

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」

平成 16 年 3 月

第一次試験 専門科目
(2時間)

次の30問題から25問題を選び解答せよ。(解答欄に1つだけ記載すること。)

問題1 中性子と物質との相互作用に関する次の記述のうち、誤りはどれか。

- ① 高速中性子が原子核と衝突し、散乱されると中性子エネルギーは減少する。
- ② 熱中性子領域では、多くの原子核の吸収反応断面積は中性子の速さに比例する。
- ③ 核分裂反応では、複数個の中性子が放出される。
- ④ アルファ(α)粒子を放出する(n, α)反応は、しばしば中性子の検出に使用される。
- ⑤ 放射捕獲反応(radiative capture)では、反応と同時にガンマ(γ)線が放出される。

問題2 中性子エネルギースペクトルに関する次の記述のうち、誤りはどれか。

- ① 熱中性子エネルギースペクトルは、マックスウエル分布となる。
- ② 熱中性子エネルギースペクトルのピークとなるエネルギーは $E_p = k \cdot T_n$ となる。(ただし、 k はボルツマン定数、 T_n は中性子温度(Neutron Temperature)である。)
- ③ 中性子温度 T_n は、通常媒質の温度より低い。
- ④ 熱外中性子(Epi-thermal Neutron)エネルギースペクトルは $1/E$ 型の分布となる。
- ⑤ 高速中性子エネルギースペクトルは、核分裂中性子スペクトルに近い。

問題3 臨界に関する次の記述のうち、誤りのものはどれか。

- ① 無限増倍係数 k_{∞} と実効増倍係数 k_{eff} とを比べると通常、 k_{∞} の方が大きい。
- ② 臨界時に、材料バックリングと幾何学的バックリングが等しくなる。
- ③ 立方体と球状の原子炉の臨界量は、立方体の方が小さい。
- ④ 反射体付原子炉の臨界量は、裸の原子炉の臨界量より小さい。
- ⑤ 天然ウランを用いた原子炉と濃縮ウランを用いた原子炉では、その臨界量は天然ウランを用いた方が大きい。

問題4 遅発中性子に係る記述のうち誤りはどれか。

- ① 即発臨界状態では遅発中性子の発生は無い。
- ② 遅発中性子生成率は核分裂する核種によりことなる。
- ③ 印加反応度が1ドル未満の場合には、増倍が起こるまでには遅発中性子の放出をまたねばならない。
- ④ 反応度単位ドルの値は実効遅発中性子生成率が燃料組成や原子炉の大きさによるため、絶対的な単位でない。
- ⑤ 遅発中性子はそのエネルギーと先行核の半減期によって通常6群もしくはそれ以下の群にグループ分けされる。

問題5 共鳴吸収のドップラー効果について正しい記述はどれか

- ① 共鳴吸収（断面積）のピークの値のみが温度の上昇とともに高くなる効果である。
- ② 共鳴吸収（断面積）のピークの高さは変わらず、巾が温度の上昇とともに広がる効果である。
- ③ 温度の上昇とともに共鳴吸収（断面積）の巾が広がり、ピークの高さが低くなる効果である。
- ④ 温度の上昇とともに共鳴吸収（断面積）の巾がひろがり、ピークも高くなる効果である。
- ⑤ 温度の上昇とともに共鳴吸収の位置が高いエネルギーに遷移する効果である。

問題6 軽水冷却の熱中性子炉において、冷却材である水の温度が上昇し、冷却材中の気泡の割合が増大した場合の中性子の減速効果（ボイド効果）について、次の記述のうち誤っているものはどれか。

- ① 減速面積が大きくなる。
- ② 中性子が減速途中に原子炉外に漏れ出る確率が大きくなる。
- ③ 減速途中で、ウラン238の共鳴吸収を逃れる確率が大きくなる。
- ④ 中性子スペクトル中の1/Eスペクトルの占める割合が大きくなる。
- ⑤ ウランの核分裂に寄与する中性子の割合が減少し、炉の出力上昇が抑えられる。

問題7 天然ウランに含まれるウラン235とウラン238に関する記述のうち、正しいものはどれか。

- ① ウラン238の方がウラン235より約120倍多く含まれている。
- ② ウラン238の方がウラン235より約130倍多く含まれている。
- ③ ウラン238の方がウラン235より約140倍多く含まれている。

