

第 24 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質に関する法令

平成 4 年 3 月 5 日

第1問

(イ) 原子力の法律に関する次の文章の空欄をうめて文章を完成させよ。

〔解答例〕 ⑬——原子力、⑭——基本

(1) 原子力基本法の目的は、原子力の研究、開発及び利用を推進することによって、将来における ① を確保し、学術の進歩と産業の振興とを図り、もって人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに寄与することである。

原子力基本法では、基本方針として、原子力の研究、開発及び利用は、② の目的に限り、安全の確保を旨として、③ な運営の下に、自主的にこれを行うものとし、その成果を ④ し、進んで国際協力に資するものとしている。

(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の目的は、⑤ 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⑥ の目的に限られ、かつ、これらの利用が計画的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 ⑦ して公共の安全を図るために、製錬、加工、⑧ 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、国際規制物資の使用に関する必要な規制を行うものである。

(3) 核燃料取扱主任者は、加工の事業等における核燃料物質の取扱いに関し、⑨ にその職務を遂行しなければならない。

(4) 加工の事業等において核燃料物質の取扱いに従事する者は、核燃料取扱主任者がその取扱いに関して保安のためにする ⑩ に従わなければならない。

(ロ) ①から⑮は、廃棄の事業に関する文章である。これらの文章について、その内容が正しいものには○印を、誤っているものには×印を記せ。

〔解答例〕 ⑮——○, ⑲——×

⑪ 「埋設保全区域」とは、廃棄物埋設地の保全のために特に管理を必要とする場所であって、管理区域以外のものをいう。

⑫ 廃棄事業者は、国際規制物資を廃棄しようとする場合には、総理府令で定めるところにより、あらかじめ、その廃棄する国際規制物資の種類及び数量並びに予定される廃棄の期間を内閣総理大臣（科学技術庁長官）に届け出なければならない。

⑬ 「廃棄物管理」として政令で定められている廃棄の事業の対象としての廃棄の種類には、液体状の核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物を容器に固型化する等の方法によりこれらを管理又は最終的な処分に適した性状にするような処理は含まれていない。

⑭ 廃棄事業者は、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の取扱いに関して保安の監督を行わせるため、法第22条の3第1項の核燃料取扱主任者免状を有する者又は法第41条第1項の原子炉主任技術者免状を有する者のうちから、廃棄物取扱主任者を選任しなければならない。

⑮ 廃棄物取扱主任者は、必ずしも保安規定を守る必要はなく、むしろ各自の知見に基づいて保安のための指示を行う等、誠実にその職務を遂行すればよい。

第2問 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64条では、地震、火災その他の災害が起こったことにより、核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物による災害が発生するおそれがあり、又は発生した場合において、直ちに、応急の措置を講じなければならないと定めている。

その具体的内容を、次の5つの場合について述べよ。

- (1) 施設に火災が起こり、または施設に延焼するおそれがある場合
- (2) 核燃料物質を他の場所に移す余裕がある場合
- (3) 放射線障害の発生を防止する必要がある場合
- (4) 核燃料物質、使用済燃料等による汚染が生じた場合
- (5) 放射線障害を受けた者又は受けたおそれのある者がいる場合

第3問 次の文章は、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51条の6第2項の規定に基づき、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の廃棄物埋設の事業に関する規則第8条において、「埋設しようとする核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物及びこれに関する保安のための措置」についての技術上の基準として定められている事項に関する文章である。これらの文章の空欄の部分に入れるべき適当な語句又は数値を下表から選び、番号と共に記号で記せ。ただし、2箇所ずつある〔 B 〕及び〔 I 〕にはそれぞれ同一の記号が入る。

〔解答例〕〔 K 〕——①

- (1) 埋設を行う放射性廃棄物は、〔 A 〕のため、科学技術庁長官の定める方法により容器に固化してあること。

(2) (1)に定めるところにより放射性廃棄物を固型化した容器（以下「廃棄体」という。）は、次に掲げる基準に適合するものであること。

- ① [B] が申請書等（下記注1）に記載した最大 [B] を超えないこと。
- ② 表面の放射性物質の密度が、科学技術庁長官の定める表面密度限度（下記注2）の [C] を超えないこと。
- ③ 廃棄体の [D] を損なうおそれのある物質として科学技術庁長官の定める物質を含まないこと。
- ④ 埋設された場合において受けるおそれのある [E] に耐える [F] を有すること。
- ⑤ 著しい [G] がないこと。

(3) 廃棄体は、容易に消えない方法により、その表面の目につきやすい箇所に、[H] 及び当該廃棄体の表面における [I] が科学技術庁長官の定める [I] を超える場合にあっては科学技術庁長官の定める標識を付け、並びに当該廃棄体に関して受入先から交付された書類に記載された事項と照合できるような [J] を表示したものであること。

（注1） 法第51条の2第1項又は法第51条の5第1項の許可に係る申請書及び法第62条第1項の規定により許可の際に付された条件を記載した書類

（注2） 試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則等の規定に基づく線量当量限度等を定める件（昭和63年7月26日科学技術庁告示第20号）第5条に規定された「管理区域内の人の触れるおそれのある物であって放射性物質によって汚染されたものに係る放射性物質の表面密度限度」

- | | | | |
|---------------|----------------|-----------|-----------|
| ① 線量当量率 | ② 総放射能量 | ③ 表面汚染 | ④ 比重 |
| ⑤ 腐食 | ⑥ 荷重 | ⑦ 核不拡散 | ⑧ 重量 |
| ⑨ 整理番号 | ⑩ 表面汚染密度 | ⑪ 核分裂性物質 | |
| ⑫ 破損 | ⑬ 地圧 | ⑭ 健全性 | ⑮ 放射能濃度 |
| ⑯ 強度 | ⑰ 濃縮度 | ⑱ 核燃料物質防護 | |
| ⑲ 密封性 | ⑳ バッチの符号 | ㉑ 化学的作用 | ㉒ 放射線障害防止 |
| ㉓ 放射性廃棄物を示す標識 | ㉔ 組成・形状等を表わす略号 | | |
| ㉕ 化学的安定性 | ㉖ 核燃料汚染物を示す標識 | | |
| ㉗ 1万分の1 | ㉘ 1千分の1 | ㉙ 10分の1 | ㉚ 100倍 |

第4問 次の表は、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おいて定められている加工の事業、再処理の事業及び廃棄の事業に関する規制の内容をまとめたものである。表中の①から⑩の空欄の部分に記入すべき記号（○印又は×印）を記せ。ただし、表中の○印は、各々の事業について左欄の規定が法律上定められていることを、×印は規定が定められていないことを意味する。

〔解答例〕 ①—○, ⑩—×

事 項	加工の事業	再処理の事業	廃棄の事業	
			廃棄物埋設	廃棄物管理
事業の許可又は指定（承認）	○	○	○	○
設計及び工事方法の認可	〔 ① 〕	○	×	○ （特定廃棄物管理施設について）
施設検査	○	〔 ② 〕	×	×
使用前検査	×	○	〔 ③ 〕	○ （特定廃棄物管理施設について）
廃棄物埋設に関する確認	×	×	○	〔 ④ 〕
溶接の方法の認可及び溶接検査	〔 ⑤ 〕	○	×	○ （特定廃棄物管理施設について）
定期検査	〔 ⑥ 〕	○	×	○ （一部の特定廃棄物管理施設について）
使用計画の届出	〔 ⑦ 〕	○	×	×
保安規定の認可	○	〔 ⑧ 〕	○	○
核物質防護規定の認可	○	○	〔 ⑨ 〕	○
施設の解体の届出	×	〔 ⑩ 〕	×	×

第5問 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59条の2の規定に基づき、核燃料物質または核燃料物質によって汚染されたものを工場の外において運搬する場合について、次の文章の空欄の部分に適切な数値又は語句を記せ。

〔解答例〕 ㉑——東京

- (1) L型輸送物の表面の線量当量率は〔 ① 〕マイクロシーベルト毎時以下でなければならない。L型以外の輸送物の表面の線量当量率は〔 ② 〕ミリシーベルト毎時以下、表面から1m離れた位置における線量当量率は〔 ③ 〕マイクロシーベルト毎時以下でなければならない。
- (2) A型輸送物に係る技術上の基準としては、外接する直方体の各辺が〔 ④ 〕センチメートル以上であること、構成部品は摂氏零下〔 ⑤ 〕度から摂氏〔 ⑥ 〕度までの温度範囲において、き裂、破損等の生じるおそれがないこと、周囲の圧力を〔 ⑦ 〕キロパスカルとした場合に放射性物質の漏えいのないこと等がある。
- (3) BM型輸送物に係る特別の試験条件は
- 1 次の2の条件の下で核燃料輸送物が最大の破損を受けるような順序で次のイ及びロの条件の下に順次置くこと。
 - イ 〔 ⑧ 〕メートルの高さから落下させること。ただし、その重量が〔 ⑨ 〕キログラム以下、比重が1以下、かつ、収納する核燃料物質等が特別形核燃料物質等以外のものであって、当該核燃料物質等の放射能の量が A_2 値の〔 ⑩ 〕倍を超えるものにあつては、これに代えて、重量が〔 ⑪ 〕キログラム、縦及び横の長さが1メートルの軟鋼板を〔 ⑫ 〕メートルの高さから当該核燃料輸送物が最大の破損を受けるように水平に落下させること。
 - ロ 垂直に固定した直径が〔 ⑬ 〕センチメートルであり、長さが20センチメートルの軟鋼丸棒であつて、その上面が滑らかな水平面であるものに〔 ⑭ 〕メートルの高さから落下させること。

2 次の条件の下に順次置くこと。

イ 摂氏 38 度の環境に表面温度が一定になるまで置いた後、摂氏〔 ⑮ 〕度の環境に〔 ⑯ 〕分間置くこと。

ロ 長官の定める輻射熱を負荷しつつ冷却すること。ただし、人為的に冷却してはならない。

3 深さ〔 ⑰ 〕メートルの水中に〔 ⑱ 〕時間浸漬させること。
である。

(4) BU型輸送物は、BU型輸送物に係る特別の試験条件の下に置くこととした場合に、表面から 1 m 離れた位置における線量当量率が〔 ⑲ 〕ミリシーベルト毎時を超えず、放射性物質の 1 週間当たりの漏えい量が〔 ⑳ 〕値を超えないことが必要である。

第 24 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の化学的性質
及び物理的性質

平成 4 年 3 月 5 日

第1問 以下の(1)~(5)に示す項目群は、それぞれ核燃料に関係した特性値、パラメータ及びそれを算出するためのデータ項目である。例にならい、不足している項目があれば適宜それを定義して補い同様の整理をせよ。

(例) 全核反応断面積 σ_t : 散乱断面積 σ_s

(答)

項目名	関数関係	説明
全核反応断面積	$\sigma_t = \sigma_s + \sigma_a$	中性子と原子核との相互作用の確率は全核反応断面積 σ_t により表現される。 σ_t は、さらに核反応の種類によって散乱と吸収とに分類され、その関数関係は、それぞれの断面積、散乱断面積 σ_s および吸収断面積 σ_a の和で表現される。

- (1) 吸収断面積 σ_a : 捕獲断面積 σ_c , 分裂断面積 σ_f
- (2) 無限大炉の中性子増倍率 k_∞ : 中性子再生率 η , 高速中性子の核分裂効果 ϵ
- (3) 燃料棒の線出力密度 q : 熱伝導度 k , 温度 T
- (4) 酸素ポテンシャル ΔG_{O_2} : 平衡酸素圧 P_{O_2}
- (5) はじき出し損傷量 dpa: 中性子フラックス $\phi(E, t)$, 中性子エネルギー E , 時間 t

第2問 燃料の高燃焼度化に伴い各種物性が変化することが予測されるが、重要と考えられる物性を2つ以上選び、その予測される変化と燃料ふるまいへの主な影響を200~300字程度で概説せよ。

第3問 次の文章中の空欄に入れるべき適当な語句等を記せ。

〔解答例〕〔 ㉑ 〕トリウム

- (1) 水溶液中でトリウムの4価イオンは〔 ① 〕色である。ウランは水溶液中で3価イオンは〔 ② 〕色, 4価イオンは〔 ③ 〕色, 6価イオンは〔 ④ 〕色を呈する。この6価イオンはウランに酸素が配位して UO_2^{2+} として存在するが, これを〔 ⑤ 〕イオンという。一方, 水溶液中においてプルトニウムは, 3価イオンは〔 ⑥ 〕色, 4価イオンは〔 ⑦ 〕色を呈する。
- (2) UO_2 とUCの結晶構造は, ともに〔 ⑧ 〕晶系に属し, 空間群も〔 ⑨ 〕であって同じであるが, 結晶内の原子の配置は両化合物で異なっている。すなわち, UO_2 は〔 ⑩ 〕型構造をとるのに対し, UCは〔 ⑪ 〕型構造をとる。ウラン-炭素系の化合物にはUCの他に〔 ⑫ 〕と〔 ⑬ 〕がある。
- (3) 燃料棒の中には, 熱伝導度の〔 ⑭ 〕い〔 ⑮ 〕ガスが加圧して封入されている。このガス圧が低いと, 照射中 UO_2 ペレットから〔 ⑯ 〕, 〔 ⑰ 〕のような核分裂ガスが放出され易くなる。これらのガスは熱伝導度が〔 ⑱ 〕いので, 放出されれば UO_2 のペレットの径方向表面に近い部分の温度が〔 ㉑ 〕くなり, 核分裂ガスの放出量を〔 ㉒ 〕ように作用する。

第4問 次の文には誤った記述が2箇所ずつある。その語句あるいは文を指摘するとともに、どのように間違っているかを述べよ。

- (1) 二酸化ウラン燃料の不定比性（非化学量論性ともいい、 UO_{2+x} と表わしたときの x ）を定量する方法の一つに酸化重量法がある。これは二酸化ウランを空气中または酸素中で $1500^{\circ}C$ に加熱し、生じた八酸化三ウラン（ U_3O_8 ）との重量の違いから定量する方法である。八酸化三ウランには不定比性が全く存在しないので、この方法が可能となっている。
- (2) アクチノイドとはプロトアクチニウムに始まりローレンシウムに終る元素群の総称で、どの核種も放射性である。アクチノイドでは一般的傾向として原子番号が増すとともに4f電子殻が次第に充填されていく。
- (3) 蒸発凝縮機構は見掛け密度の高い柱状晶が 1400 ないし $1600^{\circ}C$ 以上で生ずるのに対し、見掛け密度の低い等軸晶が 1700 ないし $1900^{\circ}C$ 以上で存在するために、この差が空洞となり、内面の高温部が蒸発し、低温部に凝縮して空洞がペレット中心部に生ずることをいう。
- (4) トリウムは4価以外の酸化状態はとり難いが、フッ化物の場合には ThF_4 の他に ThF_3 が存在する。一方、ウランでは UF_3 は得られるが、 UCl_3 の存在は知られていない。
- (5) 二酸化ウラン燃料の酸素ポテンシャルは、照射の初期においては高い値をもつ。（酸素ポテンシャルは通常、負の値をとるので、その表わし方としては0に近いほど高い値であるということにする。）また、この酸素ポテンシャルは燃料のO/U原子比によって変るが、この比が小さければ酸素ポテンシャルは高い。

第 5 問 核燃料物質に関連して、次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)と(3)(4)
(5)は別の答案用紙に記入すること。)

(1) ガドリニア入り燃料

(2) 応力腐食割れ

(3) アメリシウム

(4) 理論密度

(5) 燃料ペレットのリム組織

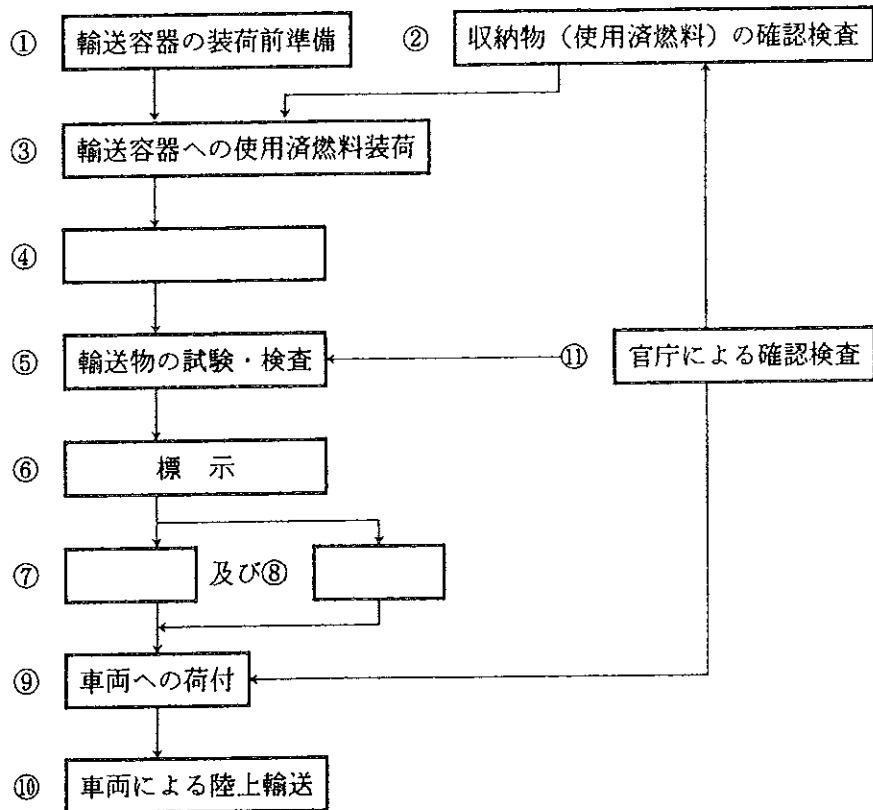
第 24 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の取扱いに関する技術

平成 4 年 3 月 6 日

第1問 次のフローチャートは、開封容易な輸送容器を用いて、「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則」第13条の2に該当する使用済（又は照射された）燃料の輸送作業の一部を示したものである。以下の問に答えよ。



(1) 上記フローチャートの空欄の④、⑦及び⑧の工程を記せ。

(例 ⑫—専用船での海上輸送)

(2) ①の工程において、輸送容器の設計に適合するように輸送容器が維持・管理されていることを示す検査が実施される。それに関して、輸送容器に必要な検査項目を2つ示せ。

(3) ⑤の工程において、運搬に関する規則上、必要な輸送物の検査項目を3つ示せ。但し、問題(2)の①の工程の検査項目とは重複しないこと。

(4) ⑨及び⑩の工程においてそれぞれ留意すべき事項を簡単に説明せよ。

第2問 次の文章の空欄の部分に最適な語句又は記号(①~⑱)及び文章(⑳~㉔)を番号とともに記せ。

(解答例) ㉔——半減期

(1) 天然ウランは、 ^{235}U 、 ^{238}U 及び ① の混合物である。 ^{238}U は ② 系列、 ^{235}U は ③ 系列である。再処理回収ウラン中には、天然ウランには存在しない ④ や ⑤ のウラン同位体が混在する。④ は72年の α 崩壊半減期を有し、 α 崩壊により ⑥ となり、以降は ⑦ 系列に従って崩壊し、最後に安定な ^{208}Pb となる。この崩壊系列の中の ^{212}Bi と ⑧ は高エネルギー γ 線を放出するので回収ウラン取扱には被ばく防止策が必要な場合がある。⑤は ⑨ が大きく、 ^{235}U の実効濃縮度を低下させるので、回収ウランを含む燃料の設計においては注意すべき核種である。

(2) Puは α 放射体であるが、大多数のPu同位体及び一部のPu崩壊生成物は、それぞれ中性子線及び γ 線を放出する。 γ 線の主な放出源は ^{241}Pu の娘核種である ⑩ と ^{237}U である。これらは、共に約 ⑪ keVの最大 γ 線強度を持つが、 ^{237}U は208 keVにもかなり強い γ 線強度を有している。Puから放出される中性子線は ⑫ によって生じるもの及び酸素やフッ素などの軽元素との ⑬ 反応によって生じるものがある。⑫ によって生じる中性子の大部分は、⑭、⑮及び⑯のPu同位体に起因している。Pu同位体組成は燃料の燃焼度によって著しく異なる。燃料の高燃焼度化に伴いPu同位体のうち、⑰は相対的に減少するものの、 γ 線や中性子線の主要な放出源となるPu同位体は増加するため、Pu取扱施設で使用されるPuからの線量当量率は高燃焼度化に伴って一層高くなると予想される。 γ 線及び中性子線による被ばくの低減対策として、いくつか考えられるが、代表的なものとして、

⑱、
⑲及び
⑳の3つが挙げられる。

第3問 臨界に関する，次の問に答えよ。

- (1) 過去に発生した核燃料施設における臨界事故として，核分裂数が 10^{18} 程度のものが主であるが，核分裂数が 10^{18} である臨界反応が生じた際に発生するエネルギーは，1 kWの電熱器を何時間使用した時に発生するエネルギーに相当するか，その時間を計算により有効数字1桁まで求めよ。

参考： $1\text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{ Joule}$ ， $1\text{ W} = 1\text{ Joule/sec}$

- (2) 再処理施設の溶解槽における臨界管理の方法として，どのような管理方法が考えられるか，5つ記せ。

第4問 放射性物質の閉じ込め機能に関する，次の問に答えよ。

- (1) プルトニウムを含む溶液及び高レベル放射性液体廃棄物を取り扱う施設での換気系における負圧管理及び放射性物質の除去の2点について，どのような配慮をなすべきか，これらの目的のために設置する機器を例示しながら述べよ。

- (2) また，上記の施設における液体の漏洩に対してどのような対策を講ずべきか，この目的のために設置する機器を例示しながら述べよ。

第5問 核燃料物質の取扱いに関連して次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)
(3)と(4)(5)は別の答案用紙に記入すること。)

- (1) IFR (Integral Fast Reactor) 燃料サイクル
- (2) 被覆燃料粒子製造用流動床
- (3) 核分裂電離箱 (Fission Chamber)

-
- (4) NRTA (Near Real Time Materials Accountancy)
 - (5) 放射性廃棄物処分におけるナチュラル・アナログ研究

第 24 回

核燃料取扱主任者試験

放射線の測定及び放射線障害
の防止に関する技術

平成 4 年 3 月 6 日

第1問 次の各文章について、正しいものには○印を、誤っているものには×印をつけ、誤っている理由を簡単に説明せよ。

〔解答例〕 (1)——○

(2)——× GM計数管は出力波高が一定となるため放射線のエネルギー測定はできない。

- (1) 作業環境の1センチメートル線量当量率 (Sv/h) を測定するには、空気吸収線量率に対してエネルギー特性のよい電離箱サーベイメータの測定値 (Gy/h) をそのまま使用するとよい。
- (2) 1.02 MeV 以上のエネルギーを有する γ 線のエネルギースペクトル分析を行うと、所定のエネルギーの光電ピーク以外に 0.511 MeV だけエネルギーの低い位置にも光電ピークが現れる。これは、 γ 線と物質との相互作用のうち電子対生成の影響によるものであり、エスケープピークと呼ばれる。
- (3) 照射線量 C/kg は γ 線の空気に対する線エネルギー減弱係数 (cm^{-1}) と線源からの距離の2乗に反比例し、放射能強度 (Bq) に比例する。
- (4) γ 線の遮へい計算においてビルドアップ係数は重要である。このビルドアップ係数は、 γ 線のエネルギーには関係なく、線源の照射野の広さ、遮へい体の厚さ、遮へい体の密度などに関係する。
- (5) γ 線のエネルギー分析には Ge 半導体検出器が使用され、 α 線のエネルギー分析には表面障壁型 Si 半導体検出器が使用される。また、 β 線のエネルギー分析には 4π ガス比例計数管が使用される。
- (6) プルトニウム用肺モニタにはホスウィッチ検出器が有効である。

第2問 次の問に答えよ。

- (1) 個人被ばく管理用測定器のフィルムバッジと TLD バッチについて、それぞれ長所を3つ、短所を2つずつ記せ。
- (2) 床や器具の表面汚染検査の方法について記し、併せて当該検査法に使用できる測定器の種類を α 線用と β 線用について1種類ずつ記せ。

