

第 51 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。

(問題を書き取る必要はない。)

(ロ) 問題は全部で6問。1問題ごとに1枚の解答用紙を使用すること。

平成 31 年 3 月 7 日

第1問 以下の問いについて答えよ。

- (1) 次の文章はウラン濃縮に関して述べたものである。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。

ウラン濃縮とは、熱中性子で核分裂を起こす ^{235}U の割合が多い□①ウランを得る処理である。ウラン濃縮では、わずかな質量差しかない同位体を分離することから、□②として処理することが有効である。このため、比較的低温で□②となる UF_6 の形態として取り扱う処理法が実用化されている。ウランを UF_6 として取り扱うウラン濃縮法のうち工場が稼働している方法には、□③法と□④法がある。 UF_6 を用いない方式としては、ウランの金属蒸気を用いる□⑤法とウラン水溶液を用いる□⑥法がある。

- (2) ウラン濃縮を行う目的を説明せよ。
- (3) (1)で挙げられている4つのウラン濃縮法のうち2つの方法を選んで、それぞれ概要及び長短を述べよ。
- (4) UF_6 の特性と取扱い上の注意点を述べよ。
- (5) ウラン濃縮施設における保障措置について、再処理施設をはじめとする他の核燃料サイクル施設や原子炉施設と比べてその特徴を述べよ。

第2問 次の文章はウラン燃料加工と MOX 燃料加工の工程及び検査内容の相違点と共通点について述べたものである。この文章について以下の問いに答えよ。

軽水炉用ウラン燃料加工と MOX 燃料加工では、原料である核燃料物質の比放射能等の特性や最小臨界量等の違いにより設備や内部被ばく管理、外部被ばく管理、臨界管理、保障措置及び核物質防護の内容は大きく異なる。また A 加工工程や B 燃料検査項目についても両者にそれぞれ特有なものが存在する。

しかし、原料粉末の調整・成型－焼結・燃料棒の溶接密封・集合体組立といった基本的な加工の流れは同じである。

- (1) 文中 A _____ に関わり、軽水炉用ウラン燃料加工の工程にない MOX 燃料加工に特有な工程にはどのようなものがあるか述べよ。
- (2) 文中 B _____ に関わり、軽水炉用ウラン燃料ペレットの検査項目にない MOX 燃料ペレット特有の検査項目は何か、また、当該検査にはどのような方法が用いられるか述べよ。
- (3) 文中 B _____ に関わる燃料検査として、軽水炉用ウラン燃料棒（ガドリニア入り燃料は除く。）にウラン濃縮度の異なるペレットが混入していないことを確認する検査が挙げられるが、どのような検査方法が用いられるか。検査原理についても簡単に述べよ。
- (4) 燃料加工施設のフードにおいて、少量の核燃料物質を含む粉末から分析用試料を分取する作業を行いたい。この作業を安全に行うためのフード開口部の風速等の前提条件について述べよ。また、本作業を行う上での作業装備等安全管理上の留意点を4つ以上述べよ。

第3問 次の文章は再処理施設及び軽水炉用ウラン燃料の加工施設における水素の爆発について述べたものである。この文章について以下の問いに答えよ。

再処理施設においては、重大事故に至るおそれのある事故の1つとして①を扱う貯槽や②を扱う貯槽において設備・装置等のA故障等が要因となって起こり得る③により発生する水素ガスの滞留に起因する爆発が着目される。

この事故は、多数の箇所で同時期に発生する可能性があること及び重大事故に至るまでの④な余裕などを考慮して、喪失した機能の回復、重大事故への進展の防止等の対応を図る必要がある。この場合、恒設設備に比べB可搬型設備による対応の方が基本的に有効と言われている。

軽水炉用ウラン燃料加工施設においては、水素ガスを使用する焼結炉がC爆発事故防止を考慮すべき設備の1つである。このため、設計製作段階で爆発防止あるいは爆発による影響を緩和するため、着火源となる静電気除去を目的とした適切な接地を行ない、炉本体保護のための過加熱防止機構を設ける。これに加え、炉内への空気の混入による爆発を防止するため、炉内の圧力は炉外より高く管理し、圧力低下時等には水素ガスの供給を停止し、⑤ガスを炉内に導入する等の安全機構を設ける。