- ④ ウラン 238の方がウラン 235より約 150 倍多く含まれている。
- ⑤ ウラン 238の方がウラン 235より約 160 倍多く含まれている。

問題 8 燃料棒組立工程において、燃料ペレットから発生する熱を被覆管に伝達する媒体として燃料棒に封入される気体について、正しいものは次のどれか。

- ① アルゴンガス
- ② 窒素ガス
- ③ 水素ガス
- ④ ヘリウムガス
- ⑤ ネオンガス

問題 9 MOX 燃料ペレットに含まれるウラン及びプルトニウムに関する次のアからオまでの記述のうち、誤っているものの組み合わせは、後記①から⑤までのうちどれか。

- ア. プルトニウム 239 は含まれているが、ウラン 235 は含まれていない。
- イ. プルトニウム 240 は含まれており、プルトニウム 241 も含まれている。
- ウ. プルトニウム 239 は含まれているが、プルトニウム 241 は含まれていない。
- エ. ウラン 238 は含まれており、プルトニウム 240 も含まれている。
- オ. プルトニウム 239 は含まれているが、プルトニウム 240 は含まれていない。

- ①ア、イ ②ア、エ ③イ、エ ④イ、オ ⑤ ウ、オ

問題 10 わが国の実用発電原子力施設の安全性を確保する為の方策のなかで正しい記述はどれか。

- ① 原子炉から外部に放射能を飛散させない為の多重障壁とは、原子炉建屋、原子炉圧力容器、燃料被覆管、燃料ペレット、の 4 重の障壁を指す。
- ② 原子力発電所で使われるシステム、設備、機器、配管などの設計をするときには安全上の重要度を検討し、重要度の高いものは強度などについて余裕を大きくして設計し、十分な検査を実施するようにしている。
- ③ 原子力発電所では、多重防護の設計方針に基づいて、事故の発生防止や、事故の発生を想定し、原子炉容器や配管などを始め、機器やシステムは全て二重化（二組）して設置している。
- ④ 原子力発電所の建設は、地震に備えた考慮として、活断層の上の地盤を避けたところであれば特段強固な岩盤の上を選ぶ必要はない。

- ⑤ 原子力発電所の運転中に地震が発生しても、十分な強度を持たせているので、震度が大きくとも自動的に停止させる必要はなく、運転の継続は、状況を見て運転員の判断で行ってよい事になっている。

問題 1 1 再処理施設の安全設計で、火災・爆発の防止の観点から、蒸発缶等において TBP 溶媒等の錯体の急激な分解反応を避ける為、供給飽和蒸気の温度を制御する必要がある。次のうち適切な制御温度を選択せよ。

- ① 50°C ② 95°C ③ 130°C ④ 160°C ⑤ 195°C

問題 1 2 日本の発電電力のうち、プルトニウムの核分裂による発電への寄与率のうち正しいものを選択せよ。

- ① 5% ② 10% ③ 15% ④ 20% ⑤ 25%

問題 1 3 次の記述のうち、正しいものはどれか。

- ① eV、cal、N、W・s、J はすべてエネルギーの単位である。
② mol、Pa、A、C、cm、Å はすべてエネルギーの単位である。
③ $\text{kg}\cdot\text{m}^1\cdot\text{s}^{-2}$ はエネルギーの単位である。
④ $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ はエネルギーの単位である。
⑤ $\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$ はエネルギーの単位である。

問題 1 4 次の記述のうち、誤りはどれか。

- 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。
③ β^- 線のエネルギースペクトルは連続で、媒質で減速され、消滅放射線を放出する。
④ α 崩壊によって、原子番号は2減り、質量数は4減る。
⑤ EC 壊変によって、単色のエネルギーのニュートリノが発生する。

問題 1 5 粒子フルエンス率 f ($\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) の一様な熱中性子束をある元素 A (原子数 N 個) を含んだターゲットに照射し、元素 A の (n, γ) 反応 (反応断面積 σ (barn)) により放射性核種 B (半減期 T (s)) を作る。照射時間 T 後に生成される B の量は、つぎのうちどれか。

- ① $1 \times 10^{-28} \times f \sigma NT(1 - e^{-1})$ ② $5 \times 10^{-29} \times f \sigma NT / \ln 2$ ③ $f \sigma NT$
④ $f \sigma N T e^{-T}$ ⑤ $1 \times 10^{-28} \times f \sigma NT / \ln 2$

問題 16 カリウム40 (^{40}K) は半減期 12.8 億年の天然放射性同位元素であり、その同位体存在比は 0.012% である。人体は平均 0.2 重量% のカリウムを含むとすると、体重 50kg の人の体内にあるカリウム40 (^{40}K) の放射能はつぎのどれか。ただし、 $\ln 2 = 0.693$ 、カリウムの原子量は 39、アボガドロ数は 6×10^{23} とする。