第3問 放射性廃棄物に関し、次の各文章のカッコ内に適切な語句を当てはめ文を完成せよ。

〔解答例〕 ⑪——測定効率

- (1) 気体廃棄物の処理には、粒子状放射性物質に対して(①), 放射性元素に対して(②)を使用してろ過、吸着捕集し、浄気して処理する。浄気後の排気は環境への影響をできるだけ少なくするため、(③) 排気塔から放出される。
- (2) 液体廃棄物の処理法には、(④), (⑤), (⑥), 希釈法などがある。(④) は除染係数が $10^4 \sim 10^6$ 程度と高いが、設備費や処理費が高い。(⑤) は除染係数が $10^2 \sim 10^4$ 程度得られ、装置の取扱も簡単であるが、非放射性的の塩濃度の高いものは処理できない。(⑥) は除染係数が $10 \sim 10^2$ 程度と低い、大量の廃液処理が可能である。
- (3) 固体廃棄物は、可燃性廃棄物と不燃性廃棄物にわけ、可燃性廃棄物は(⑦) して減容するが、揮発性の放射性物質を含むものは不燃性廃棄物と同じ扱いとなる。不燃性廃棄物は(⑧) して減容する。
- (4) 使用済燃料の再処理から発生する高レベル廃棄物は現在最も確実な方法として(⑨) が試験されている。また、超ウラン元素等の長半減期核種の処理法として、原子炉、粒子加速器などを使用した(⑩) が検討されている。この方法は、長半減期核種を短半減期核種または安定核種にしようという試みである。

第4問 次の文章の 内に入る適当な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ①——放射性物質

放射線損傷は、生体が放射線を受けたのち、経時的に物理的変化、化学的変化、そして生物学的変化の過程を経て発現する。

物理的変化の過程では、放射線を受けた系（生体の一部又は全部）内に ① または ② の状態の分子（又は原子）を生成する。

化学的変化の過程では、これらの生成物が他の分子と反応して活性 ③ やラジカル等を生じ、分子的变化となって系は準安定な状態に達する。

生物学的変化の過程では、これらの分子的变化が損傷に進展するか、 ④ するかは系の状態に左右されるが、損傷としては細胞分裂の ⑤、細胞 ⑥、 ⑦ 細胞の発現等が挙げられ、ある期間を経て症状が現われることがある。また、 ⑧ 細胞に誘発された ⑨ は、次の世代に ⑩ 影響を与える可能性がある。

第5問 次の事項について簡単に説明せよ。

- (1) 全身計数装置 (Whole-body Counter)
- (2) 預託線量当量
- (3) 実効半減期 (Effective Half-life)
- (4) RBE (Relative Biological Effectiveness)
- (5) 放射線による晩発障害

第 25 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質に関する法令

平成 5 年 3 月 4 日

第1問 「原子力基本法」,「核原料物質,核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」並びにこれらに関連する法令に関する次の文章について,解答例にならって,その内容が正しいものには○印を,誤っているものには×印を記し,誤っている理由を付すか,又は,誤っている部分を訂正せよ。

〔解答例1〕 問題 (1) 日本の首都は東京である。

解答 (1) ○

〔解答例2〕 問題 (2) 満20歳に至らない者は,結婚することができない。

解答 (2) × 理由: 男は満18歳,女は満16歳で結婚できるから。

又は

(2) × 訂正: 満20歳に至らない者は→男は満18歳に,女は満16歳にならなければ

(1) 原子力基本法において規定されている原子力の研究,開発及び利用についての基本方針は,「原子力の研究,開発及び利用は,安全の確保を旨として,民主的な運営の下に,自主的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」ことである。

(2) 加工事業者は,核燃料物質の使用の許可を得ている者から核燃料物質を譲り受けることはできるが,譲り渡してはならない。

(3) 加工事業者は,加工施設に関し,人の障害が発生したときは,放射線障害である場合に限り,科学技術庁長官に報告しなければならない。

(4) 加工事業者が加工施設の位置,構造及び設備を変更しようとするときは,あらかじめ内閣総理大臣に届け出なければならない。

- (5) 加工事業者は、加工施設の検査記録、放射線管理記録、操作記録、保守記録、加工施設の事故記録及び気象記録を、工場又は事業所に備えておかなければならない。
- (6) 動力炉・核燃料開発事業団及び日本原子力研究所以外の者が、再処理の事業を行おうとする場合、内閣総理大臣の再処理の事業の指定を受けることが必要であり、指定を受けた後に、直ちに工事に着手することができる。
- (7) 廃棄物埋設事業者は、廃棄物埋設を行う場合においては、その廃棄物埋設及びこれに関する措置が、法令で定める技術上の基準に適合することについて内閣総理大臣に届け出なければならない。
- (8) 廃棄物管理事業者は、廃棄物管理施設の事故記録について、事故のつど記録し、これを10年間保存しなければならない。
- (9) 再処理事業者は、警報装置、非常用動力装置について、当該装置の各部分ごとの当該作動のための性能検査を6ヶ月ごとに、当該装置全体の当該作動のための総合検査を1年ごとに行わなければならない。
- (10) 男子を放射線業務に従事させる場合は、実効線量当量について1年間につき50ミリシーベルト、組織線量当量について1年間につき500ミリシーベルトを超えないようにしなければならない。

第2問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく関係法令で定められている「管理区域」及び「周辺監視区域」に関し、以下の問に答えよ。

(1) 次の文章は、加工施設を例にした管理区域及び周辺監視区域における線量当量限度の説明である。文章中の空欄に入れるべき適当な語句又は数字を記せ。

〔解答例〕 ⑦——東京

(i) 管理区域とは、加工施設の場所であって、その場所における ① に係る線量当量が科学技術庁長官の定める線量当量を超え、空気中の放射性物質の濃度が科学技術庁長官の定める濃度を超え、又は放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の ② が科学技術庁長官の定める ② を超えるおそれのある区域をいう。

(ii) 周辺監視区域とは、管理区域の周辺の区域であって、当該区域の外側のいかなる場所においても、その場所における線量当量が科学技術庁長官の定める線量当量限度を超えるおそれのない区域をいう。科学技術庁長官の定める線量当量限度は、実効線量当量について1年間につき ③ ミリシーベルト（ただし、科学技術庁長官が認めた場合は5ミリシーベルトとすることができる。）、④ 及び ⑤ の組織線量当量についてそれぞれ1年間につき ⑥ ミリシーベルトである。

(2) 管理区域及び周辺監視区域において講じなければならない保安上の措置を、管理区域については4つ、周辺監視区域については2つを記せ。

第3問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、加工事業者及び再処理事業者が保安のために構すべき措置に関し、以下の問に答えよ。

(1) 加工事業者及び再処理事業者が工場又は事業所において気体状の放射性廃棄物を廃棄する場合は、

イ 排気施設によって排出すること

ロ 放射線障害防止の効果をもった廃気槽に保管廃棄すること

のいずれかの方法により廃棄することが義務づけられている。このうちイの方法によって廃棄する場合に法令上遵守すべき事項を記せ。

(2) 加工事業者及び再処理事業者は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づいて、それぞれ加工設備及び再処理設備の操作に当たって法令上とらなければならない措置が総理府令で8項目ずつ規定されている。以下に掲げた項目以外の、両事業者に共通する3項目を記せ。

① 設備の操作に必要な知識を有する者に操作を行わせること。

② 設備の操作に必要な構成人員がそろっているときでなければ操作を行わないこと。

③ 設備の操作開始に先立って確認すべき事項、操作に必要な事項及び操作停止後に確認すべき事項を定め、これを操作員に守らせること。

④ 設備の操作の訓練のために操作を行う場合は、訓練を受ける者が守るべき事項を定め、操作員の監督の下にこれを守らせること。

⑤ 加工事業者にあつては、核燃料物質の加工は、加工設備で行うこと。再処理事業者にあつては、施設の試験操作を行う場合には、その目的、方法、異常の際にとるべき処置等を確認の上これを行わせること。

第4問 次の文章は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の廃棄物埋設の事業に関する規則」において、「廃棄物埋設施設等の技術上の基準」として定められている事項のうち、すべての廃棄物埋設施設等に共通な基準に関する文章である。これらの文章の空欄の部分に入れるべき適当な語句を下表から選び、記号と共に番号で記せ。

〔解答例〕 K—④

- (1) 埋設を行うことによって、廃棄物埋設施設を設置した事業所に埋設された放射性廃棄物に含まれる の種類ごとの放射能の総量が、 等に記載した の種類ごとの を超えないこと。
- (2) 廃棄物埋設地は、 ことにより、その廃棄物埋設地の埋設が終了した後において ように措置すること。
- (3) 廃棄物埋設地には、 ，他の物質を著しく させる物質その他の を埋設しないこと。
- (4) 埋設が終了した廃棄物埋設地は、埋設した物及び廃棄物埋設地に設置された設備が容易に しないようにその表面をその廃棄物埋設地の周辺の土壌に比して の大きくない土砂等で覆うこと。

- ① 固型化材料 ② 核燃料物質 ③ 核原料物質 ④ 放射性物質
⑤ 有機化合物 ⑥ 危険物 ⑦ 無機化合物
⑧ 一定の比重を有しない物質 ⑨ 爆発性の物質 ⑩ 雨水等
⑪ 臨界管理を行う ⑫ 施設を随時点検する ⑬ 仕切設備を設置する
⑭ 土砂等を充てんする ⑮ 荷重に耐える強度を有する
⑯ 空けきが残らない ⑰ 腐食を防止する ⑱ 臨界に達しない
⑲ 放射線障害を防止する ⑳ 比重 ㉑ 粒度 ㉒ 飛散率
㉓ 透水性 ㉔ 腐食性 ㉕ 移行係数 ㉖ 最大埋設能力
㉗ 総放射エネルギー ㉘ 最大許容線量 ㉙ 最大放射能濃度
㉚ 損壊 ㉛ 露出 ㉜ 腐食 ㉝ 陥没
㉞ 吸着 ㉟ 発熱 ㊱ 汚染 ㊲ 保安規定
㊳ 使用前検査合格証 ㊴ 申請書 ㊵ 添付書類

第5問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染されたものを工場等の外において運搬する場合について、次の文章の空欄の部分に適切な数値又は語句を記せ。

〔解答例〕 ①—東京

(1) 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染されたもの（以下本問において「核燃料物質等」という。）は、その区分に応じ次の種類の核燃料輸送物として運搬しなければならない。

(イ) 危険性が極めて少ない核燃料物質等として科学技術庁長官（以下本問において「長官」という。）の定めるもの 型輸送物

(ロ) 長官が定める量を超えない量の放射能を有する核燃料物質等（イ）のものを除く。） 型輸送物

(ハ) 長官が定める量を超える量の放射能を有する核燃料物質等（イ）のものを除く。） 型輸送物又は 型輸送物

ただし、 及び は、IP-1型輸送物、IP-2型輸送物又はIP-3型輸送物として運搬することができる。

また、 を核燃料輸送物として運搬する場合には、核分裂性輸送物の技術上の基準に適合しなければならない。

(2) 核燃料輸送物（ 型輸送物を除く。）の表面における長官の定める線量当量率は ミリシーベルト毎時を、表面から メートル離れた位置における長官の定める線量当量率は ミリシーベルト毎時を超えてはならない。また、核燃料輸送物（ 型輸送物を除く。）の表面において、アルファ線を放出する放射性物質の密度は ベクレル毎平方センチメートルを、アルファ線を放出しない放射性物質の密度は ベクレル毎平方センチメートルを超えてはならない。

(3) ③型輸送物又は④型輸送物に係る⑬の試験条件の下に置くこととした場合に、表面から1メートル離れた位置における長官の定める線量当量率は⑭ミリシーベルト毎時を、放射性物質の⑮間当たりの漏えい量は長官の定める量を超えてはならない。

(4) 核分裂性輸送物は次のいずれの場合にも臨界に達しないものでなければならない。

(イ) 長官の定める⑯の条件の下に置くこととした場合

(ロ) 長官の定める核分裂性輸送物に係る⑰の試験条件の下に置いたものを長官の定める⑯の条件の下に置くこととした場合

(ハ) 当該核分裂性輸送物と同一のものを長官の定める⑱の条件の下で、当該核分裂性輸送物の⑲の5倍に相当する個数積載することとした場合

(ニ) 当該核分裂性輸送物と同一のものであって長官の定める核分裂性輸送物に係る⑰の試験条件の下に置いたものを、長官の定める⑲の条件の下で、かつ、当該核分裂性輸送物の相互の間が最大の⑳になるような状態で、⑲の2倍に相当する個数積載することとした場合

第 25 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の化学的性質
及び物理的性質

平成 5 年 3 月 4 日

第1問 以下の計算をせよ。結果は有効数字2桁まで記せ。

- (a) TBPをドデカンで希釈(有機相)し、2 M硝酸溶液(水相)間のU(VI)の分配比(有機相中のU(VI)濃度/水相中のU(VI)濃度)を計ったところ、10.0であった。いま、U(VI) 1.0×10^{-2} モルを含んだ2 M硝酸溶液 1000 mlに、このTBP—ドデカン溶液 100 mlを加えて、よく振りまぜた。このとき有機相に移ったU(VI)のモル数を求めよ。ただし、両相は硝酸濃度に関して予め平衡に達しているものとする。
- (b) 定比組成の三酸化ウラン($\text{UO}_{3.00}$)の一定量を取り、水素気流中で加熱、還元して、定比組成の二酸化ウラン($\text{UO}_{2.00}$)とした。この反応中、生じた水蒸気のみをトラップに捕集したのち、 200°C 、1気圧として体積を測定したところ、500 mlであった。初めの三酸化ウランのモル数を求めよ。ただし、水蒸気は理想気体と考え、必要であれば気体定数を $8.2 \times 10^{-2} \text{ l} \cdot \text{気圧} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ とおいて計算せよ。

第2問 次の文章中の空欄の部分に記入すべき語句、化学式、あるいは数値を記号とともに記せ。ただし、 と には、酸化、あるいは還元のうちいずれかの語句を記入せよ。

[解答例] ⑪ US_2

- (a) トリウムの変化物には と の二つがある。このうち は 組成の化合物で電気伝導率も低く、 結晶と考えられる。

ウランの変化物では と U_2N_3 の二つがよく知られている。そのほかに、 を合成したという報告もあるが、N/U原子比として1.84程度以上の窒素を含んだ化合物は得られず、この相の存在は確認されていない。

U_2N_3 には α 相と β 相の2相がある。 α 相の結晶系は 晶系で、

N/U 原子比が 1.54 から 1.75 位までにわたる広い不定比領域がある。ネプツニウム、プルトニウム、アメリシウムのように原子番号が大きな元素では、窒素/金属の原子比が ⑧ の窒化物のみが得られる。

アクチノイドの一窒化物 (MN, M はアクチノイド) の製法には大別して二つのものがある。一つは ⑨ あるいは水素化物を加熱し、ここに窒素あるいはアンモニアを流して反応させる方法である。もう一つは、酸化物と ⑩ の混合物を高温に加熱し、ここに窒素あるいはアンモニアを流して反応させる方法である。

(b) 重ウラン酸アンモニウム ($(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$) を空气中 500 °C に加熱すれば ⑪ が得られる。

二酸化ウランを空气中で次第に温度を上げていけば、200 °C ぐらいから ⑫ による重量の増加がはじまる。昇温速度を一定に保ち、重量増加を温度に対してプロットしてみると、200 から 400 °C の間に ⑬ 相の生成による重量増加の停滞がみられる。温度をさらに上げ、700 から 800 °C とすれば、化学式が ⑭ のように表わされる酸化物になる。これを二酸化ウランに ⑮ するには、⑯ あるいは ⑰ のようなガス気流中で加熱すればよい。

二酸化ウランをアルカリ金属あるいは ⑱ 金属のような陽性金属と高温で加熱すれば、金属ウランが得られる。もっとも、この方法では二酸化ウランよりも、⑲ を出発物質とした方が効率が良い。金属ウランを得るのに、別のよく用いられる方法は、⑳ 法である。

第3問 次の文章中の空欄の部分に記入すべき語句，記号または数値を記せ。

〔解答例〕 ㉑核反応断面積

(1) アクチノイドは，原子番号89の ㉑ を起点として，以下，原子番号順に ㉒ ， ㉓ ， ㉔ ， ㉕ ， ㉖ ， ㉗ ， Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr の15元素から構成されるが，核燃料としては ㉘ ， ㉙ ， ㉚ などを含む物質が用いられる。アクチノイドの電子構造は，ランタノイドのようなf電子逐次充填系列を形成せず，5f, ㉛ ， 7s電子から構成され，この電子構造を反映して磁気的には ㉜ ， 原子価については ㉝ ， イオン半径については ㉞ ， などの特性を示す。また，アクチノイド微粉末は， ㉟ であるため，その取り扱いに注意が必要である。

(2) ㊱ および ㊲ の融点は， ㊳ ， ㊴ ， 室温における結晶構造は， ㊵ ， ㊶ であるが，商用炉で利用されている二酸化ウラン燃料の融点は， ㊷ ， ㊸ によって異なり，ほぼ ㊹ ， 結晶構造は ㊺ である。

第4問 二酸化ウランにおいて，その不定比性が固体物性におよぼす影響について300字程度で説明せよ。

第5問 核燃料に関連して次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1) (2) (3)と(4)
(5)は別の答案用紙に記入すること。)

- (1) 酸素ポテンシャル
 - (2) 水素化ウラン
 - (3) FPガス
-

- (4) 焼きしまり
- (5) 照射クリープ

第 25 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の取扱いに関する技術

平成 5 年 3 月 5 日

第1問 軽水炉燃料の加工は、大別して再転換工程、 UO_2 ペレット製造工程、被覆管等加工工程、燃料棒組立て工程及び燃料集合体組立て工程から成る。各工程について以下の問に答えよ。

- (1) UF_6 から UO_2 への再転換工程において、湿式法及び乾式法を1例ずつ挙げ、それぞれの概要を簡単に説明せよ。
- (2) UO_2 ペレットの製造において、 UO_2 原料粉末の比表面積とペレット焼結密度との関係について述べよ。
- (3) ジルカロイ被覆管の検査に関わるFn値について説明せよ。
- (4) 燃料棒及び燃料集合体組立て工程について、次の文の空欄をうめよ。

〔解答例〕 ⑩—軽水炉

燃料棒の組立て工程においては、所定の個数の UO_2 ペレットを1本の燃料棒に装填するスタック長に並べ、この全長と を測定した後、これらを下部端栓を溶接している燃料被覆管に挿入する。ペレット挿入後、真空中で した後、、ゲッター等を装填したうえで、上部端栓を 溶接する。

燃料集合体の組立て工程は、BWRとPWRとで大きく異なっている。BWRでは、スパーサーを取り付けた を下部タイプレートに差込み、スパーサーを通して燃料棒を取り付ける。次に、燃料棒上部に を付けた後、上部タイプレートをはめ込む。PWRでは、、計装用シンプル、グリッド及び上下のノズルで を組立て、これに燃料棒を挿入する。

第2問 核物質の非破壊分析（NDA：Non-Destructive Assay）について以下の問に答えよ。

- (1) 非破壊分析は、アクティブ法とパッシブ法に大別される。それぞれの特徴を簡単に説明せよ。
- (2) パッシブ法で一般に使用される使用済燃料検認装置（SFAT：Spent Fuel Attribute Tester）について説明せよ。
- (3) 次の文は、非破壊分析で使用される中性子照射用の3つの中性子源を説明したものである。文中の に最適な語句をイ、ロ、ハそれぞれの文の下から選んで記せ。

〔解答例〕 ①—p

イ、 (γ, n) 反応を利用するフォトン中性子源は ^{226}Rn などから放射する高エネルギーガンマ線を ① または ② ターゲットに照射する。発生する中性子エネルギーは比較的 ③ ので、核分裂で放出される中性子と容易に区別できる。

a ^{10}B , b ^9Be , c ^2H , d ^7Li , e 高い, f 低い

ロ、 (α, n) 反応を利用する α -n 中性子源は ④ -Li で代表される。線源から放出される中性子と試料の核分裂で放出される ⑤ を区別するために、 ⑥ のような同時計数法を利用して核分裂中性子のみを検出する。

g ^{237}Np , h ^{241}Pu , i ^{241}Am , j 即発中性子, k ガンマ線,

l 遅発中性子, m HLNC (High-Level Neutron Coincidence Counter),

n MCA (Multi-Channel Analyzer), o ホウ素電離箱

ハ、自発核分裂中性子源には ⑦ が一般に使われる。 ⑦ は、平均中性子エネルギーが ⑧, 中性子放出率が ⑨ であるため、遮蔽が必要である。この場合、試料の核分裂で放出される ⑩ を測定し、全核分裂性物質量を求める。

p ^{242}Cm , q ^{252}Cf , r ^{253}Es , s 0.67 MeV, t 1.8 MeV,

u 2.3 MeV, v 2.3×10^4 n/s/g, w 2.3×10^8 n/s/g,

x 2.3×10^{12} n/s/g, y 即発中性子, z 遅発中性子

第3問 次の再処理に関する文中の誤りを指摘し、その理由を簡単に説明せよ。

- (1) 再処理施設における臨界事故は、膨大なエネルギーが瞬時に放出され、その破壊力により重大な災害を招きうるので、臨界の生じうる場所は破壊力に耐えられるような堅牢な構造としなければならない。
- (2) Puの溶媒抽出工程において、Pu濃度を管理することは臨界防止上から重要であり、Puストリップ液として供給する希硝酸の流量が異常に増加すると、工程内のPu濃度が上昇して臨界を招く可能性が生じるので、流量計には警報を設けている。
- (3) 使用済燃料の再処理におけるせん断・溶解工程で発生するKr-85は半減期が長く、環境において生態系を通じて濃縮されて内部被ばくの原因となりうるので、Kr回収技術を開発している。
- (4) 使用済燃料の再処理における蒸発工程において、過去においてTBP等の錯体を含む有機溶媒の急激な分解反応による爆発が生じたことがあり、蒸発缶内への有機溶媒の流入を防ぐことのみにより防止可能であり、よって嚴重な流入防止対策が施されている。
- (5) 再処理施設に用いられる材料として、オーステナイト系ステンレス鋼が中心となっており、溶接等により加熱されるとステンレス鋼中の炭素がクロムと結合して炭化物を形成し、粒界に析出してクロム欠乏層が生成され、腐食速度を抑える効果があるので、よってオーステナイト系ステンレス鋼中の炭素濃度の高いものを用いるようにしている。

第4問 放射性廃棄物の処理について、次の事項について簡単に説明せよ。

- (1) 放射性固体廃棄物の処理について、処理の対象となる廃棄物の具体例及びその処理方法を1例あげ、その内容を説明せよ。
- (2) 放射性液体廃棄物の処理について、処理の対象となる廃棄物の具体例及びその処理方法を2例ずつあげ、その内容を説明せよ。
- (3) 上記の(2)において処理されたものを更に安定な形態とするために固化するが、処理の対象となる廃棄物の具体例及びその処理方法を2例ずつあげ、その内容を説明せよ。

第5問 核燃料物質の取扱いに関連して次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)
(2)と(3) (4) (5)は別の答案用紙に記入すること。)

- (1) キャニスタ (Canister)
 - (2) 固体FPによる燃料のスエリング (Swelling)
-

- (3) 環状形バルスカラム
- (4) 消滅処理
- (5) 放射性廃棄物処分におけるベントナイト

第 25 回

核燃料取扱主任者試験

放射線の測定及び放射線障害
の防止に関する技術

平成 5 年 3 月 5 日

第1問 次の各問について、それぞれ正しい答えを1つだけ選べ。

〔解答例〕 (6)——⑦

(1) 次の用語のうち、バイオアッセイ法による内部被ばく線量の評価に直接関係のない用語はどれか。

- ① 残留関数 ② 排泄率 ③ 呼吸率 ④ 崩壊定数 ⑤ 摂取経路

(2) 液体シンチレーションカウンタにより測定する場合に問題となるクエンチングについて、クエンチャーに該当しないものはどれか。

- ① 化学薬品 ② 温度 ③ 酸素 ④ 着色 ⑤ 溶質濃度

(3) 次の自然放射性核種のうち実効線量当量に最も大きく寄与するものはどれか。

- ① ^{14}C ② ^{40}K ③ ^{87}Rb ④ ^{232}Th 系列核種 ⑤ ^{238}U 系列核種

(4) 次の測定対象と検出器の組み合わせのうち、適切でないものはどれか。

- ① アルファ線エネルギー測定——グリッド電離箱
② ガンマ線スペクトル測定——Ge (Li) 半導体
③ 医療診断用ガンマカメラ——ビスマスゲルマネート (BGO)
④ トリチウム表面汚染測定——端窓型 GM 計数管
⑤ 低エネルギーガンマ線スペクトル測定——Si (Li) 半導体

