

第 48 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

(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。

平成 28 年 3 月 14 日

第1問 以下の2つの図は、加圧水型原子炉（PWR）と沸騰水型原子炉（BWR）の燃料集合体の構造を表したものである。図中の①～⑩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、同じ語句又は数値が入る。

〔解答例〕 ① 二酸化ウラン

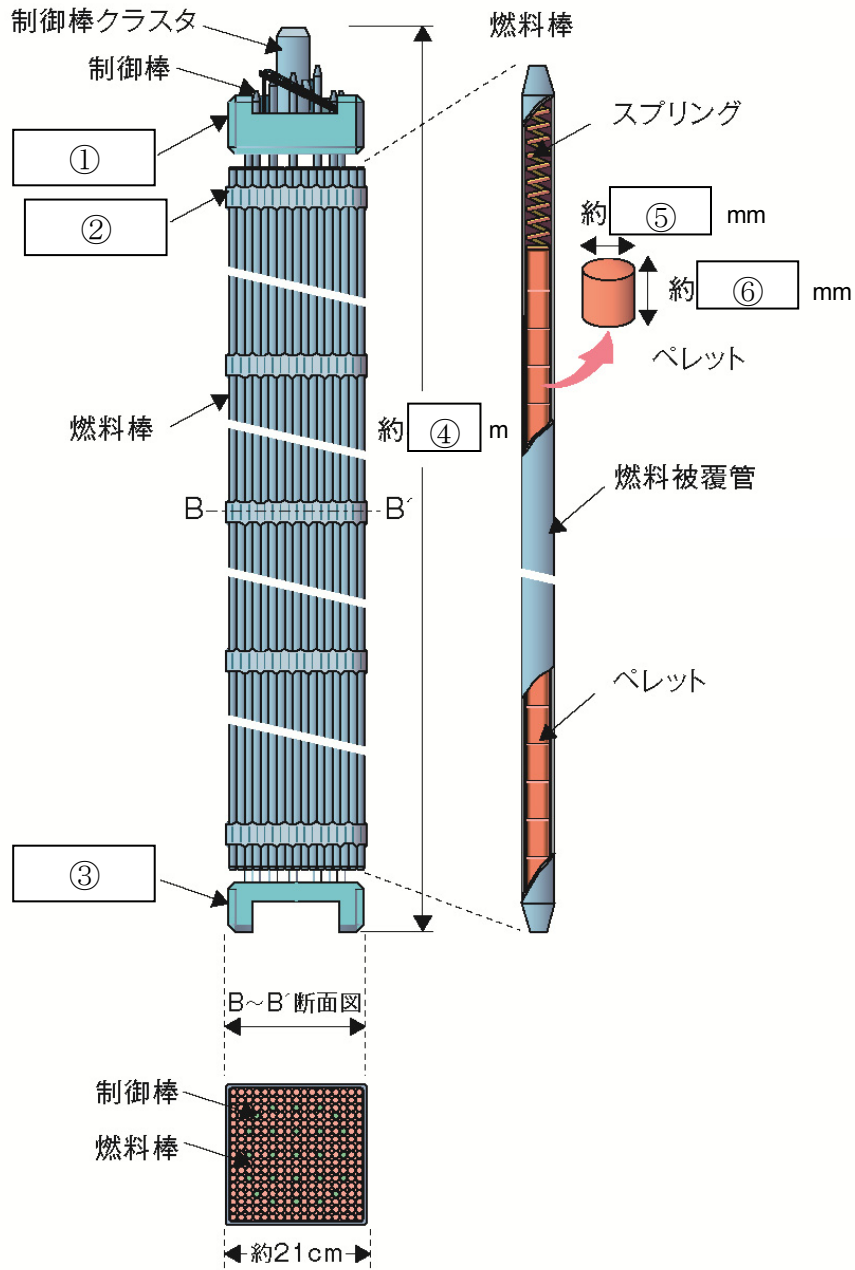


図1 PWRの燃料集合体の構造（出典：原子力・エネルギー図面集2015）

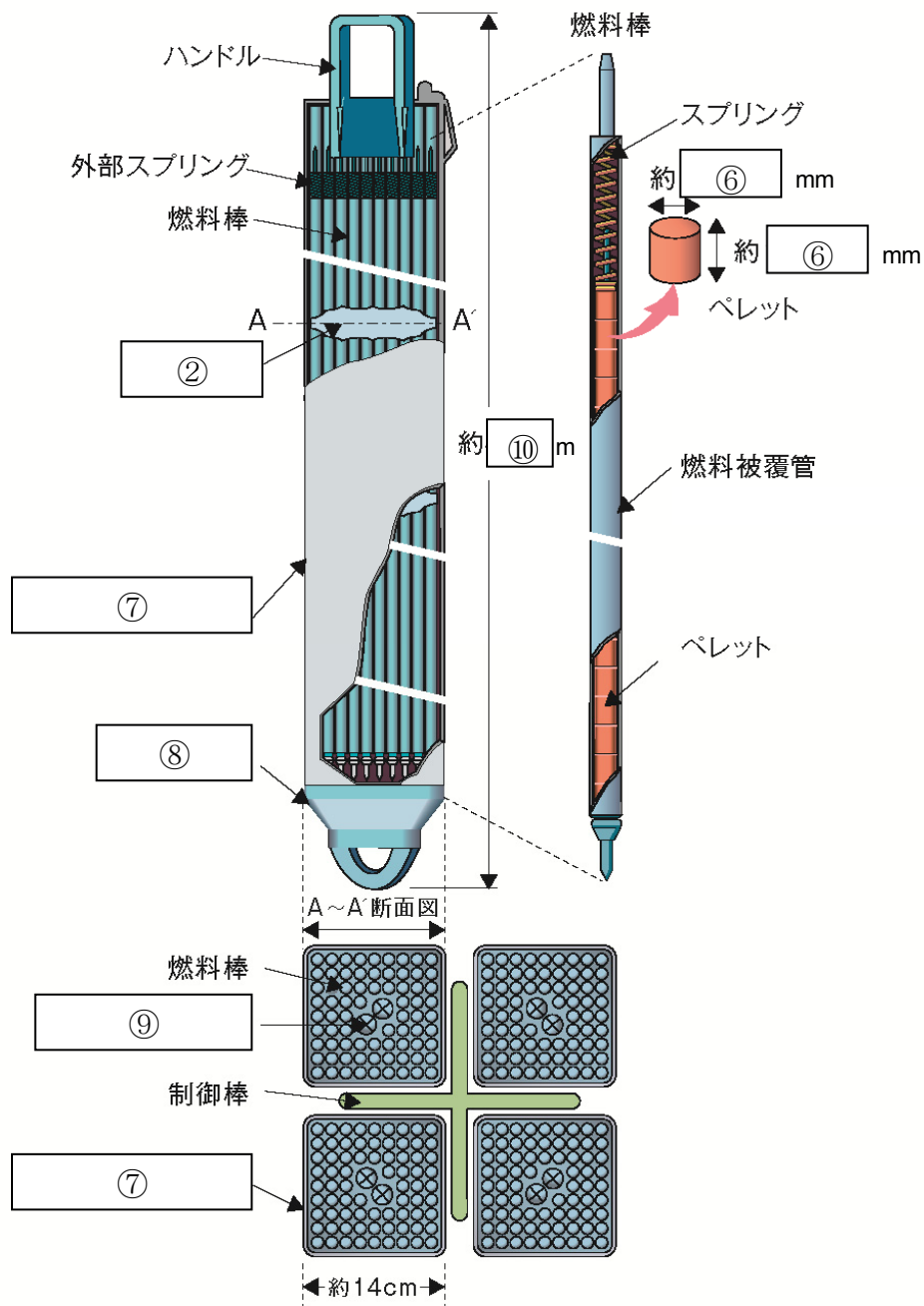


図2 BWRの燃料集合体の構造（出典：原子力・エネルギー図面集2015）

第2問 照射に伴って発生する燃料ペレットの様々な変化のうち、「焼きしまり」と「スエリング」について、①それらがどのような現象か、②それらの発生する原因、③それらの現象が顕著にあらわれる時期、④それらが燃料ふるまいに与える影響の4点を答えよ。解答は、次の表の空欄に記載されている記号とともに述べよ。

[解答例] (い) ○○する現象

	焼きしまり	スエリング
①どのような現象か	(い)	(ろ)
②発生する原因	(は)	(に)
③現象が顕著にあらわれる時期	(ほ)	(へ)
④燃料ふるまいに与える影響	(と)	(ち)

第3問 ウランの酸化物には種々の化学形態がある。図3は、横軸を温度の逆数、縦軸を雰囲気中の酸素分圧の対数とし、 UO_{2+x} 、 U_4O_{9-y} 、 U_3O_{8-z} で表されるウラン酸化物がそれぞれ安定に存在する領域の境界を曲線で示したものである。これに関して以下の問いに答えよ。