さらに焼結炉を設置する部屋には、⑥を設け、異常を検知した場合は、焼結炉への水素ガス供給を停止するための⑦を設ける等の対策を講じる。また、炉外への水素ガスの漏えいを防止するため、炉の出口で排気されるガス中の水素を⑧させてから排気ダクトに排出する構造としている。

- (1) 文章中の□に入る適切な語句を番号とともに記せ。
- (2) 常温常圧下で空気と混合した場合の水素の爆発下限界濃度は概ね約何 vol%か述べよ。
- (3) 文中下線部 A _____ に関わる故障等にはどのような事象が想定されるか2つ以上述べよ。
- (4) 文中下線部 B _____ に関わる可搬型設備としてはどのようなものがあるか2つ以上述べよ。
- (5) 文中下線部 c _____ に関わり、軽水炉用ウラン燃料加工施設の焼結炉の運転中にどのような故障が起こった場合に爆発事故発生の可能性が生じるか2つ以上述べよ。
- (6) MOX 燃料加工施設においても、焼結炉は爆発事故防止を考慮すべき設備である。MOX 燃料加工施設の焼結炉の構造や基本的な安全管理の方法は軽水炉用ウラン燃

料加工施設の焼結炉とほぼ同様であるが、相違する点もある。その相違点にはどのようなものがあるか2つ以上述べよ。

第4問 再処理施設では様々な放射性廃棄物が発生し、それぞれに対して適切な処理を行っている。通常運転時に発生する気体廃棄物に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 再処理施設において気体廃棄物となる主な放射性物質（元素又は同位体）を4つ挙げよ。
- (2) 上記で挙げた気体廃棄物となる元素のうち2つについて、国内外の再処理工場で行われている処理法を説明せよ。
- (3) 再処理施設内の工程のうち気体廃棄物の発生量が最も多い工程を挙げよ。
- (4) 以下の正しいものに○、正しくないものに×をつけよ。
 - ① 気体廃棄物とは、気体の放射性核種を含む空気である。
 - ② 気体廃棄物は液体廃棄物と同様、放出基準値を下回る値で放出される設計となっている。
 - ③ 気体廃棄物は、すべてフィルターや吸着材によってトラップされて除去される。
 - ④ 再処理施設では燃料を溶解して処理するため原子力発電所と比べて大量の気体廃棄物が発生する。
 - ⑤ 同じ元素でも気体廃棄物と液体廃棄物の両方に含まれるものがある。

第5問 次の文章は核燃料施設における臨界管理の基本事項について述べたものである。

この文章について以下の問いに答えよ。

再処理施設や核燃料加工施設において臨界安全管理を必要とする設備では、管理、A 寸法形状管理、管理、管理、B 中性子吸収材管理、減速材管理及びこれらの組み合わせにより、として臨界を防止する設計が行われる。

さらにについては、相互間の適切な配置と耐震性確保による配置維持、相互間における中性子吸収材の使用やこれらの組み合わせにより臨界を防止する設計が行われる。その際、施設の臨界安全設計は c 二重偶発性の原則 の思想に基づいて実施される。

なお、ともにプルトニウムを扱う施設であるが、一般的に D 再処理施設の方が MOX 燃料加工施設に比べ、より厳しい臨界安全設計と管理が要求される。

- (1) 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。
- (2) 文中 A に関わる寸法形状管理とはどのような原理で臨界を防止する管理方法か、貯槽を例に挙げて説明せよ。
- (3) 文中 B に関わる中性子吸収材にはどのようなものがあるか2つ以上述べよ。
- (4) 文中 c に関わる二重偶発性の原則とはどのようなものか述べよ。
- (5) 文中 D に関わり、再処理施設の方が MOX 燃料加工施設 に比べてより厳しい臨界安全管理が要求される理由を述べよ。
- (6) 再処理施設と MOX 燃料加工施設 で万が一、臨界事故が起きた場合、事故の特徴の違いを述べよ。

第6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) 保障措置の目的
- (2) PUREX法
- (3) 再処理施設で発生する高レベル放射性廃液はガラス固化される。このガラス固化体の最終処分法について、我が国で対応が進められている方法について。
- (4) 核セキュリティと核物質防護の違い
- (5) 核燃料輸送に係る「特別の試験」の内容及び試験適用対象輸送物