(5) 次の量と次元の組み合わせのうち、誤りのあるものはどれか。ただし、Eはエネルギー、Mは質量、Lは長さ、Tは時間の次元を表すものとする。

- ① エネルギーフルエンス率—— $\text{E} \cdot \text{L}^{-2} \cdot \text{T}^{-1}$
② 質量吸収係数—— $\text{M}^{-1} \cdot \text{L}^{-2}$
③ LET—— $\text{E} \cdot \text{L}^{-1}$
④ 吸収線量—— $\text{E} \cdot \text{M}^{-1}$
⑤ 崩壊定数—— T^{-1}

第2問 作業室床をスミア法により汚染検査したところ、全域にわたって ^{137}Cs による一様な汚染が検出された。採取したスミア試料を計数効率10%、自然計数率が0.6 cpsのGM検出器でベータ線測定したところ、55.6 cpsであった。スミア試料の拭き取り面積 100 cm^2 、拭き取り効率50%及びスミア試料の自己吸収率を50%としたとき、次の間について計算過程を示して答えよ。

- (1) 作業室床の表面密度 (Bq/cm^2) を求めよ。ただし、数え落としの補正は必要ない。
- (2) 作業室床を除染しようとするとき、作業室内の空气中放射能濃度を求めよ。ただし、除染作業による再浮遊係数を $5 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ とする。
- (3) 除染作業を行う者の呼吸する空气中の放射能濃度を空气中濃度限度の100分の1以下にするためには、防護係数 ($= \frac{\text{作業環境中放射能濃度}}{\text{吸気中放射能濃度}}$) いくつ以上の呼吸保護具を着用させる必要があるか。ただし、 ^{137}Cs の空气中濃度限度は $2 \times 10^{-3} \text{ Bq}/\text{cm}^3$ とする。

第3問 次の各文章には1箇所ずつ誤りがある。誤りを含む下線部の番号を指摘してその理由を簡単に記せ。

〔解答例〕 (6)——⑨ アルファ線の空気中の飛程は10 cm 程度である。

- (1) 個人線量計の基本測定器としてフィルムバッチ、熱蛍光線量計 (TLD)、蛍光ガラス線量計がある。これらの線量計はいずれも数ヵ月間の積算線量当量の測定が可能であり、線量当量の繰り返し読み取りも可能である。
- (2) フード、グローブボックス及びセルはいずれも放射性物質の封じ込め設備である。フードの前面窓の半開時における風速は $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上必要であり、グローブボックスは気密性を維持するため常に負圧を保つ必要があり、セルは大量の放射性物質を取り扱うので、マニプレータホール等からの放射線漏洩に注意する必要がある。
- (3) 低バックグラウンド用測定器の遮へい体として、外側に10 cm 厚程度の鉛、その内側にカドミウム板、銅板及びアクリル板を順次内張りしたものがある。これらの構造材の役割は、鉛が外部からのガンマ線の遮へい、カドミウム板が主に中性子線の遮へい、銅板がカドミウムの KX 線の遮へい、アクリル板が銅の KX 線の遮へい、2次電子の遮へい及び汚染の防止である。
- (4) 大気中に放出された放射性物質による環境影響を監視するため、農作物、土壌、牛乳、牛肉、飲料水、河川水、湖沼水などの環境試料中の放射能調査が定期的^⑤に実施されている。

第4問 内部被ばくに関する次の文章中の空欄の部分に入る適当な語句を記せ。

〔解答例〕 ①——アイソトープ

放射性物質が体内に取り込まれる主な経路には、、、がある。職業上体内汚染を生じる可能性の高い経路は ^3H の場合を除き摂取である。粒子状の放射性物質による汚染空気を摂取した場合、口または鼻腔に入った放射能の総量をという。このうちの一部は呼気とともに排出されるが、吸入直後に呼吸気道内に沈着した量をという。

プルトニウム (Pu) の場合、のうち、気管、上部気管支の内壁に沈着した Pu 粒子は内壁のの活動によって気管上部に運ばれ、大部分が数日以内にに送り込まれる。に入った Pu はほとんど吸収されずにに排泄されるが、に沈着した Pu 粒子は徐々に吸収され、を経て血中に移行する。移行する速度はによって異なり、から Pu が消失する速度は硝酸 Pu の方が酸化 Pu よりい。血中に移行した Pu は主としてとに沈着する。

Pu はが高く、の大きなを放出するため、組織の受ける線量は放出核種と比較すると大きい。一方、同じ放出物質である天然ウランの場合、毒性よりも毒性が中心的である。その理由はの差による。

第5問 放射線防護における次の用語について簡単に説明せよ。

- (1) 組織線量当量
- (2) 酸素効果
- (3) 年摂取限度 (ALI)
- (4) 呼吸器モデル
- (5) 線量率効果

第 26 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質に関する法令

平成 6 年 3 月 7 日

第1問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」及びこれに関連する法令に関する次の文章には、誤りを含んでいるものがある。解答例にならって、誤りがある場合には、誤りを含む下線部の番号を記して、正しい文に直し、誤りがない場合には、○印を記すこと。なお、各文には、誤りは2ヶ所以上含まれていない。

〔解答例1〕 問題 (11) 日本の首都は東京である。
① ② ③
解答 (11) ○

〔解答例2〕 問題 (12) 日本の国会は、衆議院及び貴族院によって構成される。
① ②
解答 (12) ② 貴族院によって → 参議院によって

(1) 原子力基本法においては、原子力の研究、開発及び利用は、平和の目的に限り、安全の確保を旨として、民主的な運営の下に、自主的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ことを基本方針としている。
① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

(2) 加工事業者は、次の事項について、総理府令で定めるところにより、保安のために必要な措置を講じなければならない。

- 一 加工施設の保全
①
- 二 加工設備の廃棄
②
- 三 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の運搬（加工施設を設置した工場又は事業所内の運搬に限る。）、貯蔵又は廃棄
③ ④ ⑤

(3) 加工事業者は、加工の方法を変更しようとするときは、内閣総理大臣に事前に届け出なければならない。
① ② ③

(4) 加工事業者は、1週間に1回以上、従業者に加工施設について巡視及び点検を行わせなければならない。
① ② ③ ④

(5) 加工事業者は、保安規定を定め、事業を開始する前に、内閣総理大臣に届け出なければならない。

(6) 再処理事業者は、総理府令で定めるところにより、内閣総理大臣が毎年1回、定期に行う検査を受けなければならない。

(7) 廃棄物埋設事業の許可を受けた申請書の記載事項のうち、氏名又は名称及び住所並びに法人にあっては、その代表者の氏名、事業所の名称、放射性廃棄物の性状及び量の変更については、変更の許可が不要で、届出だけでよい。

(8) 廃棄物埋設事業者は、廃棄物埋設を行う場合においては、その廃棄物埋設施設及びこれに関する保安のための措置について内閣総理大臣の確認を受けなければならない。

加工事業者は、廃棄物埋設を行う場合においては、埋設しようとする核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物及びこれに関する保安のための措置について内閣総理大臣の確認を受けなければならない。

(9) 男子を放射線業務に従事させる場合は、実効線量当量について1年間につき50ミリシーベルト、組織線量当量について1年間につき500ミリシーベルト（但し、皮膚については1年間につき150ミリシーベルト）を超えないようにしなければならない。

(10) 緊急作業に係る線量当量限度は、実効線量当量について200ミリシーベルトである。

第2問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づいて再処理事業者が保安のために採らなければならない措置に関し、以下の問に答えよ。

(1) 次に掲げる事項は、再処理事業者が保安規定に定めなければならない事項である。以下の空欄に入れるべき適当な語句を記せ。

〔解答例〕 ①——再処理

1. 再処理施設の操作及び管理を行う者の職務及び ① に関すること。
2. 再処理施設の放射線業務従事者に対する ② に関すること。
3. 保安上特に管理を必要とする設備の操作に関すること。
4. 再処理施設の操作に関する ③ に関すること。
5. 管理区域、保全区域及び周辺監視区域の設定並びにこれらの区域に係る ④ 等に関すること。
6. 排気監視設備及び海洋放出監視設備に関すること。
7. 線量当量、放射性物質の濃度及び放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度の監視並びに汚染の ⑤ に関すること。
8. 放射線測定器の管理及び放射線測定の方法に関すること。
9. 再処理施設の ⑥ 及び点検並びにこれらに伴う処置に関すること。
10. 再処理施設の定期自主検査に関すること。
11. 核燃料物質の受渡し、 ⑦ ，貯蔵その他の取扱いに関すること。
12. 放射性廃棄物の廃棄に関すること。
13. 海洋放出口周辺海域等の放射線 ⑧ に関すること。
14. ⑨ の場合に採るべき処置に関すること。
15. 再処理施設に係る ⑩ に関する記録に関すること。
16. その他再処理施設に係る保安に関し必要な事項

(2) 再処理事業者に法令上義務づけられている定期自主検査に関する以下の文章中の空欄に入れるべき語句を下表から選べ。なお、同一の語句を何度選んでも構わない。

〔解答例〕 ⑥—— i) 再処理

- (a) 保安規定に定める保安上特に管理を必要とする設備 ((b)に規定されているものを除く。)は、当該設備の性能が維持されているかどうかについて検査を ごとに行うこと。
- (b) については、当該装置の各部分ごとの当該作動のための性能検査を ごとに、当該装置全体の当該作動のための総合検査を ごとに行うこと。
- (c) 再処理施設の保安のために直接関連を有する計器及び放射線測定器については、校正を ごとに行うこと。

a) 1 日	b) 1 月	c) 3 月	d) 半年	e) 1 年
f) 換気装置	g) 非常用装置	h) 監視装置		

第3問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく関係法令において加工事業者が遵守しなければならない事項に関する以下の問に答えよ。

(1) 加工事業者は、加工施設を設置した工場又は事業所において液体状の放射性廃棄物を廃棄する場合、次に掲げるいずれかの方法により廃棄しなければならない。空欄となっている方法を説明せよ。

イ 排水施設によって排出すること。

ロ 放射線障害防止の効果を持った焼却設備において焼却すること。

ハ

ニ

ホ

(2) (1)イの方法により廃棄する場合の法令上の遵守義務について記せ。

(3) 次の文章は、加工事業者が、法令上、管理区域において採らなければならない措置に関するものである。空欄を埋めよ。

〔解答例〕 ⑥ — 加工

イ 壁、さく等の区画物によって区画するほか、 を設けることによって明らかに他の場所と区別し、かつ、放射線等の危険性の程度に応じて人の , かぎの管理等の措置を講ずること。

ロ 放射性物質を するおそれのある場所での飲食及び喫煙を禁止すること。

ハ 床、壁その他人の触れるおそれのある物であって放射性物質によって汚染されたものの表面の放射性物質の密度が長官の定める を超えないようにすること。

ニ 管理区域から人が退去し、又は物品を持ち出そうとする場合には、その者の身体及び衣服、履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品の表面の放射性物質の密度がハの の を超えないようにすること。

第4問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく廃棄の事業に関する以下の問に答えよ。

- (1) (a) 廃棄事業者が廃棄物取扱主任者を選任する目的について述べよ。
(b) 廃棄物取扱主任者が遂行すべき義務について述べよ。
(c) 廃棄物埋設事業又は廃棄物管理事業において、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の取扱いに従事する者が、廃棄物取扱主任者に対して負うべき義務について述べよ。

- (2) 以下の記載内容について法令上違反しているか否かを答えよ。また、違反している場合にはその理由を述べよ。
 - (a) 廃棄事業者が事業を開始した日から30日目にその届出を行った。
 - (b) 廃棄事業者が放射性廃棄物を排水したが、その際排水口又は排水監視設備における放射性物質の濃度を記録しなかった。
 - (c) 届出を行い廃棄物埋設事業者から廃棄物埋設地を譲り受けた。
 - (d) 廃棄物埋設事業者が、放射能の減衰に応じた廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置の変更予定時期を、内閣総理大臣に届出を行った上で変更した。

第5問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物を工場等の外において運搬する場合について、次の文章の空欄の部分に適切な数値又は語句を記せ。

〔解答例〕 ①—東京

- (1) ① 輸送物、② 輸送物又は③ 輸送物を運搬する場合は、使用者等は核燃料輸送物が技術上の基準に適合することについて科学技術庁長官（以下本問において「長官」という。）の確認を受けなければならない。また、使用者等は、運搬に使用する容器について、あらかじめ、長官の④ を受けることができる。この場合において、④ を受けた容器は核燃料輸送物に関する技術上の基準のうち⑤ に関する基準は満たされたものとする。
- (2) A型輸送物として運搬できる核燃料物質等の⑥ の量の限度は、核燃料物質等が⑦ の場合は⑧ 値といい、⑦ 以外の場合は⑨ 値という。
- (3) 核分裂性物質（⑩、⑪、⑫、⑬、⑭）及びこれらの化合物並びにこれらの1又は2以上を含む核燃料物質（長官の定めるものを除く。）を運搬する場合は、核分裂性輸送物の技術上の基準に適合しなければならない。
- (4) 核燃料物質等の運搬において、次の事態の場合には、総理府令の規定により使用者等は、その旨を⑮ に、その状況及びそれに対する処置を⑯ 以内に長官に報告しなければならない。
- a) 核燃料物質の⑰ 又は所在不明が生じたとき。
- b) 核燃料物質等が異常に⑱ したとき。
- c) 上記a)及びb)のほか、核燃料物質等の運搬に関し人の⑲（⑳ 以外の⑲ であって軽微なものを除く。）が発生し、又は発生するおそれがあるとき。

第 26 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の化学的性質
及び物理的性質

平成 6 年 3 月 7 日

第1問 次の(i), (ii), (iii)についてそれぞれの指示に従って答えよ。

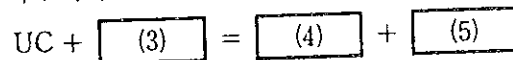
(i) 以下の反応の空欄の部分に記入すべき化学式を係数を含めて記号とともに記せ。

〔解答例〕 (21) 5ThO_2

二酸化ウランをグラファイトと混合し、真空中で 1300°C 以上の高温に加熱すれば



のような反応が起こってウランは一炭化物になる。この炭化物を空气中 800°C に加熱すれば、下に示すような反応が生じる。



(ii) 次の文章中の空欄の部分に記入すべき語句、あるいは数値を記号とともに記せ。

〔解答例〕 (22) 7

水溶液中において6価のウランのイオンは $\boxed{(6)}$ 色を示す。この6価ウランは実際には $\boxed{(7)}$ 価のウラニルイオンとして存在している。一方、4価ウランイオンは $\boxed{(8)}$ 色、3価ウランイオンは $\boxed{(9)}$ 色を呈する。6, 4, 3価のうち最も安定なウランの酸化状態は $\boxed{(10)}$ 価である。

(iii) 次の文章中の空欄の部分に記入すべき融点、あるいは密度の値を下に列記したうちから選び、記号とともに記せ。ただし、これらの測定値には誤差があることを考慮すること。また、密度は室温の値である。

〔解答例〕 (23) 640

金属トリウムは銀白色の鉛に似て軟らかい金属で、その融点は $\boxed{(11)}$ $^\circ\text{C}$ 、密度は $\boxed{(12)}$ Mg/m^3 である。金属ウランは銀白色の金属

であるが、通常、僅かに酸化されて黄色味を帯びている。その融点は °C、密度は Mg/m³ と測定されている。金属プルトニウムの融点は °C である。

二酸化ウラン (UO₂) の融点は °C、密度は Mg/m³ である。二酸化プルトニウム (PuO₂) の融点は °C である。また、一炭化ウラン (UC)、ニケイ化三ウラン (U₃Si₂) の融点は、それぞれ , °C と報告されている。

640, 1132, 1665, 1750, 2390, 2490, 2865, 10.96, 11.72, 19.06

第2問 次の文章の下線部には誤った記述がある。その語句あるいは文を正しいものに直せ。ただし、否定記述は正答としない。

〔否定記述の例〕 二酸化ウランはウランと窒素の化合物である。→
二酸化ウランはウランと窒素の化合物ではない。

- (1) 鉱石からウランを浸出するには、ふつう硝酸が用いられる。鉱石が酸を多量に消費するようなものである場合には、ウランの錯体形成反応を利用したアルカリ浸出も採用される。アルカリ浸出剤としてはシュウ酸ナトリウムが使われる。
- (2) UF₆ を水蒸気と加熱すれば UO₂F₂ と UF₃ とに分解する。UCl₆ の蒸気圧は室温で UF₆ よりも高いが、分子量が大きいため、ウラン濃縮には使われない。
- (3) プルトニウム-酸素系でよく知られている固体化合物は Pu₂O₃, PuO₂, Pu₃O₈ である。PuO₂ は UO₂ と固溶体をつくる。PuO₂ の 固溶範囲は 0 ~ 40 モルパーセント である。

- (4) ウランの水素化物には UH_2 , UH_3 の 2 相が存在する。プルトニウムの水素化物にも PuH_2 , PuH_3 の 2 相が存在する。 UH_3 相と PuH_3 相の結晶構造は異なり、 UH_3 相が六方晶系であるのに対し、 PuH_3 相は立方晶系である。
- (5) UO_2 は立方晶系の体心構造をとる。同じ結晶構造をもった固体化合物としては CaF_2 , TiO_2 , CeO_2 のような例をあげることができる。
- (6) 二酸化ウランには不定比性 UO_{2-x} と UO_{2+x} とがある。 UO_{2-x} は高温では不安定で、 1400°C 以下でのみ存在する。一方、 UO_{2+x} の結晶構造についてみると、酸素は UO_2 格子の中で欠陥のない状態で存在し、ウラン原子のみがランダムに欠損してできている。
- (7) UO_2 の熱伝導率はおおよそ 1800°C まで温度の上昇とともに増加し、この温度で最大を示した後は、温度の上昇とともに減少する。UC の熱伝導率は室温から温度の上昇とともにやゝ減少し、 $300\sim 400^\circ\text{C}$ で緩やかな最小を示した後、僅かに増加する。UC の熱伝導率は UO_2 の 50 倍ほども高い。
- (8) 酸化物燃料中の FP の存在状態には色々なものがあるが、 O_2 , Kr, Xe, Br, I などは気体状、あるいは揮発性 FP として存在する。Rb, Cs, Mo, 希土類元素 (Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm など) のような FP は酸化物析出相をつくる。
- (9) 高出力運転をすると軽水炉燃料でも中心温度は 3000°C 以上の高温になり、燃料ペレットに組織再編が起こる。組織再編後のペレット横断面をみると、中心から外周部に向かって、中心空孔、等軸晶、柱状晶、不変領域の順になっている。
- (10) FP ガス放出率はふつう約 700°C までは 1% 以下で温度とともに減少するが、それより高温では温度とともに増加する。これは高温では FP ガス原子の燃料中の拡散よりも燃料表面からの反跳と、はじき出しが大きく寄与するためである。

第3問 実験室において酸素ポテンシャルを測定する方法は幾つかあるが、そのうち二つを選び、原理と特徴について300字以内で説明せよ。

第4問 物質の物理的性質、化学的性質に関する一般的知識を有する読者を想定して、原子炉内で固体の核分裂性物質を燃焼させると何が起きるか、核分裂現象から物質としての特性変化にいたる道筋の要点を400字以内でわかりやすく解説せよ。

第5問 核燃料に関連して次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)(3)と(4)(5)は別の答案用紙に記入すること。)

- (1) 焼きしまり
- (2) リローケーション
- (3) PCI

-
- (4) 核分裂収率
 - (5) 合金燃料

第 26 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の取扱いに関する技術

平成 6 年 3 月 8 日

第1問 次の文は、MOX（混合酸化物）燃料ペレットの製造について述べたものである。下の問に答えよ。

MOX 燃料のペレット製造において、原料 UO_2 粉末と PuO_2 粉末を混合するのに、 を使った粉碎混合法を用いる。これは、混合特性を良くし、焼結時の をはかるためである。原料として 法で製造した MOX 粉末を使う場合もある。また、粉末混合法のほか、 法により製造した共沈粉を使う場合があるが、ここでは、Pu 割合が約 % にマスター混合したあと、 UO_2 粉末を添加し、所定の富化度に調整する。ペレット型 MOX 燃料のほか、溶液の により製造した微小球粒子を被覆管に 法で詰めたスフェアバック燃料も試験されている。

MOX 燃料ペレットの検査では、 UO_2 ペレットと同様な検査のほか、 及び Pu スポット検査が行われる。Pu スポットの検出法として が使われる。

製造及び検査における外部被曝管理では、Pu 同位体中の 及び による中性子線、並びに ^{241}Pu から β 崩壊で生成する の γ 線による外部被曝に注意する必要がある。

(1) 文中の 内に最適な語句、記号を記入せよ。

〔解答例〕 —核燃料

(2) 下線(イ)のスフェアバック燃料の製造利点を簡単に説明せよ。

(3) 下線(ロ)の Pu スポットが照射挙動に与える影響を簡単に記せ。

第2問 照射後試験において、次の現象を調べるための試験法を簡単に述べよ。

〔解答例〕

- (5) 軽水炉燃料のペレット・被覆管ギャップ：機械的圧縮法により燃料棒の径方向に荷重をかけ、荷重・変位曲線によりペレットと被覆管ギャップを測定する
- (1) 軽水炉燃料ペレットの組織変質（リム効果）
- (2) 高温ガス炉被覆粒子燃料のアメーバ効果
- (3) MOX（混合酸化物）燃料ペレットのプルトニウム再分布
- (4) 燃料ペレットの融点

第3問 核燃料施設における作業員の被ばく低減化のために、どのような方策を講ずべきか、以下の例について答えよ。

(1) プルトニウム燃料ペレットの表面を研削する装置の据え付けられたグローブボックスにおいて、研削粉末に起因する作業員の被ばくが考えられる。その低減を図るために、どのような対策を講ずべきか、その対策について2つあげて説明せよ。

(2) 運転員が誤ってバルブを操作したために、放射性廃液が貯槽から流れ出て床を汚染してしまった。その後の復旧作業における作業員の被ばくの低減を図るために、どのような対策を講ずべきか、その対策について2つあげて説明せよ。

第4問 核燃料施設の臨界に関する以下の各問について、(イ)、(ロ)、(ハ)のうちから正しいと思われるものを解答例に従って選べ。

〔解答例〕(6)——(イ)

- (1) 臨界安全評価における燃焼度クレジットとは、燃焼による核燃料物質の反応度の、(イ)減少、(ロ)不変、(ハ)増加を考慮することである。
- (2) 臨界安全評価における二重偶発性の原理とは、独立した(イ)1つ、(ロ)2つ、(ハ)3つの事象が同時に生じることで、臨界が発生することをさす。
- (3) 臨界警報装置において、同じ場所に3系統の検知装置を設けた場合には、信頼性の観点からその3系統のうち(イ)1つ、(ロ)2つ、(ハ)3つが同時に信号を検知したときのみ、警報を発するようにする。
- (4) 水溶液系における臨界事故では、初期バースト（スパイク部）における核分裂数は、全核分裂数の半分よりも(イ)小さい、(ロ)等しい、(ハ)大きい。
- (5) 再処理施設における立地評価事故として想定する臨界事故においては、全核分裂数を約10の(イ)15乗、(ロ)20乗、(ハ)25乗として評価を行う。

第5問 核燃料物質の取扱いに関連して次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)
(2)(3)と(4)(5)は別の答案用紙に記入すること。)

- (1) 多重防護
- (2) 再処理における遠心清澄機
- (3) エア・リフト・ポンプ

-
- (4) モジュール型ホットラボ
 - (5) レーザーウラン濃縮

第 26 回

核燃料取扱主任者試験

放射線の測定及び放射線障害
の防止に関する技術

平成 6 年 3 月 8 日

第1問 次の各問について、答えを1つだけ選べ。

〔解答例〕 (6)——⑦

(1) 気体の電離作用を利用した検出器の印加電圧とその特性に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- ① 印加電圧が再結合領域にあるときは、電離作用によって生じた陽イオンはすべて再結合するため、電極に到達することはない。
- ② 印加電圧が電離箱領域にあるときは、エネルギーが同じ α 線と β 線では同じ電離電流値が得られる。
- ③ 印加電圧が比例計数管領域にあるときは、入射放射線のエネルギーに比例した出力が得られる。
- ④ 印加電圧がGM計数管領域にあるときは、電離放射線の種類やエネルギーに係わらず同じ大きさの出力パルスが得られる。
- ⑤ 印加電圧が連続放電領域にあるときは、入射放射線による電離電流に比例した電流出力が継続して得られる。