- (1) 図中の領域 (i)、(ii)、(iii) は、それぞれ UO_{2+x} 、 U_4O_{9-y} 、 U_3O_{8-z} のどれに該当するか記せ。
- (2) UO_{2+x} で表される酸素の不定比組成領域において、 x 値の増大とともに格子定数と理論密度はそれぞれどのように変化するか述べよ。
- (3) UO_2 燃料ペレットを図中の点 A の条件で保持し、温度一定のまま、点 B へ徐々に酸素分圧を変化させて長時間保持した場合、ペレットの寸法と重量はどのように変化するか、理由とともに述べよ。
- (4) UO_2 燃料ペレットを図中の点 B の条件で保持し、酸素分圧一定のまま、点 C へ徐々に温度を変化させて長時間保持した場合、ペレットの外観にどのような物理的変化が起こるか、理由とともに述べよ。

- (5) UO_2 燃料ペレットをある条件下で長時間保持して均質な UO_{2+x} とした。x 値を正確に評価する手法を条件とともに述べよ。

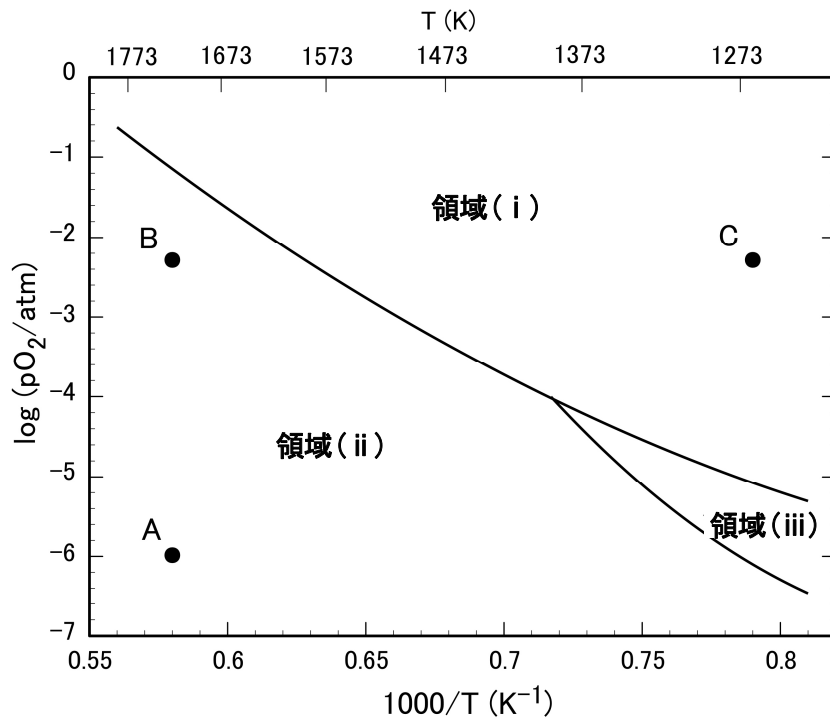


図3 $\text{UO}_{2+x}-\text{U}_4\text{O}_9-\text{U}_3\text{O}_8$ の相境界

(データ出典 : D. Labroche et al., Journal of Nuclear Materials, vol. 312, pp. 21-49 (2003).)

第4問 核燃料物質の物性に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 図4のグラフA~Eは、 UO_2 燃料ペレットの物性値の温度依存性を示したものである。各グラフは以下の選択肢に示す物性値のうち、それぞれどれに該当するか、簡潔な根拠とともに記せ。

【選択肢】：「定圧比熱」、「熱伝導率」、「線熱膨張係数」、「破壊強度」、「ヤング率」、
「電気伝導率 (対数值)」、「 UO_2 上の $\text{UO}_2(\text{g})$ の平衡蒸気圧 (対数值)」、
「 UO_2 中の酸素の自己拡散係数 (対数值)」

〔解答例〕 F 温度伝導率 (その根拠)

