

第 56 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

- (注意) (イ) 解答用紙には、問題番号のみを付して解答すること。
(指示がない限り問題を写し取る必要はない。)
- (ロ) 問題は全部で5問。1問題ごとに1枚の解答用紙を使用すること。

令和6年3月1日

第1問 ウラン濃縮について、以下の問いに答えよ。

- (1) ウラン濃縮の方法として、現在では我が国をはじめ遠心分離法が主流となっている。遠心分離法とそのプロセスについて説明した以下の文章中の□に入る適切な語句又は核種を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑪－東京

UF₆ガスを円筒内にいれて高速回転させると、□①に依じて半径方向に圧力分布が形成され、外側に□②が、内側に□③が濃縮される。また、我が国で実用化されている遠心分離機では、回転胴の軸方向について内側で□④方向に、外側で□⑤方向にUF₆ガスの流れを形成し、回転胴の上部から□③の濃縮度が高くなったUF₆ガスを回収する。遠心分離機の性能（分離パワー）は、理論的には遠心分離機の□⑥の4乗と遠心胴の□⑦に比例する。遠心分離機1台で目的の濃縮度とすることはできないので、遠心分離機を多段に接続した□⑧を組む必要がある。□⑧からの濃縮ウランは、□⑨という装置によって冷却することで、気体から□⑩に変換して回収し、その後再度加温して気体に変換し製品シリンダに回収される。

- (2) 実用化されたウラン濃縮方法の一つにガス拡散法がある。その濃縮の原理及び現在では遠心分離法が主流となっている理由を示せ。
- (3) UF₆が配管等から空気中に漏えいした場合に起こる反応を化学反応式で示せ。
- (4) UF₆の漏えい事故が発生した場合に、漏えい場所において事故対応にあたる放射線業務従事者の身体防護上で考慮すべき事項を述べよ。

第2問 以下は、使用済燃料の再処理工程に関して述べたものである。(1)～(3)の文章中の□に入る適切な語句を番号とともに記せ。なお、同じ番号の□には、同じ語句が入る。また、(4)及び(5)の問いに答えよ。

〔解答例〕 ⑬－東京

- (1) 現在の商用再処理工場では、湿式法の1つである□①法が採用されている。この□①法では、抽出剤として□②を用いた溶媒抽出法が採用されている。有機相は□②を□③あるいはケロシンにて□④%となるよう希釈したものをを用いている。ウラン、プルトニウムは共抽出工程（共除染工程ともいう）において有機相に抽出され、分離工程においてプルトニウムは□⑤剤によって□⑥価からⅢ価にされて逆抽出される。
- (2) 気体の廃棄物は、主にせん断工程と□⑦工程で発生し、□⑧や希ガスなどが含まれている。使用済燃料中に存在する□⑧は半減期1570万年の□⑨が含まれ、□⑩を用いたフィルタによって捕集されている。
- (3) 液体の廃棄物は、溶媒抽出法を基本とした□①法では大量に発生する。そのうち、特に放射能濃度が高い廃液は共抽出工程の抽残液であり核分裂生成物のほとんどを含んでいる。これは、蒸発濃縮され□⑪となる。(A)これは安定化して処分するため□⑫固化する。
- (4) (1)で述べた湿式法に対して乾式法がある。乾式法による再処理について簡潔に説明し、その特徴を述べよ。
- (5) 上記(3)の文章中の「(A)これは安定化して処分するため□⑫固化する。」について、日本の商用再処理工場においてこれを行う装置について説明せよ。

第3問 放射性廃棄物の処理・処分にに関する以下の問いに答えよ。

(1) 放射性気体廃棄物の廃棄施設では、粒子状の核燃料物質を除去するために高性能エアフィルタが設置される。高性能エアフィルタについて、以下の問いに答えよ。

A) 日本産業規格「JIS Z 4812 放射性エアロゾル用高性能エアフィルタ」において、特定の粒子径に対する捕集効率が定められている。日本産業規格で定める粒子径と捕集効率を記せ。

B) 核燃料施設で用いられている高性能エアフィルタには、self-contained 型と bank 型の2種類がある。それらの構造上の特徴を述べるとともに、粒子の捕集効率の観点から使用に際しての注意事項を述べよ。

(2) 低レベル放射性固体廃棄物の埋設について、以下の問いに答えよ。

A) 以下の文章中の□□□□に入る適切な語句又は数値を番号とともに記せ。なお、同じ番号の□□□□には同じ語句が入る。

〔解答例〕 ⑪－東京

低レベル放射性固体廃棄物の埋設は、原子炉等規制法*において□①□種廃棄物埋設に区分されている。埋設処分の方法は放射能濃度の低い方から順に、□②□処分、□③□処分、□④□処分に分類され、□④□処分では地下□⑤□ m より深い地中に埋設施設を設ける。埋設地は、埋設処分の方法に応じて□⑥□の制限や□⑦□中の放射性物質濃度の監視等の管理をしていくが、一定の期間が過ぎた後は一般の土地利用が可能となる。一般の土地利用が可能となるまでの期間は、最も短い□②□処分の場合で□⑧□年程度、□③□処分では□⑨□年～□⑩□年が目安とされている。

※核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

B) 上記の③の処分方法について、その概要を述べよ。

(3) 天然バリアとは何か簡潔に説明せよ。

第4問 核燃料施設の臨界安全管理に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 「臨界因子」と「臨界管理因子」について説明するとともに、「臨界因子」の例を3つ記せ。
- (2) 単一ユニットの核的制限値の設定について記した以下の文章中の□に入る適切な語句を番号とともに記せ。

〔解答例〕 ⑥—東京

核的制限値を設定するにあたっては、取り扱う核燃料物質の物理的・化学的性状、□①組成、中性子の□②効果、□③条件及び□④条件等について、それぞれの変動を考慮し十分な□⑤を見込む必要がある。

- (3) 複数ユニットの臨界安全性について、モンテカルロ法臨界計算コードを用いて評価を行いたい。以下の問いに答えよ。
- A) 計算モデルの作成において考慮すべき中性子実効増倍率に影響する因子を3つ述べよ。ただし、複数ユニットを構成する各単一ユニットに係る因子を除く。
- B) 複数ユニットの配置が未臨界であると判断できる中性子実効増倍率の上限値を答えよ。
- C) 臨界計算コードからの出力データを確認したところ、計算結果が適切に収束しており、その他のエラーも出力されておらず、計算が適切に終了していることが確認された。この場合でも出力された中性子実効増倍率をそのまま未臨界性の判断に使用してはならない。この理由と未臨界性判断での具体的な対応について述べよ。
- (4) 臨界安全管理における「二重偶発性原理」について説明せよ。

第5問 核燃料物質等の取扱いに関して、次の事項を簡潔に説明せよ。

- (1) 再転換と ADU 法
- (2) MOX 燃料の燃料仕様としてプルトニウムスポットの最大径が設定されている理由
- (3) 抽出剤等の錯体の急激な分解反応（レッドオイル爆発）
- (4) 使用済燃料の中間貯蔵法
- (5) 核セキュリティ

【メモ】