(2) GM計数管の回復時間 τ_r 、不感時間 τ_d 及びGM計数装置の分解時間 τ との関係について、次のうち正しいものはどれか。

- ① $\tau_r < \tau_d < \tau$ ② $\tau_r < \tau < \tau_d$ ③ $\tau_d < \tau_r < \tau$
- ④ $\tau < \tau_d < \tau_r$ ⑤ $\tau_d < \tau < \tau_r$

(3) 次のシンチレータのうち、 ^{137m}Ba の γ 線測定に適さないものはどれか。

- ① NaI (Tl) ② BGO ③ ZnS (Ag)
- ④ CaF_2 (Eu) ⑤ プラスチックシンチレータ

(4) 次の半導体検出器とその特性に関する記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① CdTe や GaAs などの化合物半導体検出器は、常温での保存や使用が可能で、検出効率が良いなどの多くの利点がある。
- ② 高純度 Ge 半導体検出器は、低温では電気抵抗がきわめて大きく、高いバイアス電圧がかけられるので、常温で保存や使用が可能である。
- ③ 表面障壁型 Si 半導体検出器は、入射面でのエネルギー損失が小さく、エネルギー分解能が非常に良いため、 α 線などのエネルギー測定に使用される。
- ④ p-n 接合型半導体検出器は、構造的には丈夫であるが、入射面でのエネルギー損失による分解能の低下が問題となる。
- ⑤ Li ドリフト型 Ge 半導体検出器は、有効領域が 100 cm^3 以上のものが製作されており、 γ 線のエネルギー測定に有効であるが、常時液体窒素で冷却する必要がある。

(5) 次の線量計のうち、個人線量計として適切でないものはどれか。

- ① フィルムバッジ
- ② ポケット線量計
- ③ 熱ルミネッセンス線量計
- ④ 蛍光ガラス線量計
- ⑤ 鉄線量計

第2問 周辺監視区域外の水中の濃度限度に近い放射能濃度の ^{237}Np 、 ^{137}Cs 及び ^3H を含む混合溶液がある。この溶液中の核種毎の放射能濃度の測定法について、測定試料の作製方法及びその試料の測定に適した測定器の種類について知るところを核種毎に150字程度で要点のみを簡明に記せ。ただし、測定器の校正方法及びバックグラウンドの低減方法については記載する必要はない。なお、それぞれの核種に対する周辺監視区域外の水中の濃度限度の値は次のように定められているものとする。

^{237}Np に対して $1 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$

^{137}Cs に対して $7 \times 10^{-2} \text{ Bq/cm}^3$

^3H に対して $6 \times 10^1 \text{ Bq/cm}^3$

第3問 次の文章の空欄の部分に適切な語句又は数値を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑪——空気吸収線量

放射線業務従事者の体内摂取量を評価する方法には、、及び計算法がある。は、又は肺モニタ等の測定装置を用い、した放射能を体外から測定する方法である。は、主に、を測定試料として体内に残留する放射能を評価する。その他の測定試料としては、痰、唾液、呼気などがある。計算法は、作業者の呼吸域の、使用した防護具の防護係数、呼吸率及びなどから、作業者の吸入量を評価する方法である。これらの方法により体内摂取量を評価し、その値ととを比較して預託線量当量を計算する。外部被ばくによる線量当量が過去の線量を求めるのに対して、内部被ばくによる線量当量は、摂取後年間の将来の線量を評価するものである。

第4問 放射線の生物学的影響に関する次の間に番号で答えなさい。

解答例 (1)——3

(1) 急性障害の指標である LD 50/30 の 30 とは、次のどれを意味するか。

1. 30 個体 2. 30 週 3. 30 Gy 4. 30 % 5. 30 日

(2) 血液中のリンパ球が減少する最小線量と言われている線量は次のどれか。

1. 50 mSv 2. 100 mSv 3. 250 mSv 4. 500 mSv 5. 1500 mSv

(3) 体内に摂取され、血中に入ったとき骨内表面の線量が問題となる核種は次のうちのどれか。

1. ^{137}Cs 2. ^{239}Pu 3. ^{90}Sr 4. ^{131}I 5. ^{45}Ca

(4) 同じ線量当量 (Sv) の放射線被ばくにおいて、長期間にわたって被ばくする場合と短時間被ばくの場合を比較したとき、正しいものを選びなさい。

1. 長期間被ばくの方が生物学的効果は小さい。
2. 長期間被ばくの方が生物学的効果は大きい。
3. どちらも生物学的効果は変わらない。
4. 放射線の種類によって生物学的効果は異なる。
5. 放射線のエネルギーによって生物学的効果は異なる。

(5) 次の放射線障害のうち、非確率的影響の正しい組み合わせを選びなさい。

- ① 白血球の減少 ② 白血病 ③ 肝臓ガン
④ 放射線宿酔 ⑤ 甲状腺ガン

1. ①と② 2. ②と③ 3. ①と④ 4. ③と④ 5. ③と⑤

(6) 次の放射線のうち、酸素効果が無いか、または極めて少ないものの正しい組み合わせを選びなさい。

- ① α 線 ② β 線 ③ γ 線 ④ 中性子線 ⑤ X 線
1. ①と② 2. ①と④ 3. ②と④ 4. ③と⑤ 5. ④と⑤

(7) 天然ウランによる体内汚染が生じたとき、最も問題となる臓器を次の中から選びなさい。

1. 甲状腺 2. 脾臓 3. 胆嚢 4. 生殖腺 5. 腎臓

(8) ^{239}Pu を多量に吸入摂取した時、障害がほとんど問題にならない臓器を次の中から選びなさい。

1. リンパ節 2. 骨組織 3. 肺 4. 脾臓 5. 肝臓

(9) 放射線感受性の最も低い臓器・組織を次の中から選びなさい。

1. 眼 2. 骨髄 3. 血管 4. 腸 5. 皮膚

(10) 線質係数が依存するものを次の中から選びなさい。

1. RBE 2. LET 3. LD_{50} 4. 物理的半減期 5. G 値

第5問 放射線防護における次の語句について簡単に説明せよ。

- (1) 実効線量当量と荷重係数の関係
- (2) 線量-効果関係
- (3) 鼻腔スミア
- (4) 誘導実用限度
- (5) 骨の晩発障害

第 27 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質に関する法令

平成 7 年 3 月 6 日

第1問 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下「原子炉等規制法」という。）に関連する法令に関して、次の文章中の空欄に適切な語句又は数値を記せ。

〔解答例〕 ②——東京

- (1) 原子炉等規制法は、原子力基本法の本質にのっとり、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の利用が ① の目的に限られ、かつ、これらの利用が計画的に行われることを確保するとともに、これらによる ② を防止し、及び核燃料物質を ③ して公共の安全を図るために、製錬、加工、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ことなどを目的とする。
- (2) 加工事業者は、核燃料物質の取扱いに関して ④ の監督を行わせるため、核燃料取扱主任者免状を有する者のうちから、核燃料取扱主任者を選任しなければならない。
- (3) 加工事業者は、加工設備の操作に関して次の措置を採らなければならない。
- 1 加工設備の操作に必要な ⑤ を有する者に行わせること。
 - 2 ⑥ の場合に採るべき処置を定め、これを操作員に守らせること。
 - 3 換気設備、⑦ 測定器及び非常用設備は、常にこれらの機能を発揮できる状態に維持しておくこと。
- (4) 再処理事業者は、保安規定を定め、事業開始前に、内閣総理大臣の ⑧ を受けなければならない。
- (5) 再処理事業者は、再処理施設の ⑨ について、内閣総理大臣が毎年1回定期に行う ⑩ を受けなければならない。

(6) 再処理事業者は、 区域については、人の居住を禁止するとともに、境界にさく又は標識を設ける等の方法によって 区域に業務上立ち入る者以外の者の立ち入りを制限しなければならない。ただし、当該地域に人が立ち入るおそれのないことが明らかな場合は、この限りではない。

(7) 天然ウラン及びその化合物の場合、ウランの量が グラム以下のものは、使用の許可を要しない。

(8) 廃棄物埋設事業者は、次の事項について、核燃料物質及び核燃料物質によって汚染された物の放射能の に応じて総理府令で定めるところにより、保安のために必要な措置を講じなければならない。

1 廃棄物埋設施設の

2 核燃料物質及び核燃料物質によって汚染された物の (廃棄物埋設施設を設置した事業所内の に限る。) 又は

(9) 廃棄物埋設又は廃棄物管理の事業において核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の取扱いに従事する者は、廃棄物取扱主任者がその取扱いに関して のためにする指示に従わなければならない。

(10) 周辺監視区域外の線量当量限度は、実効線量当量について1年間につき シーベルト、皮膚及び眼の水晶体の組織線量当量についてそれぞれ1年間につき シーベルトである。

(11) 管理区域における外部放射線に係る線量当量は、1週間につき シーベルトである。

第2問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、再処理事業者が講じなければならない措置に関して次の問に答えよ。

〔解答例〕 ⑫——日本の首都

(1) 再処理事業者が、核燃料物質の貯蔵に関して採らなければならない措置について、次の文章の空欄を埋めよ。

- 1 核燃料物質の貯蔵は、貯蔵施設において行うこと。
- 2 貯蔵施設の目につきやすい場所に、貯蔵上の注意事項を掲示すること。
- 3 核燃料物質の貯蔵に従事する者以外の者が貯蔵施設に立ち入る場合は、
[] ① [] に従わせること。
- 4 使用済燃料は、冷却について必要な措置を採ること。
- 5 核燃料物質の貯蔵は、いかなる場合においても、 [] ② []
[] おそれがないように行うこと。
- 6 プルトニウム又はその化合物の貯蔵は、プルトニウム又はその化合物が
[] ③ [] に封入して行うこと。ただし、グローブボックスその他の気密設備の内部において貯蔵を行う場合その他プルトニウム又はその化合物が漏れいするおそれがない場合は、この限りでない。

(2) 再処理事業者が、固体状の放射性廃棄物を容器に封入し、又は容器に固形化して放射線障害防止の効果を持った保管廃棄施設に保管廃棄する場合に、法令上遵守すべき事項について、次の文章の空欄に適切な語句を記せ。

ア 容器に封入するときは、当該容器は次を満たさなければならない。

- 1 [] ④ [] が浸透しにくく、 [] ⑤ [] に耐え、及び放射性廃棄物が漏れにくい構造であること
- 2 [] ⑥ [] 又は破損が生じるおそれがないものであること
- 3 容器のふたが容易に外れないものであること

イ 放射性廃棄物を容器に固形化するときは、次を満たさなければならない。

固形化した放射性廃棄物と一体化した容器が放射性廃棄物の [] ⑦ [] 又は漏れを防止できるものであること

ウ 放射線障害防止の効果を持った保管廃棄施設に保管廃棄するときは次を満たさなければならない。

- 1 当該保管廃棄された放射性物質の崩壊熱等により著しい が生じるおそれがある場合は、 について必要な措置を採ること。
- 2 放射性廃棄物を封入し、又は固形化した容器には、 を示す標識を付け、及び当該放射性廃棄物に関して された内容と照合できるような整理番号を表示すること。
- 3 当該廃棄施設には、その目につきやすい場所に管理上の注意事項を掲示すること。

第3問 「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」においては段階的な規制が実施されるが，加工の事業を行おうとする者が，事業を開始する前までに，この法律に基づいて行わなければならない許認可等の手続きについて記せ。ただし，核燃料物質の防護及び国際規制物資に関する手続きについては，記載する必要はない。

第4問 廃棄物埋設事業における保安規定については、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の廃棄物埋設の事業に関する規則」において、記載すべき事項が定まっているが、そのうち、5つについて次の例に示すように記せ。(解答例に掲げているもの以外を記すこと。)

〔解答例〕

① 管理区域、周辺監視区域及び埋設保全区域の設定並びにこれらの区域に係る立入制限等に関すること。

(なお、このような事項を「管理区域の設定に関すること。」「周辺監視区域に係る立入制限等に関すること。」などのように分けて記載した場合でも、複数とは考えない。)

② その他廃棄物埋設施設に係る保安に関し必要な事項。

第5問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物を工場等の外において運搬する場合について、次の文章の空欄の部分に適切な語句を記せ。

〔解答例〕 ⑯——東京

(1) 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物（以下本問において「核燃料物質等」という。）は、以下の区分に応じ、次の種類の核燃料輸送物として運搬しなければならない。

(イ) 危険性が極めて少ない核燃料物質等として科学技術庁長官（以下本問において「長官」という。）の定めるもの。 型輸送物

(ロ) 長官の定める量を超えない量の放射能を有する核燃料物質等（(イ)のものを除く。） 型輸送物

(ハ) (ロ)の長官の定める量を超える量の放射能を有する核燃料物質等（(イ)のものを除く。） 型輸送物又は 型輸送物

ただし、これらの規定にかかわらず、放射能濃度が低い核燃料物質等であって危険性が少ないものとして長官の定めるもの（ という。）

及び核燃料物質等によって表面が汚染された物であって危険性が少ないものとして長官の定めるもの（ という。）は、 型輸送物として運搬することができる。

また、核分裂性物質（ウラン233、 、プルトニウム238、 及びこれらの化合物並びにこれらの1又は2以上を含む核燃料物質（長官の定めるものを除く。))を運搬する場合は、核分裂性輸送物の技術上の基準に適合しなければならない。

(2) 事業者等並びに事業者等から運搬の委託を受けた者は、危険時の措置として、以下に掲げる応急の措置を講じなければならない。

(イ) 核燃料輸送物に火災が起こり、又は核燃料輸送物に延焼するおそれのある火災が起こった場合は、火災の 又は延焼の防止に努めるとともに、直ちにその旨を に通報すること。

- (四) 核燃料輸送物を他の場所に移す余裕がある場合には、必要に応じてこれを安全な場所に移し、その場所の周囲には縄を張り、等を設け、及びを配置することにより、関係者以外の者が立ち入ることを禁止すること。
- (ハ) の発生を防止するため必要がある場合には、運搬に従事する者及び付近にいる者にするよう警告すること。
- (ニ) 核燃料物質等によるが生じた場合には、速やかに、の広がり防止及びの除去を行うこと。
- (ホ) を受けた者又は受けたおそれのある者がいる場合には、速やかに、その者をし、させる等緊急の措置を講ずること。
- (ヘ) その他を防止するために必要な措置を講ずること。

第 27 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の化学的性質
及び物理的性質

平成 7 年 3 月 6 日

第1問 (1) 以下のウランとの各系について答えよ。

- イ ウラン-酸素系に存在する主な化合物5つを化学式で記せ。
- ロ ウラン-窒素系に存在する主な化合物2つを化学式で記せ。
- ハ ウラン-炭素系に存在する主な化合物3つを化学式で記せ。

(2) 酸化物燃料の燃焼に伴って生成する核分裂生成物の燃料中における化学形態について、以下の問に答えよ。ただし、希土類元素は全体をまとめてREとし、これを1つとして数えよ。

- イ 燃料マトリックス中に固溶する元素4つを元素記号で記せ。
- ロ 金属析出物をつくる元素4つを元素記号で記せ。
- ハ 気体状の核分裂生成物となるもの2つを元素記号で記せ。

第2問 二酸化ウラン燃料、MOX（混合酸化物）燃料に関する以下の各記述のうち、正しいものには○、誤っているものには×をつけ、誤りの場合にはその理由を簡単に述べよ。

- (1) ウラン酸化物燃料の中で二酸化ウランが使われるのは、この化合物が最も製造が容易なためである。
- (2) 二酸化ウランは、1400℃以下では UO_{2-x} のハイボ組成（亜定比性）を示さないが、MOXでは $(Pu, U)O_{2-x}$ がある。そして、このxの値はPu固溶量が多いほど、大きくなる。
- (3) 高温下で使用した酸化物燃料では、ペレット中心部から周辺部に向かって空洞、等軸晶、柱状晶領域ができる。このような組織再編は、温度勾配のために高温の中心部の二酸化ウランが蒸発して低温部に凝縮する蒸発凝固過程によって説明される。

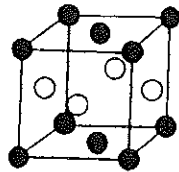
(4) 燃焼とともに酸化燃料の O/U 比は高まる。これは燃焼によるウランの減少と、酸素と結合する核分裂生成物の量とのかねあいで決まるが、計算によれば O/U 比の増加率は 10 GWd/t の燃焼率に対して 0.06 位で、この値は実測値ともほぼ一致する。

(5) 核分裂生成物ガスがペレットから放出されると、ペレットと被覆管の間の熱伝導が悪くなる。そこで核分裂生成物ガスの放出率を低く抑えるために、二酸化ウランの粒径を小さくした小粒径ペレットが使われている。

第 3 問 次の文章の空欄に入る適切な語句、数値または図を記せ。

〔解答例〕 ① —— 核反応断面積

⑫



二酸化ウランおよび二酸化プルトニウムの結晶構造は、ともに と呼ばれる結晶構造で、ウランまたはプルトニウムの金属原子を●、酸素を○で表現して図示すると のようになる。金属原子の格子座標は $\langle 100 \rangle$ と で代表され、酸素原子の格子座標は で代表される。融点は二酸化ウランが約 °C、二酸化プルトニウムが約 °Cで、混合酸化物の状態図を図示すると のようになる。燃焼が進むと燃料中に核分裂生成物が蓄積し、燃焼度 10 万 MWd/t では、混合酸化物中のウランおよびプルトニウムの約 % が核分裂を起こし、約 % の核分裂生成物が発生し、融点が するほか、熱伝導度などの諸特性や寸法が変化し、燃料のふるまいが変化する。

第4問 重さ及び形状の等しい核燃料ペレットと模擬ペレットを渡されて区別を依頼された。そのための検査法を3種類示し、それぞれの物理的あるいは化学的原理を簡潔に述べよ。

第5問 核燃料物質に関連して、次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)(3)と(4)(5)は別の答案用紙に記入すること。)

- (1) PIE
- (2) 酸素ポテンシャル
- (3) マイナーアクチノイド

-
- (4) 同素変態
 - (5) 不定比化合物

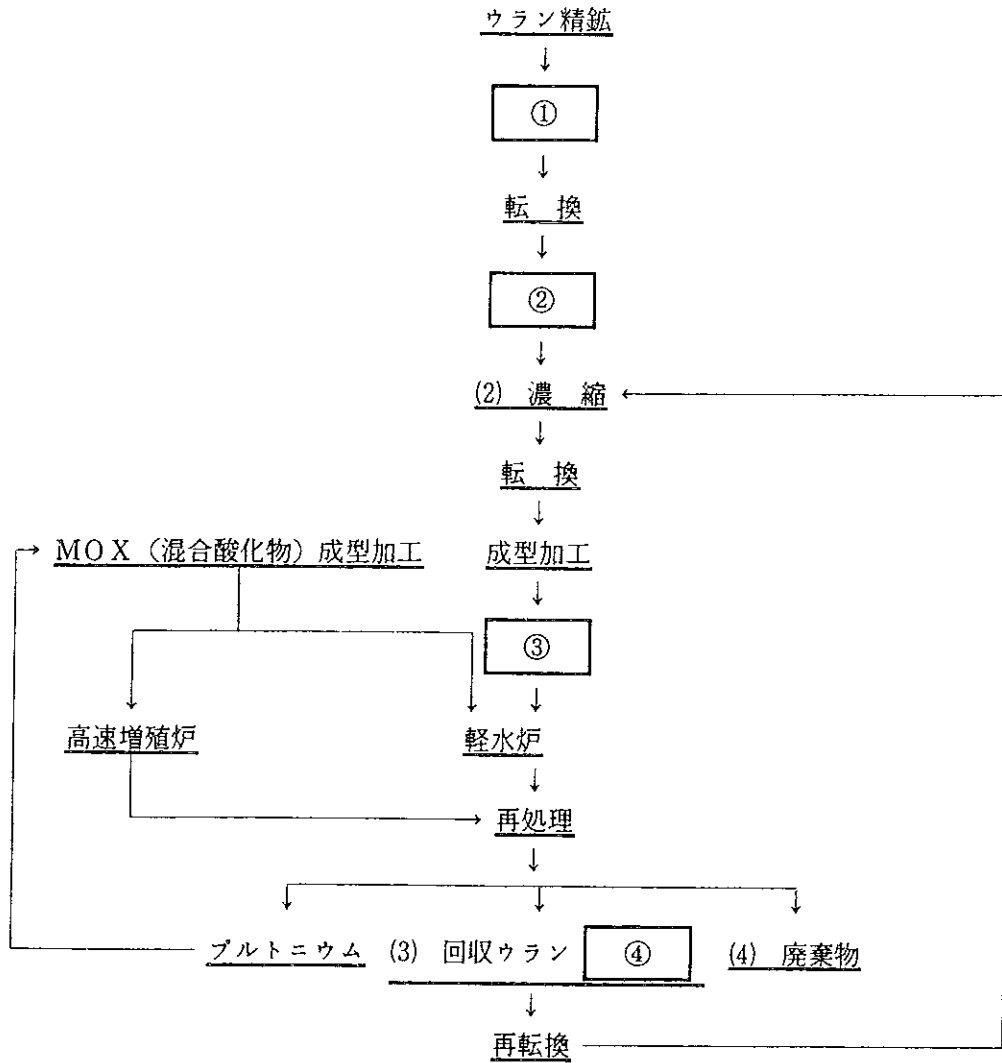
第 27 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の取扱いに関する技術

平成 7 年 3 月 7 日

第1問 この流れ図は核燃料サイクルの概略を示したものである。下の問に答えよ。



(1) 流れ図の中の①から④までの空欄に最適なウラン化合物の化学式を記入せよ。

〔解答例〕 ⑤ — U_3O_8

(2) ウラン濃縮法の名称を1例あげ、その概略を説明せよ。

(3) 回収ウランの取扱いに関し、その中に含まれる ^{232}U 及び ^{236}U のそれぞれの影響を簡単に記せ。

(4) 廃棄物として注目すべきアクチノイド（ウランまたはプルトニウムの同位体を除く。）を3核種記し、それぞれの特徴を簡単に記せ。

〔解答例〕 ^yX (X: 元素記号, y: 質量数)

(特徴の説明)

第2問 使用済燃料の燃焼度測定法に関して次の問に答えよ。

(1) 非破壊検査での燃焼度測定法を1例あげ、その概略を説明せよ。

〔解答例〕 XXX 法: (概略説明)

(2) 破壊検査にはネオジウム-148法 (^{148}Nd 法), セシウム-137法 (^{137}Cs 法) などがあるが、この2例のそれぞれの特徴を長所と短所を含めて簡単に説明せよ。

(3) 次の文章の空欄に下の語句または数値から最適なものを選び、文章を完成せよ。

〔解答例〕 ⑦ —— 燃焼度

燃焼の度合いを示す燃焼度（または燃焼率）にはいくつかの尺度が使われる。軽水炉の使用済燃料に対しては、発熱量から求めた ① が最も一般的に使われている。燃料の基礎的研究の分野では、核分裂の回数を基準にした ② または ③ が多く使われるが、研究炉の使用済燃料については ④ が慣習的に広く使われている。これらの尺度の変換の例として、 ^{235}U が5%濃縮度の燃料を1% FIMAまで燃焼すると、約 ⑤ % FIMAであり、核分裂の発熱量を200 MeV/fissionとすると、約 ⑥ MWd/tである。

20,	% FIMA,	15000,	% FIMA,	40
9400,	MWd/t,	6000,	ff/cm ³ ,	60

第3問 プルトニウム取扱い用のグローブボックスの取扱いに関連して次の問に答えよ。

- (1) 日常のグローブボックス作業前に点検すべき項目を3つあげよ。
- (2) 日常のグローブボックス作業終了後にとるべき注意事項を2つあげよ。
- (3) グローブボックス表面の線量当量率が高い場合に、被ばく低減のために講ずべき対応策を2つあげよ。
- (4) グローブボックス作業中にグローブの先端に微細な傷を見つけた場合のとるべき処置を2つあげよ。

