

第 57 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6問。1問題ごとに1枚の解答用紙を使用すること。

令和7年3月4日

第1問 加工施設における核燃料物質の閉じ込め機能について以下の問いに答えよ。

- (1) 以下の文章は、ウラン加工施設の閉じ込め設計について記したものである。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。

〔解答例〕 ⑪ー東京

ウラン加工施設の管理区域は、ウランを密封状態で取り扱い又は貯蔵し汚染のおそれのない区域 (①) とそうでない区域 (②) に区分して管理する。 ② 内に設置する設備・機器のうち、ウランが空気中に ③ するおそれがある設備・機器については、 ④ 等を設けウランの空気中への ③ を防止する。 ② は、 ⑤ の少ない構造とするとともに、その内部を ⑥ 状態に維持する。 ② の床・壁はウランが ⑦ しにくく、 ⑧ が容易で、 ⑨ しにくい材料で仕上げる。 ② において、汚染のおそれのある空気を排気する系統には、 ⑩ 等の放射性物質を適切に除去できる設備を設ける。

- (2) 以下の文章は、プルトニウムを取り扱う場合の閉じ込め設計について記したものである。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。

〔解答例〕 ⑥ー東京

プルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器は、 ① に収納するか又は ① と同等の閉じ込め機能を有しなければならない。 ① には ② を防止する ③ を設けるとともに、 ③ の運転により ① の内部を ④ に維持しなければならない。また、 ① 本体はプルトニウムを静的にも閉じ込めるため高い ⑤ を有する構造とする。

- (3) 上記(2)の文章中、「 ④ に維持」する機能を満たすためには、どのような施設設計を行えばよいか具体的に述べよ。

- (4) 上記(2)の文章中、「高い $\boxed{\text{⑤}}$ を有する」ことについては、 $\boxed{\text{①}}$ の製作・据付時に検査で確認する必要がある。この検査方法は日本産業規格(JIS)に定められているが、その検査方法の名称を一つ答えよ。

第2問 以下の文章は、1999年9月30日に株式会社ジェー・シー・オーの転換試験棟で発生した臨界事故について記したものである。以下の問いに答えよ。

臨界事故が発生した転換試験棟では、濃縮度 18.8wt%、ウラン濃度 380 gU/L 以下の硝酸ウラニル溶液を製造する作業を実施していた。本来、この作業は設計上で臨界安全性が確保されている溶解塔及び貯塔を用いることとなっていたが、当日はステンレス製のバケツでウラン粉末を溶解した後、取扱量が1バッチ（作業単位：2.4 kgU）以下に制限されている沈殿槽（冷却水ジャケット付き、冷却装置は運転中）に、7バッチの硝酸ウラニル溶液を注入し臨界が発生した。この臨界状態は、臨界終息のための措置をとるまでの約 20 時間にわたり継続した。

この臨界事故により、作業員 3 名が重篤な被ばくをし、うち 2 名が死亡したほか、他の従業員、防災関係者さらには周辺住民を含めた約 320 人が 1 mSv を超える被ばくをした。

- (1) 正式な作業手順において使用することとなっていた溶解塔及び貯塔でも取扱量を 1 バッチに制限していたが、それ以外にも臨界防止のための対策がとられていた。取扱量の制限以外にとられていた対策について述べよ。
- (2) 臨界事故が発生した沈殿槽で本来とられることとなっていた臨界管理手法の名称を述べよ。また、本作業で取り扱っていた硝酸ウラニル溶液の最小臨界量は文献から 5.5 kgU と評価されていた。沈殿槽での取扱量 2.4 kgU 以下は、臨界安全上のどのような考え方で設定されたと考えられるか。
- (3) 沈殿槽において臨界状態が継続した理由を 2 つ説明せよ。
- (4) 本臨界事故では、臨界事故を終息させるために、①臨界状態を停止させるための措置、②臨界の停止を確実にするための措置がとられている。これらの措置について、措置の内容及びその措置が臨界終息に寄与する理由をそれぞれ答えよ。

第3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)～(6)の問いに答えよ。

〔(1)～(3)の解答例〕 ⑪－軽水炉

- (1) 現在の商用再処理施設では、湿式法の1つである□①法が採用されている。この方法では、燃料棒をせん断し、燃料被覆管内の核燃料を高温の□②に溶解する。溶解液中では、ウランは□③価、プルトニウムは主に□④価で存在し、一部の核分裂生成物は(A)不溶解残渣となる。これを□⑤を含んだ有機相との間で混合・接触させると、ウランとプルトニウムが有機相に移り、核分裂生成物は水相に残る。
- (2) 再処理施設で発生する固体廃棄物には、使用済燃料の構造体の一部であるエンドピースや□⑥と呼ばれる燃料被覆管などがある。特に燃料被覆管は、炉内の中性子による放射化のため放射能レベルが高く、核分裂生成物や□⑦によって汚染されており、放射能の減衰を待って□⑧廃棄物として処分される。固体の廃棄物としては、この他にフィルタ、ゴム手袋、紙、布類などの雑廃棄物があり、可燃性のものは焼却処理し、不燃性のものは圧縮減容やドラム缶に詰める等の処理を行っている。
- (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、□⑨工程の抽残液であり核分裂生成物のほとんどを含んでおり、蒸発濃縮され□⑩廃液となる。これは極めて高い放射能濃度と(B)発熱量、(C)長半減期の核種を含んでおり、安定化して処分するためガラス固化体として処分される。
- (4) 上記文中、「(A)不溶解残渣」について、代表的元素を2つ記せ。
- (5) 上記文中、「(B)発熱量」について、熱の発生源となる代表的核種を2つ示し、それぞれのおおよその半減期を記せ。
- (6) 上記文中、「(C)長半減期の核種」について、代表的核種を2つ示し、それぞれのおおよその半減期を記せ。

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放射性廃棄物に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 国内の商用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2つ挙げ、その処理法を説明せよ。
- (2) 国内の商用再処理施設において、高レベル放射性廃棄物をガラス固化する装置の概要と利点について説明せよ。
- (3) 高レベル放射性廃液のガラス固化処理のガラス原料は、「ホウケイ酸ガラス」が広く用いられている。その理由を説明せよ。
- (4) 放射性廃棄物の処分に使用が検討されている「ベントナイト」について、その特徴を述べ、どのような特性が期待されているか説明せよ。
- (5) 高レベル放射性廃液をガラス固化した廃棄物の処分では、地下 300 m 以上深い地層処分を想定している。このような地下深くの環境が、廃棄物の処分にとって適している理由を簡潔に説明せよ。

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) 保障措置における計量管理と封じ込め／監視
- (2) 放射性廃棄物でない廃棄物 (NR)
- (3) 我が国の再処理施設で用いられている混合転換法

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) 再処理後の回収ウランの同位体組成
- (2) 乾式再処理

【メモ】

【メモ】