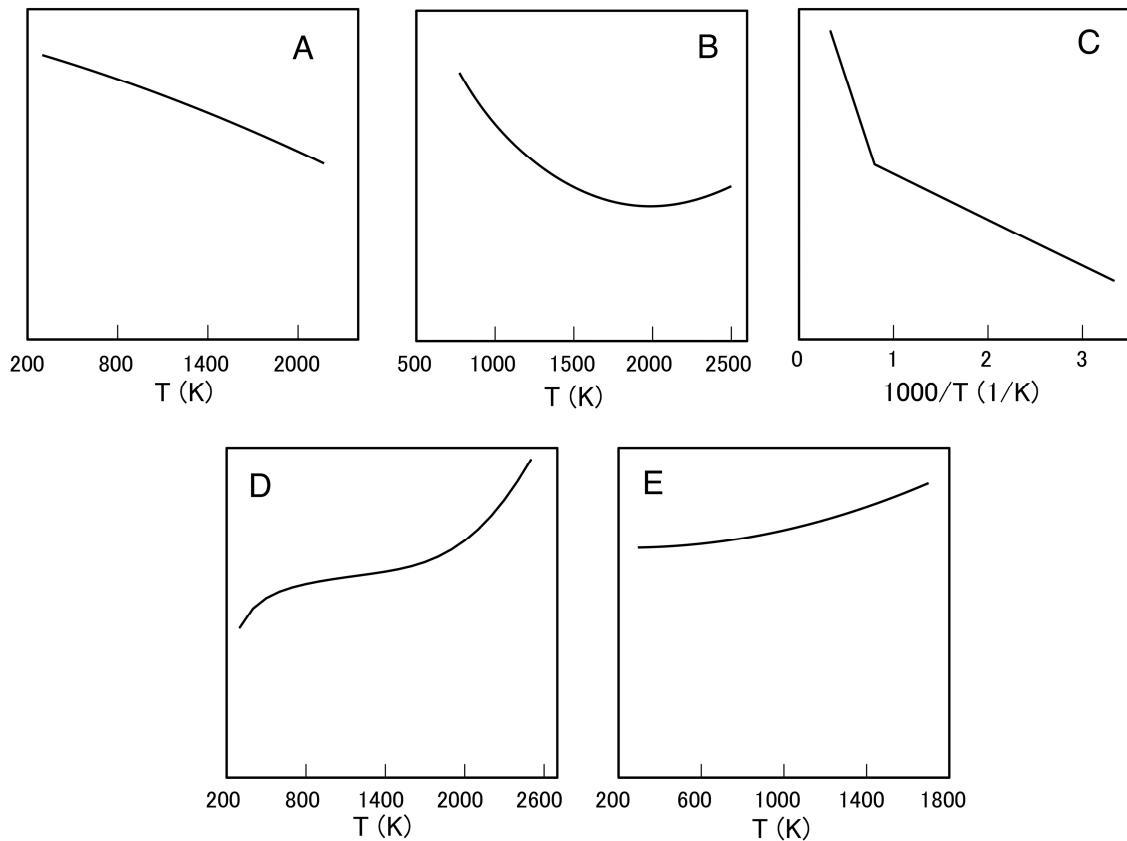


図4 UO_2 燃料ペレットの物性値の温度依存性

- (2) UO_2 燃料ペレットの室温における以下の4つの物性のおよその値を単位とともに記せ。
 ①「格子定数」、②「熱伝導率」、③「線熱膨張係数」、④「ヤング率」
- (3) UO_2 燃料と U-Zr 金属燃料を比較した際に、熱伝導機構の相違と熱伝導率の温度依存性の相違をそれぞれ述べよ。
- (4) UO_2 や $(\text{U,Pu})\text{O}_2$ 等の高融点酸化物の融点測定では、通常の示差熱分析装置(DTA)を用いることができない。代わりにどのような手法が用いられているか説明せよ。

第5問 核燃料に関する次の問いに答えよ。

- (1) ハルとは何か。その発生場所、形状、主な材質、処理・処分方法について述べよ。

- (2) ウランのインシチュ・リーチングについて、その必要性と概要を述べよ。
- (3) ウラン精錬におけるイエローケーキとは何か。その概要、その中に含まれる主成分の化学形、色、ウラン含有率等について述べよ。
- (4) 次の表は軽水炉用 MOX 燃料と高速炉用 MOX 燃料（もんじゅタイプ）の違いについて整理したものである。適切な語句又は数値を用いて空欄を埋めよ。解答は、次の表の空欄に記載されている番号とともに記述すること。

[解答例] ⑨ 東京

	軽水炉	高速炉
燃料ペレットの外径(mm)	①	②
燃料ペレットの密度(%TD)	③	④
Pu 含有率(%)	⑤	⑥
燃料被覆管の材質	⑦	⑧