第4問 使用済核燃料中に含まれる主要な核分裂生成物のうち、ビューレックス法による再処理において考慮すべき核種の挙動について記した次の文章の空欄に下記の同位体元素の中から適当なものを選び、その記号を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ①—(U)

第0族に属する は、燃料ペレットおよび被覆管内のプレナム部にガスとしてためられているので、せん断および溶解工程で気体中に放出される。

は、第I族に属し半減期が約30.17年と長く、長期の冷却期間をとっても減少しないが、分配係数が小さく、共除染工程で簡単に除去できる。

第IIA族に属する についても、大きな除染係数が期待でき、共除染工程で除去できる。

ランタノイド元素の は、錯イオンを形成するが大部分は共除染工程で除去できる。

第IVA族の は、第VA族の の親核種で、過渡平衡にあり、共除染工程においても、ウラン、プルトニウムと同じ様な挙動をとり、分離が難しく、最終的には精製工程で除去することになる。低酸濃度の方が分配係数

が小さく、ウラン、プルトニウムから分離しやすい。

第VIII族の ⑦ と ⑧ は、永年平衡の状態にある。また複雑な酸化還元状態および錯体形成により共除染工程でのウラン、プルトニウムからの分離も難しく、酸濃度を下げると抽出されやすくなる。

第VII族の ⑨ は、原子炉での発生量が多いが短半減期であるため、再処理前の冷却期間内に崩壊してしまう。しかし、⑩ は、半減期が約 1.7×10^7 年と長く、揮発性であるため、せん断および溶解工程で気体中に放出されるが、一部は溶解液中に残る。

- | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| (A) Kr-85, | (B) Sr-89, | (C) Sr-90, | (D) Y-91, | (E) Zr-95, |
| (F) Nb-95, | (G) Mo-99, | (H) Ru-103, | (I) Ru-106 | (J) Rh-106, |
| (K) I-129, | (L) I-131, | (M) Te-132, | (N) Xe-133, | (O) Cs-137, |
| (P) Ba-140, | (Q) Ce-141, | (R) Ce-144, | (S) Pr-143, | (T) Nd-147 |

第5問 核燃料物質及び核燃料物質によって汚染された物の取扱いに関連して次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)(3)と(4)(5)は別の答案用紙に記入すること。)

- (1) スカイシャイン (Skyshine)
- (2) ゼル・ゲル法 (Sol Gel Process)
- (3) 即発性 γ 線 (Prompt Gamma) と遅発性 γ 線 (Delayed Gamma)
- (4) アイテム施設とバルク施設
- (5) 低レベル放射性廃棄物埋設施設における段階管理

第 27 回

核燃料取扱主任者試験

放射線の測定及び放射線障害
の防止に関する技術

平成 7 年 3 月 7 日

第1問 天然六フッ化ウランを取扱中、10 g-U が実験室内に漏出する事故が発生した。実験室の容積を $15\text{ m} \times 15\text{ m} \times 4\text{ m}$ 、換気回数を毎時5回とし、漏出した六フッ化ウランは全量が空気中の水分と反応してフッ化ウラニルとなり、空气中に均一に分布するものとしたとき、次の間に有効数字2桁で答えよ。

- (1) 実験室内に漏出した ^{238}U 、 ^{235}U 、 ^{234}U のそれぞれの放射能 (Bq) を求めよ。ただし、 ^{238}U と ^{234}U は永年平衡、アボガドロ数は 6×10^{23} とし、 ^{238}U と ^{235}U の崩壊定数および天然の存在比は、それぞれ次のとおりとする。

	崩壊定数 (s^{-1})	天然の存在比 (%)
^{238}U	5×10^{-18}	99.3
^{235}U	3×10^{-17}	0.7

- (2) 1時間後における実験室内の各核種の空气中濃度の、それぞれの核種の濃度限度 (放射線業務従事者の呼吸する空气中の濃度限度) に対する割合の和を求めよ。ただし、 ^{238}U 、 ^{235}U 、 ^{234}U のフッ化ウラニルに対する濃度限度は、いずれも $2 \times 10^{-5} \text{ Bq/cm}^3$ である。

第2問 次の文章の空欄に入る適切な語句または数値を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ①——放射性物質

放射性物質による表面汚染の測定は、通常、サーベイ法とスミヤ法によって行われる。サーベイ法は ① 法とも言い、汚染対象物の表面を ② で走査しながら測定する方法で、③ 性汚染と ④ 性汚染の両方を含めた汚染を測定できる。この方法は汚染箇所や汚染の範囲を検知するのに有効であるが、⑤ 場所での測定では検出下限値は ⑥ なる。

スミヤ法は ⑦ 法とも言い、汚染対象物の表面を ⑧ ，その表面に付着した放射能を測定装置で測定する方法で、④ 性汚染の測定にしか適用できないが、⑤ 場所での汚染検査や低エネルギーβ線などの汚染検査にも有効である。

一般に ④ 性汚染は、換気、歩行、作業等によって空気汚染の原因となり、両者の間には

$$\text{空気汚染(Bq/cm}^3\text{)} = \text{表面汚染(Bq/cm}^2\text{)} \times K(\text{cm}^{-1})$$

の関係がある。ここでKは ⑨ 係数と呼ばれ、その値は作業強度が高くなるほど ⑩ なる。

第3問 次の各問について、(イ)～(ホ)のうちから該当するものを1つ選び、番号とともに記せ。

〔解答例〕 (6)——(イ)

(1) 下記の電離箱についての記述のうち、誤っているものはどれか。

- (イ) α 線や β 線のような荷電粒子は、直接に気体を電離して数多くのイオン対の形で電荷を生じる。
- (ロ) 荷電粒子が気体中に、飛跡の1 cmあたりに作るイオン対の数は、重い荷電粒子ほど多い。
- (ハ) γ 線や中性子線は、直接には気体を電離しない。
- (ニ) 放射線が1個のイオン対を生成するのに要する平均エネルギー（W値）は、気体の種類によって異なり22 eV～40 eVの範囲である。
- (ホ) 一定体積の気体中で生じるイオン対の総数は、 β 線によるものの方が α 線によるものより数百倍くらい多い。

(2) 下記の比例計数管とGM計数管についての記述のうち、誤っているものはどれか。

- (イ) 比例計数管からの出力パルス波高は、入射粒子による1次イオン対数に比例するが、GM計数管からの出力パルス波高は、1次イオン対数との比例性はない。
- (ロ) 比例計数管は簡単な波高選別によって、 α 線と β 線を放出する試料（線源）について、 β 線だけを選別して測定できる。
- (ハ) GM計数管には、封入する消滅ガスの種類によって、有機ガス消滅型計数管とハロゲンガス計数管とがあるが、前者の方が後者より寿命が短い。
- (ニ) 比例計数管の分解時間は、GM計数管のそれよりも短い。
- (ホ) 比例計数管とGM計数管は、ともにガスフロー型のものがある。

(3) 下記の記述のうち、シンチレータの特性として、望ましくないものはどれか。

- (イ) 入射放射線の、発光への変換効率が高い。
- (ロ) 光の透過性（透明度）がよい。
- (ハ) 発光の減衰時間が長い。
- (ニ) 発光スペクトルが光電子増倍管の分光感度に適応する。
- (ホ) 製作が容易で、機械的、化学的に耐性が高い。

(4) 下記の液体シンチレーション計数装置についての記述のうち、誤っているものはどれか。

- (イ) バックグラウンド計数率を低下させるために、通常、逆同時計数回路が用いられる。
- (ロ) 測定試料が着色している場合には、一般に、計数効率は低下する。
- (ハ) 低エネルギーの β 線を放出する試料の測定に最も適している。
- (ニ) ^3H と ^{35}S を同時に分別して測定することができる。
- (ホ) 370 Bq程度の試料の計測では、数え落としによる誤差の補正をする必要はない。

第4問 次の文章の空欄の部分に記入すべき語句または数値を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑪ — 核燃料

- (1) 物理的半減期が10日、有効半減期が5日の核種があったとすると、その核種の生物学的半減期は 日である。
- (2) $^{239}\text{PuO}_2$ を400 Bqを吸入摂取したと評価されたとき、実効線量当量は mSvと評価される。ただし、 $^{239}\text{PuO}_2$ の年摂取限度は610 Bqである。
- (3) 全身被ばく Sv当たりの死亡または重大な遺伝的欠陥の生ずる確率をリスク係数という。
- (4) 核燃料取扱作業者に放射性物質による体内汚染が生じる主要な経路には , および の3つが考えられる。
- (5) ヒトが4 Svを全身に被ばくしたときの主要な死因は である。
- (6) 皮膚に5 Svの被ばくがあったとき、急性障害としては充血、紅斑、 等が観察される。
- (7) プルトニウムエアロゾルを吸入摂取したとき、プルトニウム粒子は時間とともに吸収されて血流に入り、骨表面と肝臓に沈着する。このときの肺からのクリアランス速度は粒子径分布が同じならば酸化物の方が硝酸塩より い。
- (8) 放射性ヨウ素の消化管吸収率 (f_1) はあらゆる化学形について である。

第5問 次の事項についてそれぞれ200字程度で説明せよ。

- (1) 作業環境に空気汚染が検出されたときの放射線管理上の措置について
- (2) 天然放射性核種のラドンとトリウムについて

第 28 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質に関する法令

平成 8 年 3 月 7 日

第1問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」及びこれに関連する法令に関して、次の文章中の空欄に適切な語句又は数値を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ㉑ — 東 京

- (1) 原子力基本法においては、原子力の研究、開発及び利用は、の目的に限り、安全の確保を旨として、な運営の下に、自主的にこれを行うものとし、を公開し、進んで国際協力に資するものとするを基本方針としている。
- (2) 加工の事業において核燃料物質の取扱いに従事する者は、核燃料取扱主任者がその取扱いに関して のためにする指示に従わなければならない。
- (3) 加工事業者は、総理府令で定めるところにより、保安規定を定め、 に内閣総理大臣の を受けなければならない。
- (4) 再処理事業者は、総理府令で定めるところにより、再処理施設の工事及び について内閣総理大臣の を受け、これに合格した後でなければ、再処理施設を使用してはならない。
- (5) 放射線業務従事者の線量当量限度は、実効線量当量について一年間につき ミリシーベルトであり、組織線量当量について眼の水晶体については一年間につき ミリシーベルトであり、眼の水晶体以外の組織については一年間につき ミリシーベルトである。
- (6) 緊急作業に係る線量当量限度は、実効線量当量について ミリシーベルトである。
- (7) 「周辺監視区域」とは、 の周辺の区域であって、当該区域の外側のいかなる場所においてもその場所における が科学技術庁長官の定める を超えるおそれのないものをいう。
- (8) 廃棄事業者は、核燃料物質又は核燃料物質の取扱いに関して を行わせるため、核燃料取扱主任者免状を有する者その他の総理府令で定める資格を有する者のうちから、廃棄物取扱主任者を選任しなければならない。

(9) 廃棄物埋設事業者は、廃棄物埋設を行う場合においては、埋設しようとする核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物及びこれに関する ⑰ のための措置が総理府令で定める技術上の基準に適合することについて、総理府令で定めるところにより、内閣総理大臣の ⑱ を受けなければならない。

(10) 製錬事業者、加工事業者、原子炉設置者、外国原子力船運航者、再処理事業者、廃棄事業者及び使用者並びに事業者等から運搬又は保管を委託された者は、その所持する核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は原子炉に関し、 ⑲ が起こったことにより、核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は原子炉による災害が発生するおそれがあり、又は発生した場合においては、直ちに ⑳ を講じなければならない。

第2問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」及びこれに関連する法令に基づき、加工事業者が講じなければならない措置に関して、次の問に答えよ。

(1) 加工事業者が加工設備の操作に関して採らなければならない措置について、次の文章の空欄に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑩——日本の首都

- 1 核燃料物質の加工は、で行うこと。
- 2 核燃料物質の加工は、いかなる場合においても、核燃料物質がおそれがないように行うこと。
- 3 加工設備の操作に必要な知識を有する者に行わせること。
- 4 加工設備の操作に必要ながそろっているときでなければ操作を行わないこと。
- 5 操作開始に先だて確認すべき事項、操作に必要な事項及びを定め、これを操作員に守らせること。
- 6 非常の場合に採るべき処置を定め、これを操作員に守らせること。
- 7 換気設備、放射線測定器及び非常用設備は、に維持しておくこと。
- 8 加工設備の操作の訓練のために操作を行う場合は、訓練を受ける者が守るべき事項を定め、操作員の監督の下にこれを守らせること。

(2) 加工事業者が管理区域において講じなければならない措置について、次の文章の空欄に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑩——日本の首都

- イ 壁、さく等の区画物によって区画するほか、によって明らかに他の場所と区別し、かつ、に応じて人の立入制限、かぎの管理等の措置を講ずること。
- ロ するおそれのある場所での飲食及び喫煙を禁止すること。
- ハ 床、壁その他人の触れるおそれのある物であって放射性物質によって汚染されたものの表面の放射性物質の密度が長官の定める表面密度限度を超えないようにすること。
- ニ 管理区域から人が退去し、又は物品を持ち出そうとする場合には、その者の身体及び衣服、履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には、その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度がハの表面密度限度のを超えないようにすること。

(3) 加工事業者が周辺監視区域において講じなければならない措置について説明せよ。

第3問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」及びこれに関連する法令に基づき、再処理事業者が保安のために講ずべき措置に関して、次の問に答えよ。

- (1) 再処理事業者が、再処理施設を設置した工場又は事業所において、気体状の廃棄物を廃棄する方法を2つ示し、各々の場合に採らなければならない措置について説明せよ。
- (2) 再処理事業者が、再処理施設を設置した工場又は事業所において、液体状の廃棄物を海洋放出施設によって放出して廃棄する場合、採らなければならない措置を説明せよ。
- (3) 再処理事業者が、その所持する核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物に関し、地震、火災その他の災害が起こったことにより、核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物による災害が発生するおそれがあり、又は発生した場合において、直ちに講じなければならない応急の措置について、次の①から③の空欄となっているところに入る措置をそれぞれ述べよ。

- 1 再処理施設に火災が起こり、又は再処理施設に延焼するおそれがある場合には
① _____。
- 2 核燃料物質を他の場所に移す余裕のある場合には、
② _____。
- 3 放射線障害の発生を防止するため必要がある場合には、
③ _____。
- 4 使用済燃料等による汚染が生じた場合には、すみやかに、そのひろがりの防止及び除去を行うこと。
- 5 放射線障害を受けた者又は受けたおそれのある者がいる場合には、すみやかに救出し、避難させる等緊急の措置を講ずること。
- 6 その他放射線障害を防止するために必要な措置を講ずること。

第4問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく廃棄の事業に関して、次の問に答えよ。

(1) 次の文章は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」の廃棄の事業に関する文章である。文章の空欄の部分に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ④——東 京

(i) 廃棄物施設事業者からその設置した 又は を含む一体としての施設を譲り受けようとする者は、政令で定めるところにより、内閣総理大臣の許可を受けなければならない。

(ii) 廃棄物管理事業者は、総理府令で定めるところにより、 のうち政令で定めるものの について、1年以上であって総理府令で定める期間ごとに内閣総理大臣が行う検査を受けなければならない。

(2) 次の記載内容について法令上違反しているか否かを答えよ。また、違反している場合にはその理由を述べよ。

(i) 廃棄物管理事業者が、前回の定期検査から2年後に定期検査の申請を行った。

(ii) 廃棄事業者が法令で記録することが義務付けられている事項の一部について、直接測定することが困難であったので、間接的に推定することができる記録をもってその事項の記録に代えた。

(iii) 廃棄物管理事業者が、毎週1回、廃棄物管理施設の保全に従事する者に廃棄物管理施設について巡視及び点検を行わせている。

(iv) 廃棄物管理事業者が、管理施設の保安のために直接関連を有する計器及び放射線測定器について、較正を3年ごとに行っている。

第5問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」及びこれに関連する法令に基づき、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物を工場等の外において運搬する場合に関して、次の文章の空欄の部分に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑰——東京

- (1) 使用者等が、型輸送物、型輸送物及び輸送物を運搬する場合（船舶又は航空機により運搬する場合を除く。）は、運搬する物についての措置が、技術上の基準に適合することについての、また、それ以外の措置が、技術上の基準に適合することについての確認をそれぞれ受けなければならない。
- (2) 使用者等は、運搬に使用するについて、あらかじめ、の承認を受けることができる。また、当該承認を受けようとする者は、核燃料輸送物のについて、あらかじめ、の承認を受けることができる。
- (3) 使用者等が、型輸送物、型輸送物及び輸送物を運搬する場合（船舶又は航空機により運搬する場合を除く。）は、総理府令で定めるところにより、その旨をに届け出て、届出を証明する文書（「運搬証明書」）の交付を受けなければならない。
- (4) 各核燃料輸送物に係る共通な技術上の基準としては、
イ) 容易に、かつ、安全に取扱うことができること。
ロ) 運搬中に予想される温度及びの変化、等により、き裂、破損等の生じるおそれがないこと。
ハ) に不要ながなく、かつ、の汚染の除去が容易であること。等が揚げられる。
- (5) 事業者等は、核燃料物質等の運搬において、次の各号の一に該当するときは、その旨を直ちに、その状況及びそれに対する処置を日以内に科学技術庁長官に報告しなければならない。
イ) 核燃料物質の盗取又はが生じたとき。
ロ) 核燃料物質等が異常にしたとき。
ハ) 上記イ)及びロ)のほか、核燃料物質等の運搬に関し人の障害（以外の障害であつて軽微なものを除く。）が発生し、又は発生するおそれがあるとき。

第 28 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の化学的性質
及び物理的性質

平成 8 年 3 月 7 日

第1問 次の文章中の空欄に入る適切な語句等を次の指示と解答例に従って番号とともに記せ。

- ①, ③, ⑫, ⑬: 語句を記せ。 [解答例] ⑫——イオン半径
②: 記号を記せ。 [解答例] ⑫——Vb
④, ⑥~⑪: 酸化状態を記せ。 [解答例] ⑫——+1
⑤: 原子番号を記せ。 [解答例] ⑫——1
⑭~⑰: 色を記せ。 [解答例] ⑫——青
⑱~⑳: 酸の名称を記せ。 [解答例] ⑫——ギ酸

原子番号が89のアクチニウムから103のローレンシウムに至る15の元素を総称してアクチノイドという。この一群の元素では、原子番号が増して5f電子殻が満たされていくとともに核電荷が増す。その結果、イオン半径が減少するが、これを [①] という。アクチノイドは、元素周期表で [②] に属し、周期表中でその上を占める元素群 [③] と化学的性質の類似性が高い。しかし、アクチノイドのうちの原子番号の若い方に位置するウランやプルトニウムの化学的性質は、それらとあまり似ていない。その理由は、これらの元素ではまだ5f電子の数も少なく、周囲からの遮蔽もよくないためである。アクチノイドで、周期表からみて最も安定な酸化状態と考えられる [④] 価が実際に最も安定となるのは原子番号が [⑤] 以上の元素である。

ウランは [⑥] 価から [⑦] 価までの酸化状態をとる。プルトニウムは [⑧] 価から [⑨] 価までの酸化状態をとることが知られている。しかし、二元系酸化物中では、これらの元素のとり得る酸化状態は限られている。ウランのいくつかの酸化物の中でウランがとっている最も低い酸化状態は [⑩] 価である。一方、プルトニウムはリチウムとの複酸化物のようなものでは、高い酸化状態をとることが報告されているが、二元系酸化物では最も高い酸化状態でも [⑪] 価である。

二酸化ウランも二酸化プルトニウムも結晶構造は [⑫] 晶系の [⑬] 型をとる。その粉末の色調は定比組成の二酸化ウランでは [⑭] 色であるが、不定比 UO_{2+x} では [⑮] 色となる。二酸化プルトニウム粉末の色は出発物質により少し異なるが、大体 [⑯] 色をとる。また、不定比 PuO_{2-x} は [⑰] 色を呈する。

二酸化プルトニウムは難溶なため、 [⑱] に [⑲] を加えた混酸、あるいは [⑳] のような溶解力の強い酸を使い、加熱して溶かす方法が実験室で一般的に用いられている。

第2問 軽水炉用燃料としてプルサーマル MOX (混合酸化物) 燃料は、二酸化ウラン燃料と比べて若干の性質の相違がある。次の項目について燃料中のプルトニウム濃度が高くなると現れてくる変化の方向を簡単に記せ。

- (1) 融点
- (2) 熱伝導率
- (3) 酸素ポテンシャル
- (4) FP (核分裂生成物) ガス放出及びヘリウムガス放出

第3問 核燃料物質としては、ウラン、プルトニウム、トリウムなどの金属・合金やその化合物がある。それらの物理的性質の概要を比較する下表を完成させ、かつそれぞれの物質の核燃料としての長所と短所を全体で300字程度で説明せよ。なお、下表の空欄の①～⑩に入る数値については、下記のリストから最も適切と考えられるものを選択し、その記号を番号とともに記せ。融点、密度及び熱膨張係数については、リストで示した数値範囲がそれぞれの物質の代表的物性値を含めばよい。

融点 (°C) : (A) 600~800, (B) 800~1000, (C) 1000~1200, (D) 1200~1500,
(E) 1500~1750, (F) 1750~2000, (G) 2000~2250, (H) 2250~2500,
(I) 2500~2700, (J) 2700~2900, (K) 2900~3100

密度 (g/cm³, 室温) : (L) 3.0~6.0, (M) 6.0~9.0, (N) 9.0~12.0, (O) 12.0~15.0,
(P) 15.0~18.0, (Q) 18.0~21.0

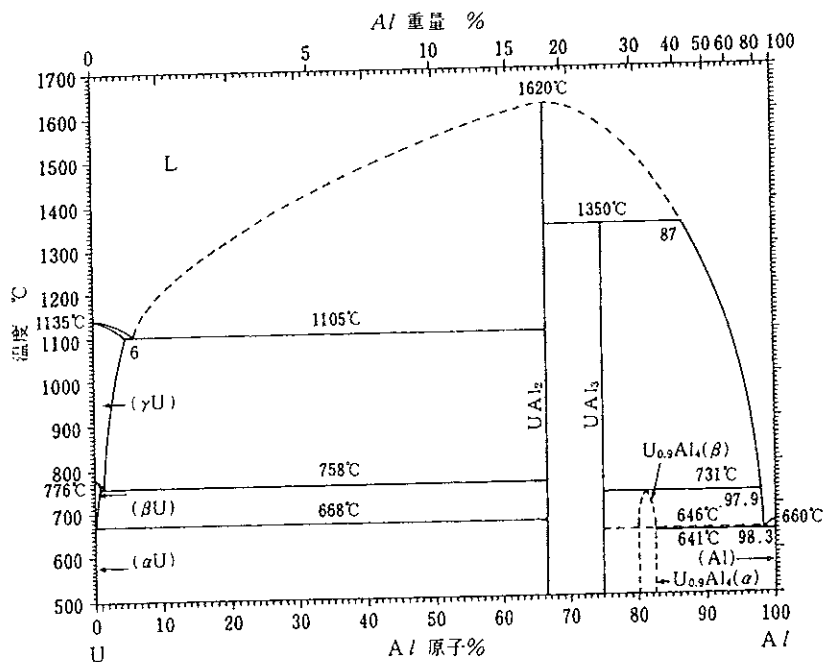
熱伝導率 (W/m-K) : (R) 21.6~21.3, (S) 27.6~43.9, (T) 9.8~3.9, (U) 14.2~23.3
(300 K及び1000 Kの温度における物性値について昇温順に例示した。)

熱膨張係数 (10⁻⁶/K) : (V) 6.0~9.0, (W) 9.0~11.0, (X) 11.0~15.0, (Y) 15.0~20.0
(300 K~1000 Kの温度範囲での物性値の大まかな値を例示した。)

〔空欄完成についての解答例〕 ①~Z

物質名	融点 (°C)	密度 (g/cm ³)	熱伝導率 (W/m-K)	熱膨張係数 (10 ⁻⁶ /K)
UO ₂	①	③	⑥	⑨
U ₃ Si ₂	~1665	④	38 (230°C) ~21 (1000°C)	~15 (20~600°C)
UC	~2510	13.61	⑦	10~11
U	1135	⑤	⑧	⑩
PuO ₂	②	11.46	9.25~3.73 (混合酸化物)	~10.0 (混合酸化物)
ThO ₂	~3390	9.7	14.9~4.4	~9