- ① 3.09 Bq ② 30.9 Bq ③ 309 Bq ④ 3090 Bq ⑤ 30900 Bq

問題 17 放射線の利用は物質中の原子や分子に対する放射線の作用がもとになっている。次の項目のうちで放射線作用とは直接関係のない事象はどれか。

- ① DNA の損傷
② 電離及び励起
③ 物質中の透過
④ 有機化合物の分解及び重合
⑤ 写真フィルムの感光

問題 18 人工放射線源として使われている各種加速器に関して誤った記述は次のうちの組み合わせか。

- (1) ヘリウム原子核を 2×10^6 V の電圧に加速するとき、同原子核の得るエネルギーは 4 MeV である。
(2) サイクロトロンは交流磁場を用いて荷電粒子を円運動させながら加速する方式である。
(3) 電磁石を用いてある角度に加速粒子を偏向するとき、励磁電流の大きさは粒子のエネルギーに依存し、粒子の質量には依存しない。
(4) 設置台数において国内で最も普及度の高い加速器の種類は電子リニアック(線形電子加速器)である。
(5) シンクロトロン放射では、加速電子のエネルギーが高いほど、強く、かつ、波長の短い光が放射される。

- ① (1)と(3) ② (2)と(4) ③ (1)と(5) ④ (2)と(3) ⑤ (4)と(5)

問題 19 次に示す放射線影響のうちで、確率的影響と考えられている正しい組合せはどれか。

- A 白内障 B 白血病 C 一時的不妊 D 劣性遺伝病
① AとD ② BとD ③ CとD ④ AとC ⑤ BとC

問題 20 ある混合物試料中に含まれる放射性核種 X の成分を同位体希釈法(直接法)を用いて定量した。試料に、X で標識したこの成分物質 20 mg (比放射能は 1000 Bq mg^{-1}) を加えて混合した後、成分物質の一部を純粋に分離し比放射能を測定した

ところ 80 Bq mg^{-1} であった。試料中の放射性核種 X の成分量 (mg) として正しいものは、次のうちのどれか。

- ① 3000 ② 250 ③ 3920 ④ 230 ⑤ 4000

問題 2 1 次の中性子の線量評価に関する記述で、誤りはどれか。

- ① 中性子の実効線量には、人体内で発生する2次 γ 線の寄与が含まれている。
② 中性子の線量測定には、1センチメートル線量当量が用いられる。
③ 中性子の等価線量は、臓器・組織の吸収線量に線質係数を掛けて計算される。
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大きい。
⑤ 中性子の実効線量は、中性子の入射方向や人体の大きさによって変わる。

問題 2 2 セシウム ^{137}Cs 密封ガンマ (γ) 線源を取り扱う作業で、次のしゃへい(鉄の厚さ)、線源からの距離、作業時間の組み合わせのうち、作業者の被ばく線量が最も少なくなるのはどれか。ただし ^{137}Cs の γ 線に対する鉄の実効的な半価層は 0.64cm とし、 γ 線の透過率と鉄の厚さとの間には指数関数関係が成立するものとする。

	鉄の厚さ	線源からの距離	作業時間
①	1.28cm	5m	4時間
②	1.92cm	4m	3時間
③	2.56cm	3m	3時間
④	3.20cm	2m	4時間
⑤	3.84cm	2m	6時間

問題 2 3 「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」で定められている測定に関する記述で正しいものの組み合わせはどれか。

- A 放射線障害のおそれのある場所における放射線の量及び放射性同位元素による汚染の状況の測定結果は、5年間保存すること。
B 放射線の量の測定は、一センチメートル線量当量率又は一センチメートル線量当量、七十マイクロメートル線量当量率又は七十マイクロメートル線量当量について行うこと。
C 中性子線による外部被ばくによる線量の測定は、一センチメートル線量当量のみについて行うこと。
D 放射性同位元素による汚染の状況の測定は、使用施設、貯蔵施設、廃棄施設について行うこと。
E 放射線発生装置を固定して取り扱う場所であって、取り扱いの方法及びしゃへい壁その他のしゃへい物の位置が一定しているとき、放射線の量の測定は

一年を超えない期間ごとに一回行うこと。

- ① AとC ② AとE ③ BとC ④ BとD ⑤ DとE

問題 2 4 「この法律は、(A)の精神にのっとり、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の利用が(B)の目的に限られ、かつ、これらの利用が(C)に行われることを確保するとともに、これらによる災害を防止し、及び核燃料物質を防護して、公共の安全を図るために、製錬、加工、(D)、再処理及び廃棄の事業並びに原子炉の設置及び運転等に関する必要な規制等を行うほか、原子力の研究、開発及び利用に関する条約その他の国際約束を実施するために、(E)の使用等に関する必要な規制等を行うことを目的とする。」

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に関する上記文章の(A)～(E)に該当する語句について、同法上定められているものの組み合わせは、次のうちどれか。

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
①	原子力基本法	平和	計画的	使用	国際規制物資
②	原子力基本法	平和	計画的	貯蔵	国際規制物資
③	原子力基本法	平和	計画的	保管	国際規制物資
④	原子力基準法	民主	国際的	貯蔵	国際規制物質
⑤	原子力基準法	民主	国際的	使用	国際規制物資

