格運転など種々のものがある。
- ④ベストミックスの考え方は様々であり、多様な基準を考慮した際の最適構成をベストミックスと呼ぶ。
- ⑤グリーン電力とは、CO₂を大量に排出することなく、また、周囲の環境を破壊することなく発電された電気から構成される電力商品のことで、通常の電気料金にその環境保全上の付加価値分を上乗せした料金で取引される。

問題 2 8

正解；④

解説；ウランから発生するエネルギーを石油と比較した理解についての問題。

④ペレット 1 個から発生する電力量

$$= 5 \times 10^{-6} \times 44,000 \times 10^3 \times 24 \times 0.33 = 1.74 \times 10^3 \text{ k Wh}$$

石油 1 kg から発生する電力量

$$= 10^4 \times 0.4 \times 4.2 \div 3600 = 4.67 \text{ kWh}$$

したがって、ペレット 1 個から発生する電力量は、

$$1.74 \times 10^3 \div 4.67 = 373 \text{ kg の石油から発生する電力量に等しい。}$$

問題 2 9

正解；⑤

解説；高速増殖炉の基本的な理解についての問題。

- ⑤世界最初の原子力発電が、米国の高速増殖炉 EBR-1 で行われたのを始めとして、米国、英国、フランス、ロシアなどで実験炉、原型炉の発電実績があるのでこの記述は誤り。なお、日本では原型炉もんじゅが事故により停止が続いており、まだ発電実績がない。
- ①高速増殖炉では、増殖したプルトニウムをリサイクルすることにより、各段階での損失を考えても 60%程度のウラン利用効率があるとされているので誤りでない。(参考文献 P212)

- ②高速増殖炉では、高速中性子の反応断面積が熱中性子に比べ小さいため、臨界を維持するために燃料の富化度を20－30%にする必要があるので誤りでない。(参考文献 P205)
- ③高速増殖炉の冷却材としては、液体金属ナトリウムに限らず、比較的低温で液状になり中性子吸収の小さい水銀、鉛、カリウム、ナトリウム－カリウム合金などが検討されたことがあるので誤りでない。(参考文献 P205)
- ④現在、高速増殖炉の発電コストが軽水炉に比べて高い要因は、建設費、使用済燃料再処理費、燃料製造費が主であるとされており誤りでない。(参考文献 P210)

参考文献；「原子力がひらく世紀」（日本原子力学会編）

問題 30

正解；⑤

解説；原子力発電のエネルギー・経済特性に関する理解についての問題。

- ⑤資本費は運転の如何にかかわらずかかる費用であり、燃料費は運転によってかかる費用であるので、資本費の高い原子力発電をなるべく運転し、燃料費の高い火力で需要を調整することが経済的である。
- ①ウランの埋蔵量は70年分程度であり、石炭の200年以上に比べて少ないので誤り。(参考文献 P60)
- ②ガス拡散法の場合でも、エネルギー収支は20倍程度あるので誤り。(参考文献 P64)
- ③原子力発電の炭酸ガス発生量は、太陽光発電より少ないので誤り。(参考文献 P61)
- ④遠心分離法により、エネルギー収支が大幅に改善するので誤り。(参考文献 P64)

参考文献；「原子力がひらく世紀」（日本原子力学会編）

以上