第4問 以下の状態図を参考にして、U-20原子%Al（アルミニウム）合金を500°Cから1500°Cまでゆっくりと加熱したときの相変化を概説せよ。なお、500°Cでの合金組織は α 相に UAl_3 が分散した多結晶とする。



第5問 核燃料物質に関連して、次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)(3)と(4)(5)は別の答案用紙に記入すること。)

- (1) 燃焼度
 - (2) はじき出し損傷
 - (3) 非相合蒸発
-
- (4) O/M 比再分布
 - (5) 柱状晶領域

第 28 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の取扱いに関する技術

平成 8 年 3 月 8 日

第1問 軽水炉の PWR 燃料及び BWR 燃料について次の間に答えよ。

(1) 次の文章の空欄に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑤ — 東京

UO₂ ペレット製造工程における粉末処理では、 により粉末を微粉化し、粉末の 、、 を高めることにより、グリーンペレットの成形密度を上げる。

(2) UO₂ ペレットは、(長さ)/(直径) 比が一般に 1.0~1.5 で製造されている。このような (長さ)/(直径) 比をとる要因を簡単に述べよ。

(3) UO₂ ペレット端面にチャンファ及びディッシュが設けられているが、それぞれの目的を簡単に説明せよ。

(4) 次の文の空欄に入る適切な語句又は元素記号を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑦ — 東京

被覆管の材質として、BWR では 、PWR では が使われるが、これらの化学成分の違いは、 では を取り除き、 の添加量を増やしたことである。この添加元素以外に、両被覆材とも耐食性向上のため 及び が添加されている。

(5) PWR 燃料棒には、20~30 気圧のヘリウムが加圧封入されているが、その理由を 2 つ簡単に説明せよ。(参考：BWR 燃料棒では 2~3 気圧の加圧がなされている。)

(6) PWR 燃料集合体と BWR 燃料集合体の構造の違いを 3 つ述べよ。(ただし、被覆管の材質とヘリウム圧力の違いは含めない。)

第2問 次の文章は使用済燃料の輸送技術について述べたものである。

(1) 次の文章の空欄に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ①—東京

輸送物は ① と ② を総称したものであり、発電炉の使用済燃料集合体の輸送に一般に用いられる輸送物の種類は法令上 ③ に区分される。③ は重量も大きく、構造も複雑である。輸送中の放熱を行う方式として、④ 冷却方式と ⑤ 冷却方式があり、いずれの冷却方式の ① の表面にも放熱のため、金属製の ⑥ が設けられている。④ 冷却方式の輸送物では、冷却水が ⑦ 線と ⑧ 線の遮蔽も兼ねている。使用済燃料集合体は ⑨ に納められ、① の本体に収納される。蓋と ① の本体のフランジ面には一般に ⑩ 製又は金属製の気密保持Oリングが二重に設けられ、蓋はボルトで固定される。

(2) 輸送物の発送前検査として重要な検査項目を5項目述べよ。

(3) 使用済燃料プール内での装荷・積み下ろしの作業工程における、汚染の拡大防止や作業の効率化の観点からの留意点を1つあげ、合わせてそれに対応する方法を簡単に説明せよ。

第3問 核燃料施設における臨界管理について、次の問に答えよ。

(1) 次の文章中の(イ)～(四)のかっこ部分の中から適切な語句又は数字を選び、記号とともに記せ。

〔解答例〕 (イ) — 東京

- ① 核的制限値とは、臨界管理を行う体系の(イ) (臨界、未臨界) 確保のために臨界因子に対して設定する値である。その設定に当たっては、中性子増倍率が最も(四) (大きく、小さく) なる場合を想定して、十分な安全裕度を見込む。
 - ② ^{235}U 水溶液の最小臨界濃度は ^{239}Pu の最小臨界濃度に対して、およそ(イ) (0.6, 1.0, 1.6, 2.6) 倍である。
 - ③ 溶液系における臨界事故では、放出エネルギーは初期バーストの後、(二) (増加する、一定で継続する、減少する)。
 - ④ 燃焼度クレジットとは、一般に核燃料の燃焼に伴い、中性子増倍率が(四) (増加する、一定である、減少する) ことを考慮することである。
- (2) 単一ユニットにおける核燃料の取扱いの上で、核的制限値を設定する臨界因子を5つ記せ。
- (3) 複数ユニットにおける臨界防止の方法を2つ記せ。
- (4) 使用済燃料の貯蔵施設の設計・燃料管理において、燃焼度クレジットを適用することによる利点及びその適用にあたって注意する点を簡単に述べよ。

第4問 溶媒抽出法による核燃料再処理における①ミキサセトラ、②パルスカラム、③遠心抽出機について次の問に答えよ。

- (1) 各々の機器の原理を述べよ。
- (2) 各々の機器の長所及び短所について述べよ。

第5問 核燃料物質の取扱いに関連して、次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)(3)と(4)(5)は別の答案用紙に記入すること。)

- (1) 再処理における逆抽出(ストリップング)工程
- (2) 高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリアと天然バリア
- (3) バードケージ(Bird Cage)

(4) 被覆粒子燃料(coated particle fuel)

(5) 二酸化ウラン(UO_2)燃料のO/U(酸素/ウラン)比測定法

第 28 回

核燃料取扱主任者試験

放射線の測定及び放射線障害
の防止に関する技術

平成 8 年 3 月 8 日

第1問 $^{239}\text{PuO}_2$ のみを使用する部屋において、空気中に存在する天然のラドンの崩壊生成物 (RaB) の濃度が $5 \times 10^{-5} \text{ Bq/cm}^3$ で、トロンの崩壊生成物 (ThB) の濃度が前者の25分の1であり、これらの値が常に一定であると仮定したとき、次の間に答えよ。ただし、 $^{239}\text{PuO}_2$ に対する放射線業務従事者の呼吸する空気中の濃度限度は $2 \times 10^{-7} \text{ Bq/cm}^3$ である。

- (1) 室内に浮遊する塵埃をろ紙に捕集後、ろ紙を取り外して、放射能測定装置で計測して空気中濃度を評価する場合、空気サンプリング量、計測時間等を考慮した検出下限濃度 (A) Bq/cm^3 はどの程度以下にすべきか。
- (2) サンプリング流量率を 50 l/分 、放射能計測時間を5分としたときの検出下限濃度は $3 \times (A) \text{ Bq/cm}^3$ であった。検出下限濃度を (A) Bq/cm^3 にするためには、
- (イ) サンプリング流量率を変えない場合には、放射能計測時間を何分以上にすればよいか。
- (ロ) 放射能計測時間を変えない場合には、サンプリング流量率を何 l/分 以上にすればよいか。
- (3) 上記(2)の(イ)又は(ロ)の条件で放射能を計測する場合に、ろ紙を取り外した後、RaB及びThBの濃度を検出下限濃度 (A) Bq/cm^3 以下にするために、考慮すればよい減衰時間の程度を計算式で示せ。なお、RaB及びThBの半減期はそれぞれ26.8分及び10.6時間である。また必要ならば次の値を使用してもよい。

$$e^{17} \approx 110 \quad 2^7 = 128 \quad 2^{12} \approx 4000$$

第2問 作業環境における空気中の放射性物質の捕集方法に関し、次の文章中の空欄に入れる適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑪——東京

空気中の放射性物質には、Puや ① のような粒子状の物質と、 ② のような揮発性物質、 ③ を含む水蒸気及び ④ のような希ガスなどのガス状の物質とがあり得る。

したがって、空気試料を採取する場合には、放射性物質の性状によって適切な試料採取方法を選択することが必要となる。

例えば、粒子状の物質に対しては、一般に捕集材として ⑤ を用いたろ過捕集方法が採られる。

揮発性物質に対しては、捕集材として ⑥ を用いた固体捕集方法が採られる。

水蒸気に対しては、捕集材として ⑦ を用いた固体捕集方法、捕集器具として ⑧ を用いた冷却凝縮捕集方法や ⑨ を用いた液体捕集方法の他、 ⑩ を用いた直接捕集方法が採られる。

また、希ガスに対しては、 ⑩ を用いた直接捕集方法が採られる。

第3問 次の各問について、該当するものを1つ選び、その記号を問の番号とともに記せ。

〔解答例〕 (1) --- (c)

(1) ICRP が標準人 (reference man) の作業中 8 時間の総吸入空気量とみなす最も近い値は次のどれか。

- (イ) 10^4 cm^3 (ロ) 10^5 cm^3 (ハ) 10^6 cm^3
(ニ) 10^7 cm^3 (ヒ) 10^8 cm^3

(2) 次の臓器や組織のうち、放射線感受性の最も高いものはどれか。

- (イ) 神経組織 (ロ) リンパ組織 (ハ) 肝臓
(ニ) 眼 (ヒ) 血管

(3) ^{238}U に由来する ^{222}Rn の物理学的半減期は次のどれか。

- (イ) 55 秒 (ロ) 3 分 (ハ) 2.5 日
(ニ) 3.8 日 (ヒ) 1602 年

(4) 次の放射線影響のうち、非確率的 (確定的とも言う) 影響はどれか。

- (イ) 放射線宿酔 (ロ) 肝臓ガン (ハ) 甲状腺ガン
(ニ) 骨肉腫 (ヒ) 白血病

(5) 次の放射線測定技術のうち、プルトニウムによる汚染のモニタリング技術として適当でないものはどれか。

- (イ) ホスウィッチ検出器
(ロ) 液体シンチレーションカウンタ
(ハ) 比例計数管
(ニ) 電離箱
(ヒ) ZnS シンチレーション検出器

(6) 次の検出器のうち、熱中性子の計測に適さないものはどれか。

- (イ) 核分裂電離箱
(ロ) 金箔検出器
(ハ) BF_3 比例計数管
(ニ) CsI (Tl) シンチレーション検出器
(ヒ) ^3He 比例計数管

(7) 次の測定器についての記述のうち、正しいものはどれか。

- (イ) GM 管式サーベイメータは、電離箱式サーベイメータに比べて、エネルギー依存性が小さいので使いやすい。
- (ロ) GM 管式サーベイメータは、 β 線の測定に適しており、X 線や γ 線の測定はできない。
- (ハ) GM 管式サーベイメータは、電離箱式サーベイメータに比べて、感度の方向依存性が強い。
- (ニ) GM 管式サーベイメータは、NaI シンチレーション式サーベイメータに比べて、分解時間が短く γ 線に対する計数効率が高い。
- (ホ) GM 管式サーベイメータは、高線量率場で使用しても計数に異常をきたすことはない。

(8) プルトニウムの汚染空気が吸入摂取された場合、プルトニウムは肺から徐々に他の臓器に移行し沈着するが、その主要な臓器の一つは次のどれか。

- (イ) 肝臓
- (ロ) 甲状腺
- (ハ) 腎臓
- (ニ) 小腸
- (ホ) 脾臓

(9) 放射性ヨウ素 (I_2) が体内に摂取された場合に、放射性ヨウ素が沈着する主要な臓器は次のどれか。

- (イ) 肝臓
- (ロ) 甲状腺
- (ハ) 腎臓
- (ニ) 小腸
- (ホ) 脾臓

(10) ^{60}Co の生物学的半減期は 9.5 日であるが、 ^{60}Co の有効半減期に最も近いものは次のどれか。

- (イ) 9.5 日
- (ロ) 60 日
- (ハ) 120 日
- (ニ) 1.2 年
- (ホ) 5.2 年

第4問 次の文章中の空欄に入る適切な語句等を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ①——東京

- (1) 放射線防護の目的で、被ばくの影響をすべての放射線に対し共通の尺度で評価するために用いられる線量当量は、吸収線量、及び修正係数の積として定義される。
- (2) 一般に分裂細胞を含む生体組織は、それを含まない組織よりも放射線感受性がい。
- (3) 染色体突然変異は、小線量のときにはまれにしか起こらず、また大きな染色体異常は細胞の死を招く。従って、将来の世代まで影響するのは主に、突然変異である。
- (4) 放射線が生体に照射されるとき、酸素分圧が生物学的最終効果に影響を与える場合、が働いたといわれる。その特徴としては、低酸素では効果がすること、アルファ線のような高 LET 放射線では効果がすることなどがあげられる。
- (5) プルトニウムによって汚染された空気を吸入摂取した場合、プルトニウム粒子の一部は気管—気管支や肺胞部の内壁に沈着する。気管—気管支に付着した粒子は、セン毛の働きによって上部に運ばれ、に移行し、ほとんど吸収されることなく体外に排泄される。しかし、肺胞部に付着した粒子は、が遅く、そのため、肺の被ばく線量が問題となる。
- (6) 放射線照射によって突然変異誘発率を自然の2倍に高めるのに要する線量をという。その線量は生物の種によって。

第5問 放射線防護に関連して、次の事項を簡単に説明せよ。

- (1) 体内侵入経路
- (2) 誘導空気中濃度 (DAC)
- (3) 造血器官の放射線障害
- (4) 検出下限計数率
- (5) しきい線量

第 29 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質に関する法令

平成 9 年 3 月 6 日

第1問 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下、「原子炉等規制法」という。）に関連する法令に関して、次の文章中の空欄に適切な語句又は数値を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ②——東 京

- (1) 原子炉等規制法の目的は、 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 の目的に限られ、かつ、これらの利用が に行われることを確保するとともに、これらによる 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、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を行うことなどである。
- (2) 再処理事業者は、総理府令で定めるところにより、再処理施設の に着手する前に、再処理施設の について内閣総理大臣の認可を受けなければならない。
- (3) 核燃料取扱主任者は、加工の事業における核燃料物質の取扱いに関し、 その職務を遂行しなければならない。
- (4) 内閣総理大臣は、核燃料物質による のため必要があると認めるときは、加工事業者に対して、保安規定の を命ずることができる。
- (5) 加工事業者及びその従業者は、保安規定を なければならない。
- (6) 再処理施設の「管理区域」とは、再処理施設の場所であって、その場所における外部放射線に係る が科学技術庁長官（以下、「長官」という。）の定める を超え、空气中の放射性物質の が長官の定める を超え、又は放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度が長官の定める密度を超えるおそれのあるものをいう。
- (7) 管理区域内の人の触れるおそれのある物であって放射性物質によって汚染されたものに係る放射性物質の表面密度限度は、アルファ線を放出する放射性物質については ベクレル毎平方センチメートル、アルファ線を放出しない放射性物質については ベクレル毎平方センチメートルである。
- (8) 六ふっ化ウランの加熱容器その他の総理府令で定める加工施設であって溶接をするものについては、総理府令で定めるところにより、その溶接について の検査を受け、これに した後でなければ、加工事業者はこれを使用してはならない。

(9) 製錬事業者、加工事業者、原子炉設置者、外国原子力船運航者、再処理事業者、廃棄事業者及び使用者並びにこれらの者から運搬又は保管を委託された者は、その所持する核燃料物質について盗取、所在不明その他の事故が生じたときは、遅滞なく、その旨を ⑰ 又は ⑱ に届け出なければならない。

(10) 内閣総理大臣は、加工施設の保全若しくは加工設備の操作又は核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物の運搬、貯蔵若しくは廃棄に関する措置が原子炉等規制法第 21 条の 2 第 1 項の規定に基づく総理府令の規定に ⑲ していると認めるときは、加工事業者に対し、加工施設の使用の停止、改造、修理又は移転、加工設備の操作の方法の指定その他 ⑳ のために必要な措置を命ずることができる。

第2問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」及びこれに関連する法令に基づき加工事業者が講じなければならない措置に関して次の問に答えよ。

- (1) 加工事業者が核燃料物質の貯蔵に関して採らなければならない措置について、次の文章の空欄に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑩——日本の首都

- 1 核燃料物質の貯蔵は貯蔵施設において行うこと。
 - 2 貯蔵施設の目につきやすい場所に、を掲示すること。
 - 3 核燃料物質の貯蔵に従事する者以外の者が貯蔵施設に立ち入る場合は、に従わせること。
 - 4 核燃料物質の貯蔵は、いかなる場合においても、おそれがないように行うこと。
 - 5 六ふつ化ウランの貯蔵は、おそれがない構造の容器に封入して行うこと。
- (2) 加工事業者が、加工施設を設置した工場又は事業所内の核燃料物質等の運搬に関し、採らなければならない措置について、次の文章の空欄に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑩——日本の首都

- 1 運搬物の運搬機器への積付けは、おそれがないように行うこと。
 - 2 核燃料物質等は、同一の運搬機器に長官の定めると混載しないこと。
 - 3 運搬物の運搬経路においては、の方法により、運搬に従事する者以外の者及び運搬に使用する車両以外の車両の立入りを制限すること。
 - 4 車両により運搬物を運搬する場合は、とともに、運搬行程の長い場合によっては、保安のため他の車両を伴走させること。
 - 5 を同行させ、保安のため必要な監督を行わせること。
- (3) 加工事業者が保安規定において定めるべき事項について、総理府令に従って列挙せよ。

第3問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」及びこれに関連する法令に基づき、再処理事業者が保安のために講ずべき措置に関して、次の問に答えよ。

- (1) 再処理事業者が定期自主検査に関する措置として採らなければならない措置を3項目挙げよ。
- (2) 再処理事業者が、再処理施設を設置した工場又は事業所において、固体状の放射性廃棄物を廃棄する方法を3つ挙げよ。
- (3) 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」及び「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」に基づき、再処理事業者が、その旨を直ちに、その状況及びそれに対する処置を10日以内に科学技術庁長官に報告しなければならない項目を5項目記せ。

第4問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく廃棄の事業に関して、次の問に答えよ。

- (1) 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の廃棄物埋設の事業に関する規則第8条第2項第4号において、「廃棄体に係る技術上の基準」の一つとして、「廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質として長官の定める物質を含まないこと」が規定されている。核燃料物質等の埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示第5条において規定されている「長官の定める物質」を全て記せ。
- (2) 次の文章は、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の廃棄物管理の事業に関する規則第31条において定められている、廃棄物管理事業者が採らなければならない廃棄物管理設備の操作に関する事項に関する文章である。文章の空欄の部分に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ④——東京

- (i) の場合に採るべき処置を定め、これを操作員に守らせること。
- (ii) 設備、 測定器及び非常用設備は、常にこれらの機能を発揮できる状態に維持しておくこと。

(3) 次の記載内容について法令上違反しているか否かを答えよ。また、違反している場合にはその理由を述べよ。

- (i) 廃棄物管理事業者が、警報装置、非常用電源装置その他の非常用装置について、当該装置の各部分ごとの当該作動のための性能検査を1月ごとに、当該装置全体の当該作動のための総合検査を1年ごとに行っている。
- (ii) 廃棄物埋設事業者が、毎月1回、廃棄物埋設施設の保全に従事する者に廃棄物埋設施設について巡視及び点検を行わせている。

第5問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物を工場等の外において運搬する場合について、次の文章の空欄の部分に入る適切な数値又は語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ㉑ — 東京

(1) 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物（以下本問において「核燃料物質等」という。）は、その区分に応じ、それぞれ次の種類の核燃料輸送物として運搬しなければならない。
(イ) 危険性が極めて少ない核燃料物質等として科学技術庁長官（以下本問において「長官」という。）の定めるもの 型輸送物

(ロ) 長官の定める量を超えない量の放射能を有する核燃料物質等（(イ)のものを除く。）

型輸送物

(ハ) 長官の定める量を超える量の放射能を有する核燃料物質等（(イ)のものを除く。）

型輸送物又は 型輸送物

ただし、これらの規定にかかわらず、放射能濃度が低い核燃料物質等であって危険性が少ないものとして長官の定めるもの（ という。）及び核燃料物質等によって表面が汚染された物であって危険性が少ないものとして長官の定めるもの（ という。）は、長官の定める区分に応じ、 型輸送物、 型輸送物又は 型輸送物として運搬することができる。

また、 物質（ウラン 233、ウラン 235、プルトニウム 238、プルトニウム 239、プルトニウム 241 及びこれらの化合物並びにこれらの 1 又は 2 以上を含む核燃料物質（長官の定めるものを除く。）をいう。）を運搬する場合には、 輸送物に係る技術上の基準に適合しなければならない。

(2) 製錬事業者、加工事業者、原子炉設置者、外国原子力船運航者、再処理事業者、廃棄事業者及び使用者（以下本問において「事業者等」という。）並びに事業者等から運搬の委託を受けた者は、危険時の措置として、以下に掲げる応急の措置を講じなければならない。

(イ) 核燃料輸送物に火災が起こり、又は核燃料輸送物に延焼するおそれのある火災が起こった場合は、火災の消火又は延焼の防止に努めるとともに、直ちにその旨を に通報すること。

(ロ) 核燃料輸送物を他の場所に移す余裕がある場合には、必要に応じてこれを安全な場所に移し、その場所の周囲には縄を張り、 等を設け、及び を配置することにより、関係者以外の者が立ち入ることを禁止すること。

(ハ) の発生を防止するため必要がある場合には、運搬に従事する者及び付近にいる者に するよう警告すること。

- (ニ) 核燃料物質等による ⑮ が生じた場合には、速やかに、⑮ の広がり の防止及び ⑮ の除去を行うこと。
- (ホ) ⑭ を受けた者又は受けたおそれのある者がいる場合には、速やかに、その者を ⑰ し、⑱ させる等緊急の措置を講ずること。
- (ヘ) その他 ⑭ を防止するために必要な措置を講ずること。

(3) 「核燃料物質等の工場又は事業場の外における運搬に関する規則」において、「専用積載」とは、鉄道等の車両、自動車、軽車両又は一定以上の大きさのコンテナが一の ⑲ によって専用され、かつ、運搬する物の積み込み及び取卸しが ⑲ 又は ⑲ の指示によって行われる積載の方法をいう。

(4) 「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59条の2第5項の規定による核燃料物質等の運搬の届出をして、運搬証明書の交付を受けようとする者は、運搬届出書を当該運搬の経路である区域を管轄する ⑳ に提出しなければならない。この届出に係る運搬の経路が2以上の ㉑ の管轄する区域にわたる場合には、当該核燃料物質等の発送地を管轄する ㉑ 以外の ㉑ に対する運搬届出書の提出は、発送地を管轄する ㉑ を経由してしなければならない。

第 29 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の化学的性質
及び物理的性質

平成 9 年 3 月 6 日

第1問 以下の(1)~(5)の間に答えよ。但し(3)~(5)について、解答を化学式で記せ。

- (1) 鉱石からのウランの浸出には酸浸出とアルカリ浸出の2つの方法がある。酸浸出に使われる酸はふつう何か。また、アルカリ浸出に使われる化合物は何か。
- (2) アルカリ浸出液中にはウラン以外の金属不純物はあまり含まれていないが、酸浸出液中には、鉄、モリブデン、バナジウム、アルミニウム、リンなどの不純物が相当量含まれていることがある。不純物を除去するために使われる主な方法を2つ記せ。
- (3) 二酸化ウランには不定比性がある。不定比二酸化ウラン UO_{2+x} は温度が高くても x の値が大きくなると UO_{2+x} と A 相との2相混合物になる。さらに高温となり ($1123^{\circ}C$ 以上)、また x の値も 0.25 以上に大きくなると UO_{2+x} と B 相との混合物になる。A 相と B 相の化合物を記せ。
- (4) ウラン-酸素系で最も O/U 比の大きな固体化合物は C である。プルトニウム-酸素系で最も O/Pu 比の大きな固体化合物は D である。C と D の化合物を記せ。
- (5) 二酸化ウランはいろいろなガスと反応して異なる化合物になる。二酸化ウランを酸素雰囲気中 $800^{\circ}C$ に加熱すれば E に変わる。また、フッ化水素と $700^{\circ}C$ に加熱すれば F が得られる。化合物 E と F とを記せ。

第2問 二酸化ウラン燃料及び軽水炉用 MOX 燃料の燃焼に伴う FP ガス放出に関して以下の間に簡潔に答えよ。

- (1) 燃焼の際の FP ガス放出率は、通常どれ位か。
- (2) 放出された FP ガスは燃料挙動にどのような影響を与えるか。
- (3) 燃焼率と不定比性が FP ガス放出率に及ぼす影響について記せ。

第3問 現在使われている軽水炉用燃料または被覆管の改良方法として、下記に示す(1)~(4)の提案がなされている。それぞれの提案の改良方法とその効果について簡潔に説明せよ。