問題 2 5 石油火力発電所を出力 100 万 kW で運転しているとき、毎時排出される二酸化炭素量はどの程度となるか。下記から最も近い値を選べ。ただし、発電所の発電効率を40%、重油の発熱量を 10,000[kcal/リットル]、二酸化炭素排出係数を 0.8[炭素換算 kg/リットル]とする。

- ① 170 炭素換算トン
② 250 炭素換算トン
③ 320 炭素換算トン
④ 470 炭素換算トン
⑤ 620 炭素換算トン

問題 2 6 次の記述の中から、正しいものを選べ。

- ① 京都議定書の第一約束期間が 2008 年から 2012 年の間とされているのは、年によって変動する気温の影響を取り除くことが主な理由である。
② 京都メカニズムの一つである「共同実施」とは、先進工業国から発展途上国への温室効果ガス排出削減のための投資を促進することを目的としたものである。
③ 日本における「新エネルギー」とは、太陽光発電や水力発電などの再生可能エネルギーにゴミ発電を加えたものを指す。

- ④ 酸性雨とは、石炭消費量の多いアジア特有の問題である。
- ⑤ 日本では既に、大量のバイオマスを燃料として利用している産業がある。

問題 2 7 電力供給に関する以下の記述から正しいもの一つ選べ

- ① 分散電源が普及するにつれて送電量が減少することから、系統運用が、従来より容易となると期待される。
- ② コージェネレーションは一般に熱供給を主目的として設置されるため、熱需要に合わせた運転方法がとられる。
- ③ RPS 法(電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法)とは、電気事業者に対して、その販売電力量に応じ一定割合以上の新エネルギー発電電力の利用を義務付けるものである。
- ④ 電源のベストミックスとは、変動する負荷に対して最小費用で電力を供給するための電源構成を指す。
- ⑤ グリーン電力とは、再生可能エネルギーにより発電された電力であり、電力単価を発電コストより安くすることにより、再生可能エネルギーの利用を容易にしたものを指す。

問題 2 8 標準的な軽水炉燃料のペレット(酸化ウランを小さな円筒状に焼き固めたもの)1個の中に含まれるウランの量を 5 グラム、軽水炉燃料の燃焼度を 44,000MWD/t^{注)}としたとき、このペレット1個から発生する電力量と同じ電力量を発生するために、石油火力で必要な石油の量はいくらになるかを次の中から選べ。

ただし、軽水炉の熱効率を33%、石油火力の熱効率を40%、石油1kgの発熱量を1万kcalとする。なお、1calは約4.2Jである。

注) MWD/t:ウラン1トンあたり、1メガワットの熱量を1日間発生できることを表す単位

- ① 約 0.1kg
- ② 約 3.7kg
- ③ 約 16kg
- ④ 約 370kg
- ⑤ 約 1600kg

問題 2 9 高速増殖炉についての記述で誤ったものを、次の中から選択べ。

- ① 軽水炉では、ウランの利用効率が 0.5%程度(プルトニウムのリサイクルを行わない場合)であるが、高速増殖炉では 60%程度にすることができる。
- ② 高速増殖炉では、燃料の富化度(燃料中のプルトニウムの混入割合。ウラン燃料の濃縮度に相当する)が軽水炉よりはるかに多く、20-30%になる。

- ③ 高速増殖炉では、液体金属ナトリウムが冷却材として使用されるが、その他にも水銀、鉛、カリウムやナトリウム-カリウム合金などの使用が検討された。
- ④ 高速増殖炉の発電コストを削減するためには、建設費の低減、使用済燃料再処理や燃料製造費用の低減が重要な要素である。
- ⑤ 高速増殖炉はまだ開発の初期の段階であり、世界的に見て、高速増殖炉で発電した例はまだない。

問題 30 原子力発電についての記述で正しいものを選べ。

- ① 原子力発電の燃料である、ウランの確認可採埋蔵量は、現在の需要量にして数百年分あり、石炭に匹敵する。
- ② 原子力発電のエネルギー収支(産出エネルギー/投入エネルギー)は、エネルギーを多く使うガス拡散法による濃縮による場合は、2倍程度である。
- ③ 原子力発電の単位電力あたりの炭酸ガス発生量(g炭素/kWh、発電時に加え燃料採掘やプラント建設など発電時以外も含む)は、火力発電より少ないが、太陽光発電よりは多い。
- ④ 濃縮の方法として、遠心分離法を用いることにより、経済性は改善するが、エネルギー収支はガス拡散法と大差ない。
- ⑤ 原子力発電は、燃料費が安く資本費が高いため、昼・夜を通じてなるべく一定出力で運転し、需要の変動は火力発電などで引き受けるのが経済的である。

以上