- (1) 中空ペレット
- (2) 添加物入りペレット
- (3) Duplex ペレット
- (4) ジルコニア内張り被覆管

第4問 次の文章の空欄の部分に適切な語句、数字または数式を番号とともに記せ。ただし二酸化ウランの格子定数を a とする。

定比二酸化ウランの結晶構造は螢石型構造で、その単位胞にはウラン原子（質量を M とする）が ① 個、酸素原子（質量を m とする）が ② 個存在する。 N を ③ とすれば、定比二酸化ウランの密度は式 ④ で与えられる。

二酸化ウランには定比組成以外に、酸素が過剰な ⑤ 二酸化ウラン ($UO_{2+x}; x > 0$) と、酸素不足の ⑥ 二酸化ウラン ($UO_{2-x}; x > 0$) がある。これら二酸化ウランの欠陥構造を決定する方法の一つとして、密度の組成依存性を利用する方法がある。⑤ 二酸化ウランでは、酸素が ⑦ として存在すると考えられるので、 UO_{2+x} の密度は、式 ⑧ で表現される。一方、酸素不足の ⑥ 二酸化ウランの欠陥構造は ⑨ と考えられ、その密度は式 ⑩ で表せる。従って、二酸化ウランの格子定数ならびに x から計算される理論密度と実測値とを比較することで、その欠陥構造を決定することが可能となる。

第5問 核燃料に関連して、次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)と(3)(4)(5)は別の答案用紙に記入すること。)

(1) ネプツニウム

(2) ジルカロイ

(3) リム効果

(4) 可燃吸収体

(5) スエリング

第 29 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の取扱いに関する技術

平成 9 年 3 月 7 日

第1問 次の文章中の空欄に記入すべき核種を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑪ — ^{235}U

- (1) プルトニウムを大量に取り扱う場合、作業者の外部被ばくの原因となる主な放射線は、 ^{241}Pu の娘核種である ① 及び ② から放出される γ 線並びにプルトニウム同位体から放出される中性子線である。
- (2) プルトニウム同位体から放出される中性子は、③, ^{239}Pu , ^{240}Pu 及び ④ の自発性核分裂によって生じるもの並びにこれらの核種からの α 線と軽元素の (α , n) 反応によって生じるものがある。
- (3) ネプツニウム同位体の中で、 2.14×10^6 年の長半減期を持つ ⑤ は α 崩壊核種であるが、その娘核種である ⑥ と放射平衡を形成する。この ⑥ は約27日の短半減期であり、比較的エネルギーの強い γ 線を放出するのが特徴である。
- (4) 周期律表のそれぞれ第I族の元素である ⑦ 及び第II族の元素である ⑧ は、長い崩壊期間後のFPの放射能レベルを決定するに当たって重要な核種である。有機溶媒中のこれらの溶解度は極めて低いので、水溶液を用いる湿式処理により容易にウランと分離される。
- (5) 周期律表の第VI族の元素である ⑨ は、冷却期間が極めて短い場合にのみ、かなりの放射能として存在する。⑨ の崩壊娘核種で 2.13×10^5 年の半減期を持つ第VII族の ⑩ は、貯蔵された廃棄物中において長期間にわたる放射能に寄与する。また、⑩ は、地層媒質中におけるFPの長期にわたる移行においても重要な核種である。

第2問 高速炉用ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料（MOX燃料）に関して次の問に答えよ。

- (1) 高速炉用 MOX 燃料の炉内使用条件については軽水炉用 UO_2 燃料と比較して、高速中性子束環境下で用いられるほか、幾つかの異なった点がある。それらについて4点挙げよ。
- (2) 高速炉用 MOX 燃料の製造に当たって、軽水炉用 UO_2 燃料の製造と比較した場合に、留意すべき点を4点挙げよ。
- (3) 消滅処理を目的として、高速炉用 MOX 燃料にアメリシウム（Am）酸化物を添加した燃料を用いる場合、燃料設計において留意すべき点を2点挙げよ。

第3問 次の(1)~(10)の文章について、正しいものには○、誤っているものには×をつけ、誤りの場合にはその理由を簡単に述べよ。

- (1) プルトニウム粉末を取り扱うグローブボックスにおいて、日常点検を最も頻繁に行う必要がある箇所は操作の際の視界を確保するための窓板である。
- (2) 核燃料施設の臨界管理においては、個々の機器について単一ユニットとしての臨界安全管理を完全に実施していれば、機器が複数個配置されているときの複数ユニットとしても臨界管理は十分にできている。
- (3) 溶液系での臨界事故では、一般に反応が始まると急激に反応が増幅され、衝撃波を伴う爆発が生じるので、プルトニウム貯槽及び建物の設計においては爆発を考慮した構造にしなければならない。
- (4) 最小臨界質量は、金属ウランの場合が、ウラン水溶液の場合より小さいので、ウランを溶液として取り扱う施設でも、金属ウランとして臨界質量を把握しておく方が安全側の評価となる。
- (5) 使用済燃料の湿式再処理において、硝酸プルトニウム溶液の濃縮工程の前に希釈剤で硝酸プルトニウム溶液を洗浄するのは、プルトニウム製品中の有機物を除去し燃料として使用する際の炭素含有率を下げるためである。
- (6) 核的制限値の維持・管理については、起こるとは考えられない異常が万一起こったとしても、相互に関連する2つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないようにする。
- (7) プルトニウムを取り扱うグローブボックスは、閉じ込め機能を確保するため全体としてリーク率が1時間につき0.1体積%以下の気密性を有するようにし、ボックス内は室内に対し、常時約30 mm水柱の負圧に保つようになっている。
- (8) 原子炉施設の運転等に伴って発生する低レベル放射性廃棄物を、人工構築物を設置した廃棄物埋設施設に埋設する場合、放射能の減衰に応じて管理の内容を段階的に変更していくことができ、最終的には管理を必要としなくなる。
- (9) 臨界管理のため、ウラン燃料加工施設では主に質量管理が採用されるのに対して、プルトニウム燃料加工施設では形状寸法管理が中心となる。
- (10) ウランの核分裂とともに2~3個放出される分裂中性子は、体系中の物質を通過していく途中で減速する。この減速中の中性子が ^{235}U に吸収されることにより天然ウランの塊でも核分裂連鎖反応が持続する。

第4問 次の文章中の空欄の部分に入れるべき語句または数値を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ㉑——核燃料

(1) 軽水炉燃料のビューレックス法湿式再処理では、使用済燃料は小片にせん断し、溶解工程で ㉒ により溶解され、被覆管が溶け残る。この被覆廃材を一般的に ㉓ という。溶解液にはウラン、プルトニウム及び核分裂生成物が溶存しており、抽出工程でウラン (㉔ 価) 及びプルトニウム (㉕ 価) は、抽出剤 (㉖) を希釈剤 (n-ドデカン又はケロシン) に約 ㉗ % の割合で溶かした有機溶媒に抽出し、核分裂生成物の大部分は水相中に残留する。これを ㉘ 工程という。

プルトニウムとウランを分離するためには、プルトニウムを ㉙ 価に還元して、分配係数の差によりウランは ㉚ 相に、プルトニウムは ㉛ 相に分離する。

(2) 使用済燃料の再処理から発生した高レベル放射性廃液は、一般に放射性核種の保持能力が比較的高く、長期にわたって放射性物質を閉じ込めておく能力に優れる ㉜ ガラスと溶融してガラス固化される。溶融炉からのガラスはステンレス製の容器 (㉝ という) に流下させ固化する。

このガラス固化体は、一般的には ㉞ 検査、㉟ 検査、及び外観・形状 (寸法)・重量検査等をした後、中間貯蔵される。

なお、この他に高レベル放射性廃液を人工鉱物と固化する ㊱ 固化の研究も行われている。

(3) ガラス固化体を地下数百メートルに地層処分する場合には、固化体を鋼鉄等の ㊲ で包み、その回りを ㊳ と呼ぶ粘土質の緩衝材で覆う。これらを総称して ㊴ という。さらにそのまわりは ㊵ で構成されているので、たとえガラス固化体から放射性物質が浸出しても、人間環境に運ばれることを抑制する仕組みになっている。この仕組みを ㊶ という。

第5問 核燃料物質の取扱いに関連して次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)(3)と(4)(5)は別の
答案用紙に記入すること。)

(1) イエローケーキ

(2) マイクロ波加熱直接脱硝法

(3) B型輸送物の特別の試験条件

(4) 物質収支区域 (MBA ; Material Balance Area) と主要測定点 (KMP ; Key Measurement Point)

(5) 放射性廃液のアスファルト固化とセメント固化

第 29 回

核燃料取扱主任者試験

放射線の測定及び放射線障害
の防止に関する技術

平成 9 年 3 月 7 日

第1問 作業室内の空気が ^3H （水蒸気状）、 ^{60}Co （粒子状）及び ^{137}Cs （粒子状）で均一に汚染している。それぞれの空气中放射能濃度が 7×10^{-2} 、 4×10^{-4} 及び $1 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$ で、作業者が防塵用半面マスク（以下「マスク」という。）を着用して作業する時、下記の問題に答えよ。

ただし、 ^3H 、 ^{60}Co 及び ^{137}Cs の濃度限度（放射線業務従事者の呼吸する空气中の放射性物質の濃度限度）は、それぞれ 7×10^{-1} 、 4×10^{-4} 及び $2 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$ とする。

(1) ^3H 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs に対するマスク装着時の総合的な防護効率（％）は、それぞれ何程と考えたらよいか。次の数値から適当なものを選択せよ。

0％、 10％、 50％、 90％、 100％

(2) (1)の場合に、作業者が呼吸する各核種の放射能濃度は、それぞれいくらか。

(3) 作業者が呼吸する各核種の濃度のそれぞれの核種の濃度限度に対する割合の和はいくらか。

(4) 作業者が10時間作業した場合の内部被ばくによる実効線量当量は何ミリシーベルトか。ただし、作業者が濃度限度の空気を1週間（50時間）呼吸することにより、1ミリシーベルトの実効線量当量の放射線に被ばくすることに相当するものとして計算せよ。

第2問 放射線のエネルギー測定に関し、次の文章の空欄に入る適当な語句を下記の(イ)~(ク)の中から
 選び番号とともに記せ。但し、同じ語句を繰り返し使用しても良い。

〔解答例〕 ②——(イ)

(1) α 線のエネルギー測定では、試料をできるだけ ① する必要がある。試料を
 ② すると、 α 線が試料の内部から表面に出るまでにエネルギーを失うから、
 ③ スペクトルであったものが大きく広がり、かつ ④ エネルギー側にずれた形
 になってしまう。

α 線のエネルギー測定に用いる検出器としては、⑤ や ⑥ が使用しやすく、
 実用的である。

(2) β 線のエネルギー測定では、 β 線のスペクトルは ⑦ であるから、通常は ⑧
 エネルギーに着目して測定される。

⑧ エネルギーを測定する簡便な方法としては、種々の厚さの ⑨ 吸収板を用
 いて、 β 線の ⑩ 曲線を求め、 β 線の最大飛程を決定し、最大飛程とエネルギーとの関
 係から、エネルギーを決定するフェザー法がよく用いられる。

(3) γ 線のエネルギー測定では、一般にスペクトル分析法が用いられ、得られた波高分布曲線の
 ⑪ によるピークの ⑫ からエネルギーを決定する。

γ 線のエネルギー測定に用いる検出器としては、一般に、⑬ や ⑭ が実用的
 であるが、⑮ の試料や多数の ⑯ スペクトルを持つ核種が含まれている試料を
 測定する場合には、⑰ の優れた ⑱ の方が適している。また、低エネルギーの
 γ 線や ⑲ のエネルギーを測定する場合には、⑳ または㉑ 等が用いら
 れる。

- 語句：(イ) NaI (Tl) シンチレーション検出器 (ロ) ZnS (Ag) シンチレーション検出器
 (ハ) 薄いGe半導体検出器 (ニ) グリッド付パルス電離箱
 (ヘ) Ge半導体検出器 (ホ) 表面障壁型Si半導体検出器
 (ト) Si半導体検出器 (チ) 厚く
 (リ) 薄く (ス) Al (ク) Fe (ケ) Pb
 (ワ) 線 (カ) 連続 (コ) α 線 (ク) β 線
 (レ) 特性X線 (シ) 吸収(減弱) (ツ) 散乱(反射) (セ) 最大
 (フ) 最少 (ソ) 高い (タ) 低い (テ) 単一核種
 (ニ) 混合核種 (ト) エネルギー分解能 (チ) 検出感度
 (リ) 計数効率 (ニ) 計数率 (ク) 波高値(チャンネル数)
 (ケ) 光電効果 (ク) コンプトン散乱

第3問 次の文章の記述について、正しいものには○印、誤っているものには×印をつけ、誤りを指摘し、誤りを正せ。

- (1) 粉末状のプルトニウムを取扱い中に、誤ってプルトニウムを体内に摂取するおそれがある経路としては、鼻（口）からの吸入、口からの摂取、傷口からの侵入が考えられる。
- (2) 作業者が放射性物質を体内に摂取したおそれがあるとき、摂取した核種が ^3H 、 ^{238}U 、 ^{239}Pu の場合にはバイオアッセイ法、 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs の場合には体外計測法を適用し、摂取量及び線量当量を評価する。
- (3) 放射性物質をフード内で取り扱う場合、フードの窓開口部の面速（風速）が遅いと、放射性物質がフードから室内に逆流するおそれがあるので、面速は速いほどよい。
- (4) 臨界警報装置の備えるべき性能としては、高レベルの放射線に耐えること、警報音は他の装置の警報音と違えること、誤警報防止のために2 out of 3方式をとること、時定数を長くすること等があげられる。
- (5) 放射性液体廃棄物の処理方法には、(a) イオン交換樹脂法、(b) 凝集沈殿法、(c) 蒸発濃縮法等があるが、廃液処理の除染係数は(a) < (b) < (c)である。
- (6) 実験室内に床汚染が発生していないか定期的に確認する方法には、スミヤ法（拭き取り法）がある。この方法におけるチェックポイントとしては、フード前の床、フードから実験室出入口までの通路、実験室出入口の床等があげられる。
- (7) 分解時間が $150\ \mu\text{s}$ の放射能測定装置で試料を計測した場合の計数率が20,000 cpmのとき、数え落としの割合は、およそ1%である。
- (8) γ 線源からの外部被ばくの防護対策として、
 - (a) 遮へいをする
 - (b) 距離をとる
 - (c) 時間を短くするのいわゆる3原則があげられるが、最も重要視すべき方法は(c)の方法である。
- (9) 粉末状のウランを取り扱う作業室で、ろ紙で空気中の塵埃を捕集し、空气中放射能濃度を評価する際、取りはずしたろ紙は捕集された核種が減衰しないうちに測定する必要がある、測定は取りはずし後できるだけ早い方がよい。
- (10) 放射能測定装置の計数回路として用いられる同時計数とは、信号が2個の検出器に同時に入力した時にだけ計数が行われ、逆同時計数とは信号が2つの検出器に同時に入力した時には計数せず、どちらか一方の検出器に入力した時にだけ計数するようにしたものである。

第4問 次の文章中の空欄に入る適切な語句又は数字を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑪——広島

- (1) LD₅₀は放射線感受性を表す指標で、線量という。LD₅₀の放射線被ばくによって人間は一定期間(30日)以内に、50%がする。
- (2) ヒトが全身被ばくした場合、被ばく線量によって様々な身体的影響(急性障害)が現れるがGy以下では臨床的な症状は観察されない。
- (3) 骨の中の赤色が被ばくすると白血病が誘発される。白血病のリスク係数は $2 \times 10^{-3} \text{Sv}^{-1}$ といわれ、50 mSvの被ばくによって人当たり1人の白血病が誘発されると考えられる。
- (4) 放射性核種の中には体の中に入ったときに骨に集まる性質をもった元素があり、元素と呼ばれる。このような元素であるCa, Sr, Ra, U, Puの中で骨に沈着したときの生物学的半減期が最も短い元素はである。
- (5) プルトニウムの微粒子を吸入摂取した場合、微粒子は呼吸気道、すなわち鼻腔、咽喉頭部、気管、気管支、細気管支、肺胞部に付着し、微粒子のによって周辺の細胞が被ばくを受ける。しかし、気道上部に付着した微粒子は気道内壁の繊毛の働きなどによって短期間でされるため、被ばく線量への寄与は少ない。
- (6) 白内障は放射線被ばくによって引き起こされる疾病の一つであるが、発症までの潜伏期間の長さは被ばくする期間にほとんど無関係である。このような現象を依存性が無いという。

第5問 放射線防護に関連する次の事項について、簡単に説明せよ。

(1) 表面汚染の拭き取り効率

(2) 1 cm 線量当量率定数

(3) 確率的影響

(4) 濃縮係数

(5) 放射性ヨウ素

第 30 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質に関する法令

平成10年3月5日

第1問 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下、「原子炉等規制法」という。）及びこれに関連する法令に関する次の(1)～(10)の文章について、解答例にならって、その内容が正しいものには○印を、誤っているものには×印を記し誤っている部分を訂正せよ。

〔解答例1〕 問題(1) 日本の首都は東京である。

解答(1) ○

〔解答例2〕 問題(2) 日本の国会は衆議院及び貴族院によって構成される。

解答(2) × 貴族院によって → 参議院によって

- (1) 原子炉等規制法の目的は、原子力基本法の本質にのっとり、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の利用が平和の目的に限られ、かつ、これらの利用が民主的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、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を行うことなどである。
- (2) 加工事業者は、核燃料物質の使用に関して指導、助言を行わせるため、核燃料取扱主任者免状を有する者のうちから、核燃料取扱主任者を選任しなければならない。
- (3) 再処理事業者は、原子炉等規制法第45条第1項に基づく設計及び工事方法の認可を受けた再処理施設について、設計及び工事の方法を変更するときは、総理府令で定めるところにより、内閣総理大臣の認可を受けなければならない。ただし、その変更が安全上問題ないと考えられるときは、この限りではない。
- (4) 廃棄物施設事業者は、廃棄物施設を行う場合においては、その廃棄物施設及びこれに関する保安のための措置が総理府令で定める技術上の基準に適合することについて、総理府令で定めるところにより、自主検査を行わなければならない。
- (5) 廃棄物施設事業者からその設置した廃棄物施設地又は廃棄物施設地を含む一体としての施設を譲り受けた者は、政令で定めるところにより、譲り受けの日から30日以内に、その旨を内閣総理大臣に届け出なければならない。
- (6) 再処理事業者は、総理府令で定めるところにより、再処理施設のうち政令で定めるものの性能について、毎年1回定期自主検査を実施しなければならない。
- (7) 周辺監視区域は、管理区域の周辺の区域であって、当該区域の外側のいかなる場所においてもその場所における線量当量が、科学技術庁長官の定める線量当量限度を超えるおそれのないものをいう。

- (8) 再処理事業者は、再処理施設を解体しようとするときは、総理府令で定めるところにより、あらかじめ内閣総理大臣に届け出なければならない。
- (9) 製錬事業者、加工事業者、原子炉設置者、外国原子力船運航者、再処理事業者、廃棄事業者及び使用者並びにこれらの者から運搬又は保管を委託された者は、その所持する核燃料物質について、盗取、所在不明その他の事故が生じたときは、遅滞なく、その旨を警察官及び消防吏員に通報しなければならない。
- (10) 再処理事業者は、再処理施設の使用計画を作成し、使用開始の予定の日の属する年度（毎年4月1日からその翌年の3月31日までをいう。）以後毎年度、当該年度の4月1日を始期とする3年間の使用計画を当該年度の前年度の1月31日までに、内閣総理大臣に届け出なければならない。

第2問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」及びこれに関連する法令に基づき、加工の事業の実施に関する記録について、次の文章及び表の空欄をうめて完成させよ。

〔解答例〕 ⑰ - 日本の首都

(1) 加工事業者は、総理府令で定めるところにより、加工の事業の実施に関し総理府令で定める事項を記録し、これを ① に ② しなければならない。

(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21条の規定による記録は、③ ごとに、次表の左の欄に掲げる次項について、それぞれ同表中欄に掲げるところに従って記録し、それぞれ同表の右の欄に掲げる期間これを保存しておかななければならない。

記 録 事 項	記録すべき場合	保 存 期 間
1 加工施設の検査記録		
イ 法第16条の3第1項の規定による施設検査	検査のつど	③
ロ 保安規定に定める ④ の検査記録	検査のつど	同一事項に関する次の検査のときまでの期間
2 放射線管理記録		
イ 放射性廃棄物の排気口又は排気監視設備及び排水口又は排水監視設備における放射性物質の1日間及び3月間についての平均濃度	1日間の平均濃度にあつては ⑤ , 3月間の平均濃度にあつては ⑥	10年間
ロ 管理区域及び周辺監視区域における ⑦ 並びに管理区域における ⑧ 及び放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度	毎週1回	10年間
ハ (略)		
ニ (略)		

<p>ホ 工場又は事業所の外において 運搬した <input type="text" value="⑨"/> <input type="text"/> , その運搬に使用した 容器の種類並びにその運搬の日 時及び経路</p>	<p>運搬のつど</p>	<p><input type="text" value="⑩"/></p>
<p>ヘ 廃棄施設に廃棄し、又は海洋 に投棄した放射性廃棄物の種 類、当該放射性廃棄物に含まれ る <input type="text" value="⑪"/> , 当該 放射性廃棄物を容器に封入し、 又は容器に固型化した場合には <input type="text" value="⑫"/> 並びにそ の廃棄の日時、場所及び方法</p>	<p>廃棄のつど</p>	<p>加工事業の廃止までの期 間</p>
<p>ト 放射性廃棄物を容器に封入 し、又は容器に固型化した場合 には、その方法</p>	<p><input type="text" value="⑬"/></p>	<p>加工事業の廃止までの期 間</p>
<p>3 操作記録</p>		
<p>イ 保安規定に定める <input type="text" value="⑭"/> <input type="text"/> への核燃料物質の 種類別の挿入量</p>	<p>挿入のつど (連続式にあっ ては連続して)</p>	<p>1年間</p>
<p>ロ 保安規定に定める <input type="text" value="⑭"/> <input type="text"/> における温度、圧 力及び流量の値</p>	<p>連続して</p>	<p>1年間</p>
<p>ハ (略)</p>		
<p>ニ (略)</p>		
<p>4 保守記録</p>		
<p>イ 加工施設の <input type="text" value="⑮"/> <input type="text"/> 並びにその担当者の 氏名</p>	<p><input type="text" value="⑯"/></p>	<p>1年間</p>
<p>ロ 加工施設の修理の状況及びそ の担当者の氏名</p>	<p>修理のつど</p>	<p>1年間</p>
<p>5 加工施設の事故記録 (略)</p>		
<p>6 気象記録 (略)</p>		

第3問 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」及びこれに関連する法律に基づき、再処理事業者が講ずべき措置等に関して、次の問に答えよ。

(1) 再処理設備の操作に関し、再処理事業者が採らなければならない措置について、次の①から⑤の空欄に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ① — 日本 の 首都

- 1 使用済燃料の再処理は、いかなる場合においても、 が
ないように行うこと。
- 2 再処理設備の操作に必要な知識を有する者に行わせること。
- 3 再処理設備の操作に必要な構成人員がそろっているときでなければ操作を行わせないこ
と。
- 4 操作開始に先立って確認すべき事項、操作に必要な事項及び
を定め、これを操作員に守らせること。
- 5 非常の場合に採るべき処置を定め、これを操作員に守らせること。
- 6 は、常にこれらの機能を発揮できる状態に維持
しておくこと。
- 7 試験操作を行う場合には、 を確認の上これ
を行わせること。
- 8 再処理設備の操作の訓練のために操作を行う場合は、 を
定め、操作員の監督の下にこれを守らせること。

(2) 再処理施設の設計及び工事において、総理府令に定められている火災等による損傷防止のため
に講ずべき措置について記載した以下の文章の⑥から⑩の空欄に入る適切な語句を番号ととも
に記せ。

〔解答例〕 ① — 日本 の 首都

- 1 再処理施設が火災の影響を受けることにより再処理施設の安全に著しい支障が生じるおそ
れがある場合には必要に応じて を施設しなければならない。
- 2 非常用電源設備その他の安全上重要な施設であって、火災により損傷を受けるおそれがある
ものについては、可能な限り を使用するとともに、必要に応じて
防火壁の設置その他の適切な防火措置を講じなければならない。
- 3 有機溶媒その他の可燃性の液体（以下、「有機溶媒等」という。）を取り扱う設備は、有機
溶媒等の温度を すること、不活性ガス雰囲気中有機溶媒等を取り扱
うことその他の火災の発生を防止するための措置が講じられているものでなければなら
ない。

- 4 硝酸を含む溶液を内包する蒸発缶のうち、リン酸トリブチルその他の硝酸と反応するおそれがある有機溶媒（爆発の危険性がないものを除く。）が混入するおそれがあるものは、
⑨ おそれがないものでなければならない。
- 5 水素の発生のおそれがある設備は、
⑩ としなければならない。

第4問 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下「原子炉等規制法」という。）に基づく廃棄の事業等に関して、次の問に答えよ。

- (1) 次の文章は、原子炉等規制法及びその関連する法令において定められている、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の廃棄に関するものである。文章中の空欄に適切な語句を番号とともに記せ。なお、複数の箇所ある [①] , [②] , [③] , [④] 及び [⑦] にはそれぞれ同一の語句が入る。

〔解答例〕 ① —— 東 京

(イ) 加工事業者は、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物（ [①] されたものを除く。）を加工施設を設置した工場又は事業所の外において廃棄する場合には、 [②] のために必要な以下の措置を講じなければならない。

(i) 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物で廃棄しようとするもの（以下「放射性廃棄物」という。）は、 [③] の効果を持った廃棄施設^(ロ)に廃棄すること。

(ii) 当該廃棄施設を設置した者に、当該放射性廃棄物に関する [④] の写しを交付すること。

（注） 廃棄施設とは、原子炉等規制法に定める廃棄物埋設地及び廃棄物管理設備、核燃料物質の使用に係る廃棄施設並びに製錬設備の附属施設、加工設備の附属施設、原子炉の附属施設及び再処理設備の附属施設であって放射性廃棄物を廃棄するものをいう。

(ロ) 放射性廃棄物を [①] した製錬事業者、加工事業者、原子炉設置者又は再処理事業者は、当該放射性廃棄物を製錬施設、加工施設、原子炉施設又は再処理施設を設置した工場又は事業所の外において廃棄する場合には、総理府令で定めるところにより、 [②] のために必要な措置（ [③] のため容器に [⑤] したものであること、放射性物質が容易に [⑥] し、及び漏えいしないものであること、著しい [⑦] がないこと等）を講ずるとともに、当該総理府令の規定に適合することについて、内閣総理大臣の確認を受けなければならない。

(イ) 廃棄物管理事業者が核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物を廃棄物管理施設を設置した事業所において廃棄する場合には、 [②] のために必要な以下の措置を講じなければならない。

(i) 液体状の放射性廃棄物を容器に封入して保管廃棄施設に保管廃棄するときには、当該容器は、 [⑧] が浸透しにくく、 [⑨] に耐え、及び放射性廃棄物が漏えいしにくい構造であり、また、当該容器にき裂若しくは [⑦] が生じた場合に封入された放射性廃棄物の全部を吸収できる材料で当該容器を包み、又は収容できる受皿を当該容器に設けること等により、汚染の広がりを防止すること。

(ii) 液体状又は固体状の放射性廃棄物を容器に封入し、又は固型化して保管廃棄施設に保管廃棄するときには、当該容器には、放射性廃棄物を示す ⑩ を付け、及び当該放射性廃棄物に関して法令に基づき ④ された内容と照合できるような ⑪ を表示するとともに、当該廃棄施設には、その目につきやすい場所に管理上の ⑫ を掲示すること。

(2) 次の文章は、原子炉等規制法及びその関連する法令において定められている、廃棄物埋設の事業に関するものである。その内容が正しいものには○印を、誤っているものには×印を番号とともに記せ。また、誤っているものについては、その理由を付すか、又は誤っている部分を訂正せよ。

〔解答例〕 ⑤ — ○

⑥ — × (理由を付し、又は誤っている部分を訂正)

- ① 廃棄物埋設事業者は、放射性物質の種類ごとの放射能の総量が政令で定める値を超える放射性廃棄物を埋設する場合には、埋設しようとする核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物及びこれに関する保安のための措置が総理府令で定める技術上の基準に適合することについて、内閣総理大臣の確認を受けなければならない。
- ② 廃棄体（放射性廃棄物を容器に固型化したものをいう。）を埋設する場合には、当該廃棄体の表面の放射性物質の密度は、最大でも、管理区域内の人の触れるおそれのある物であって放射性物質によって汚染された物に係る科学技術庁長官の定める放射性物質の表面密度限度を超えてはならない。
- ③ 廃棄物埋設事業者は、廃棄物埋設地に埋設した放射性廃棄物の種類、数量、当該放射性廃棄物に含まれる放射性物質の数量、その埋設の日及び埋設を行った場所を埋設のつど記録し、保安規定に定めるところにより周辺監視区域を定めないこととするまでの期間これを保存して置かなければならない。
- ④ 廃棄物埋設事業者は、外周仕切設備を設置する方法により埋設を行う場合には、埋設の終了した廃棄物埋設地の保全に関し、その外周仕切設備の外への放射性物質の漏えいを監視し、漏えいがあったと認められる場合には速やかに外周仕切設備の修復その他の放射性物質の漏えいを防止するために必要な措置を講じなければならない。ただし、保安規定に定めるところによりこの措置をとらないこととした場合は、この限りではない。

第5問 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下、「原子炉等規制法」という。）に基づき、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物（以下、「核燃料物質等」という。）を工場等の外において運搬する場合について、次の文章の空欄の部分に入る適切な数値又は語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ㉑ — 東京

- (1) 使用者、製錬事業者、加工事業者、原子炉設置者、外国原子力船運航者、再処理事業者及び廃棄事業者並びにこれらの者から運搬を委託された者（以下、「使用者等」という。）は、核燃料物質等を工場等の外において運搬する場合（船舶又は航空機により運搬する場合を除く。）においては、原子炉等規制法に基づき、総理府令又は運輸省令で定める技術上の基準に従って ㉑ のために必要な措置（当該核燃料物質に政令で定める特定核燃料物質を含むときは、 ㉑ 及び特定核燃料物質の ㉒ のために必要な措置）を講じなければならない。
- (2) (1)の場合において、核燃料物質等による ㉓ の ㉔ 及び特定核燃料物質の ㉕ のため特に必要がある場合として政令で定める場合に該当するときは、使用者等は、その運搬に関する措置が(1)の技術上の基準に適合することについて、総理府令又は運輸省令で定めるところにより、科学技術庁長官又は運輸大臣の ㉖ を受けなければならない。
- (3) 使用者等は、運搬に使用する ㉗ について、あらかじめ、総理府令で定めるところにより、科学技術庁長官の ㉘ を受けることができる。この場合において、科学技術庁長官の ㉘ を受けた ㉗ については、(1)の技術上の基準のうち ㉗ に関する基準は、満たされたものとされている。
- (4) (2)の科学技術庁長官又は運輸大臣の ㉖ を受けなければならない核燃料輸送物は、 ㉙ 型輸送物及び ㉚ 型輸送物並びに ㉛ 輸送物である。
- (5) 核燃料輸送物を車両に積載した状態における線量当量率は、車両の表面では ㉜ ミリシーベルト毎時を超えず、車両の前面、後面及び両側面から ㉝メートル離れた位置では ㉞ マイクロシーベルト毎時を超えず、車両による運搬に従事する者が通常乗車する場所では ㉟ マイクロシーベルト毎時を超えてはならないこととされている。

(6) 原子炉等規制法第59条の2第2項の規定により、運搬に関する措置が技術上の基準に適合することについて ⑥ を受けようとする者は、⑥ 申請書に、運搬する核燃料物質等に関する説明書、輸送容器が設計に適合するよう ⑩ されていることと示す説明書、核燃料輸送物の発送前の ⑪ に関する説明書などを添えて、科学技術庁長官又は指定運搬物 ⑥ 機関に提出しなければならない。

(7) 事業者等は核燃料物質等の運搬において、次のいずれかに該当するときは、その旨を ⑬ に、その状況及びそれに対する処置を ⑭ 日以内に科学技術庁長官に報告しなければならない。

(イ) 核燃料物質の盗取又は所在不明が生じたとき。

(ロ) 核燃料物質等が異常に ⑯ したとき。

(ハ) 上記(イ)及び(ロ)のほか、核燃料物質等の運搬に関し人の障害（放射線障害以外の障害であつて軽微なものを除く。）が発生し、又は発生するおそれがあるとき。

第 30 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の化学的性質
及び物理的性質

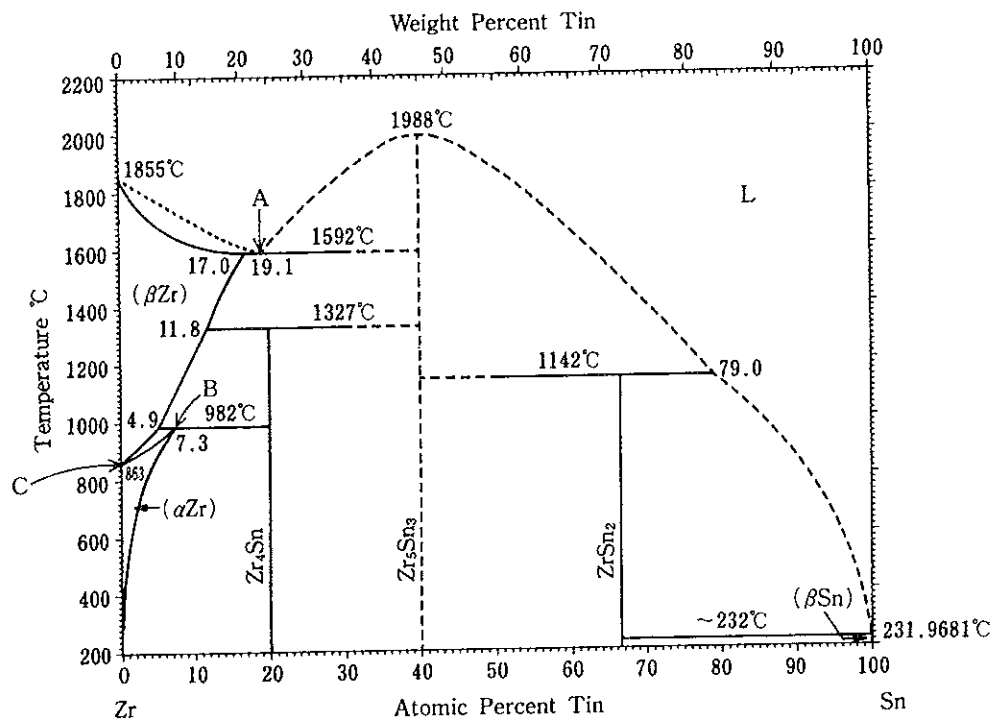
平成10年3月5日

第1問 核燃料の熱伝導率に関し、以下の(1)~(5)の間に答えよ。

- (1) イオン結晶の熱伝導率(λ)と、単位体積当たりの定積格子熱容量(C_v)、フォノンの速度(u)、フォノンの平均自由行程(L)との間に成立する関係式を()内の記号で示せ。また、熱伝導率の単位を記せ。
- (2) (1)で示した関係式から、定比二酸化ウランの熱伝導率はどのような温度依存を示すと予測されるかを論ぜよ。また、熱伝導率を縦軸に、温度を横軸として、その略図を描け。
- (3) 二酸化ウランの熱伝導率に及ぼす非化学量論性の効果について論ぜよ。
- (4) 二酸化ウランの熱伝導率に及ぼす核分裂生成物(FP)の効果を、固溶FPと非固溶FPに分けて論ぜよ。
- (5) 二酸化ウランの熱伝導率に及ぼす照射効果について論ぜよ。

第2問 Zr-Sn系の状態図に関し、以下の問に答えよ。ただし、図において点線と鎖線は不確定な部分である。

- (1) A点の名称を記せ。また、A点の温度(1592°C)で起こる化学変化を式で示せ。
- (2) B点の名称を記せ。また、B点の温度(982°C)で起こる化学変化を式で示せ。
- (3) A, B, C点における自由度はそれぞれいくつか。また、その根拠を示せ。
- (4) 組成10at% Snの液体を冷却したときの状態変化について論ぜよ。



第3問 アクチノイド元素の化学的性質に関する以下の問に答えよ。

(1) アクチノイド元素は原子番号の順に書くと

Ac, , , , , , , ,
Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr

の15個である。①～⑦に相当する元素を元素記号で示せ。(解答例 ⑧—He)

(2) AcよりLrまでの15個の元素について空気に接触した水溶液中で最も安定な酸化数を示せ。

(3) 原子番号が小さいアクチノイド元素は特異な化学的性質を示すと言われる。これについて説明せよ。またその理由は何か。

(4) ランタノイド元素と同じような化学的挙動を有するアクチノイド元素はどれか。

(5) U, Puの酸化物は非化学量論性を示すものが多い。これはこれらの元素のどのような化学的性質を反映しているか。

第4問 次の(1)～(6)の時に起こる化学反応について反応式を書け。

(1) UF_6 の空気中への漏出

(2) UF_4 からの UF_6 の製造

(3) 乾式法による UO_2 からの UF_4 の製造

(4) UO_3 からの UO_2 の製造

(5) UF_4 からの金属Uの製造

(6) ウラン鉱石硫酸浸出液へのアンモニア水添加

第5問 核燃料物質に関連して、次の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)(3)と(4)(5)は別の答案用紙に記入すること。)

(1) 集合組織調整管

(2) 反跳

(3) クリープダウン

(4) PCCI

(5) 水素化物方向係数

第 30 回

核燃料取扱主任者試験

核燃料物質の取扱いに関する技術

平成 10 年 3 月 6 日

第1問 燃料加工工程における核燃料物質の取り扱いに関し、以下の問に答えよ。

(1) 以下の記述には誤りの個所がある。その部分を指摘し、その理由を簡単に述べよ。

(イ) UF_6 を充填した容器から UF_6 を取り出した後も容器の表面線量率が高いことがあるが、これは ^{238}U の娘核種 ^{234}U の放射線によるものである。

(ロ) 天然にあるウランは多くの娘核種を含むので高い線量率を有するが、これら娘核種を取り除いた後の工程である燃料加工工程では ^{234}U 、 ^{235}U 及び ^{238}U からの放射線を考慮すれば十分である。

(ハ) プルトニウム同位体の多くは α 放射性核種であるため、閉じ込め機能を確保し吸入等による内部被ばくに注意すれば、外部被ばくはあまり問題とならない。

(2) UO_2 と UF_6 の化学的性質の違いに着目し、それぞれの取り扱い方法の注意点を述べよ。

第2問 核燃料サイクルに関し、以下の問に答えよ。

(1) 使用済核燃料を再処理した後分離した濃縮度が1%前後のウランは通常何と呼ばれるか。

(2) 天然ウランと比べて、上記(1)のウランの持つ特徴を3つ挙げ、それぞれについて簡単に説明せよ。

(3) 上記(1)のウランの利用方法を3つ挙げ、それぞれについて簡単に説明せよ。

第3問 照射済燃料の取り扱い及び核燃料物質の輸送に関連して、以下の問に答えよ。

- (1) 高速炉用 MOX 燃料用照射後試験施設の設計をするにあたり、軽水炉用 UO_2 燃料用照射後試験施設の場合と比較して、特に留意すべき点を2点挙げよ。
- (2) 核燃料物質の輸送に関する次の文章の空欄に入る適切な語句を番号とともに記せ。

輸送容器に ① が入れられた状態になると輸送物となる。しかし、輸送物のみでは、運搬できる状態とはならない。すなわち、トラック等に所定の方法で積載して初めて運搬可能な状態となる。また、運搬の実施にあたっては、法令等で定める ② を輸送物、コンテナ及び車両の表面の所定の位置に取り付けなければならない。

輸送物の技術基準の内容には幾つかの種類があるが、解析分野別の種類としては、構造解析、③ 解析、④ 解析、⑤ 解析及び⑥ 解析に関する技術基準がある。

第4問 ビューレックス法による再処理に関連して、以下の問に答えよ。

- (1) 共除染工程及びウラン/プルトニウム分離工程において行われるプルトニウムの原子価調整の目的について簡単に述べよ。
- (2) 代表的な溶媒抽出装置を2つ挙げ、それらを簡単に比較せよ。

第5問 核燃料物質の取り扱いに関し、以下の事項を簡単に説明せよ。(ただし、(1)(2)(3)と(4)(5)は別の答案用紙に記入すること。)

- (1) サーマルフィードバック
- (2) 非密封プルトニウムの閉じ込め機能の確保
- (3) ウラン濃縮における理想カスケードと方形カスケード
-
- (4) 単一ユニットと複数ユニット
- (5) 遠隔製造・近接保守

第 30 回

核燃料取扱主任者試験

放射線の測定及び放射線障害
の防止に関する技術

平成10年3月6日

第1問 ^{131}I を取り扱う実験室において、空気汚染が発生し、作業者が吸入摂取による内部被ばくを
起こしたとして、以下の問に答えよ。

(1) 作業者の鼻孔スミヤをしたところ、正味で280 Bqの汚染を検出した。作業者の ^{131}I の体内
摂取量 (Bq) を推定し、次の値から適切なものを選べ。

(ア) 112 (イ) 1,120 (ウ) 11,200 (エ) 112,000 (オ) 1,120,000 (Bq)

(2) 年摂取限度を用いて、作業者の預託実効線量当量 (Sv) を概算せよ。ただし、吸入摂取に
よる ^{131}I の預託実効線量当量に係る年摂取限度は、 5.6×10^6 (Bq) である。

(3) 甲状腺における ^{131}I による吸収線量 (Gy) を推定せよ。ただし、甲状腺の組織荷重係数は、
0.05 である。

第2問 次の文章に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑪——影 響

国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告に示されている放射線防護の目的は、 な有害な影響の発生を防止し、 な影響の発生を容認されるレベルまで制限すること、放射線被ばくを行う行為が されるようにすることである。

また、放射線防護の体系として、行為の、防護の、個人のが勧告されている。

行為のとは、放射線被ばくを伴う行為は、を生むものでなければ導入してはならず、防護のとは、放射線源からのすべての被ばくを及び社会的な要因を考慮にいれて低く保たなければならないというものである。また、個人のは及びに対してそれぞれ決められており、すべての放射線源から受ける個人の線量当量は、決しての値を越えてはならないとされている。

第3問 以下の文章の下線部の記述について、正しいものには○印を、誤っているものには×印をつけ、誤りを正せ。

- (1) γ 線が物質を透過する際、光電効果、コンプトン効果及び電子対生成の3つの相互作用により減弱されるが、 γ 線のエネルギーとこれらの相互作用との関係をみると、低いエネルギーでは光電効果が多く、高いエネルギーではコンプトン効果が多く、その中間のエネルギーでは電子対生成が多く起こる傾向にある。
- (2) γ (X)線の照射線量率を1/2にする遮蔽体の厚さ(t)を半価層といい、照射線量率を1/10にする遮蔽体の厚さ(t')を1/10価層というが、tとt'の間には、 $t/t' \approx 0.3$ の関係がある。
- (3) 荷電粒子が1個のイオン対を生成するのに要する平均のエネルギー(W値)は、気体の種類により異なり、10~20 eVの範囲であるが、入射粒子の種類やエネルギーによっては、あまり大きくは変わらない。
- (4) β 線の後方散乱とは、 β 線が線源の後方にある物体によって散乱される現象で、放射性試料の測定の際、測定値は、その後方にある物体(例えば試料皿)の原子番号が大きくなるほど大きくなるが、物体の厚さによっては変わらない。
- (5) 放射性廃液処理でいう除染係数(DF)とは、廃液中の放射性物質を除去(処理)することによって、廃液中の放射能濃度を低下させた場合の処理前後の濃度比をい、 $DF = \text{処理後の放射能濃度} / \text{処理前の放射能濃度}$ で表される。
- (6) 気体状の放射性廃棄物の処理では、粒子状の物質は高性能フィルタによって、揮発性物質及び希ガスは活性炭フィルタによって浄化される。
- (7) プルトニウム使用室において、床等のスミヤ検査を実施したところ、ビニール上や空気吸い込み口などのスミヤ試料から、バックグラウンド程度からその数倍の α 汚染を検出した。同じ試料を数時間後に再測定したところ、いずれも検出下限計数率以下であった。この α 汚染の原因として、ラドンの娘核種の影響が考えられる。
- (8) 原子力施設から放出された放射性物質による環境の放射能濃度を評価するためには、排気塔の高さ、放射性物質の放出率などの放出源情報のほか、風向、風速を知れば十分である。

- (9) エリアモニタは作業環境の γ (X) 線や中性子線の線量当量率を連続監視し、指示値が警報設定レベル以上になると警報を発する。

ガンマ線用エリアモニタの検出器には、電離箱、GM管、シンチレーション及び半導体検出器が使われている。

中性子線用エリアモニタには、主としてBF₃検出器が使用され、熱中性子に対しては、BF₃検出器を数cmのパラフィンで包んで用いる。

- (10) 作業環境の空気中の放射性物質の濃度を定置式ダストモニタで監視する場合、定置式ダストモニタで得られた濃度は、作業者の呼吸する濃度を必ずしも代表していない場合がある。場合によっては、作業者の呼吸する濃度と定置式ダストモニタで得られた濃度との比が100以上になることもあることを知っておく必要がある。

第4問 以下の(1)~(10)の間について適切な答えを1つ選べ。

〔解答例〕 (1)——⑥

(1) 骨髄がX線、または γ 線によって被ばくしたとき、次の血液成分のうち、被ばく後もっとも早く変化が現れるものはどれか。

- ① リンパ球 ② 赤血球 ③ 血小板 ④ ヘモグロビン ⑤ 顆粒球

(2) 次の臓器・組織のうち、放射線感受性をもっとも低いものはどれか。

- ① 骨髄 ② 生殖腺 ③ 脳 ④ 腸 ⑤ 水晶体

(3) ^{137}Cs は食物と共に摂取されると体内の特定の臓器に集積する。その臓器は次のうちのどれか。

- ① 消化器 ② 甲状腺 ③ 骨髄 ④ 筋肉 ⑤ 骨格

(4) ウラン鉱山の労働者に肺ガンの発生率が高かった主要な原因と考えられている物質は次のどれか。

- ① ^{226}Ra ② たばこ ③ ウラン ④ ラドンとその娘核種 ⑤ 微粉塵

(5) ^3H を体内摂取した恐れのある場合には汚染モニタリングする物質で不適当なものはどれか。

- ① 汗 ② 血液 ③ 呼気 ④ 糞 ⑤ 尿

(6) 物理的半減期が1年、生物学的半減期が半年の核種の有効半減期で正しいものはどれか。

- ① 2年 ② 1.5年 ③ 1年 ④ 0.5年 ⑤ 4ヶ月

(7) 次の放射線障害のうち、確率的影響の正しい組み合わせはどれか。

- a. 骨腫瘍 b. 白血球 c. 不妊 d. 放射線宿酔 e. 脱毛
① aとb ② bとe ③ cとd ④ aとd ⑤ dとe

(8) 放射線障害に関する次の記述のうち、正しくないものはどれか。

- ① 倍加線量とは突然変異率を自然突然変異率の2倍にする線量である。
② 生じた放射線誘発突然変異はすべての次世代に受け継がれる。
③ 急性障害の指標である $\text{LD}_{50/30}$ は30日以内に半数が死亡する線量である。
④ 被ばく線量が同じでも長期間に被ばくした場合の方が短期間に被ばくした場合よりも生物学的影響は小さい。
⑤ 60歳の女性の腹部に200 mSvの被ばくがあった場合、遺伝的影響を考慮する必要はない。

(9) 次の核種のうち、吸入摂取したときの化学形にかかわらず体液に 100% 移行するものはどれか。

- ① ^{239}Pu ② ^{90}Sr ③ ^{144}Ce ④ ^{137}Cs ⑤ ^{235}U

(10) 放射線防護におけるリスク係数とは、被ばく線量 $X\text{mSv}$ 当たりの死亡または重大な遺伝的障害が発生する確率をいう。X の値は次のうちのどれか。

- ① 1 ② 50 ③ 100 ④ 1000 ⑤ 5000

第 5 問 放射線防護に関連する次の用語について、簡単に説明せよ。

- (1) Zn-DTPA
- (2) 環境モニタリング
- (3) 放射性排水処理技術
- (4) 体幹部不均等被ばく
- (5) 補助限度