

核燃料輸送物設計変更承認申請書の一部補正について

19京大施環化第 170号
令和 元年 12月 27日

原子力規制委員会 殿

住 所 京都府京都市左京区吉田本町
氏 名 国立大学法人 京都大学

学 長 山 極 壽 一

令和元年8月21日付け19京大施環化第70号をもって申請しました核燃料輸送物設計
変更承認申請書について、下記のとおり一部補正します。

記

1. 補正の内容

- ・記載の適正化

2. 補正の理由

- ・記載の適正化を図るため

別 紙

本 [REDACTED] 型核燃料輸送物の設計変更の一部補正に伴う「別紙記載事項の変更箇所一覧表」及び「別紙記載事項」を以下に示す。

- 1. 別紙記載事項の変更箇所一覧表 別記-1
- 2. 別紙記載事項 別記-2

本補正に係る変更箇所

記載事項	変更箇所	変更内容	変更理由
(イ)章 核燃料輸送物の説明	・別記-2 の とおり	・詳細は添付のとおり	記載の適正化
(ロ)章 核燃料輸送物の安全解 析 E. 臨界解析	・別記-2 の とおり	・詳細は添付のとおり	記載の適正化

本補正に係る申請書本文及び別紙記載事項の変更分

(イ)章 核燃料輸送物の説明

(イ)－A. 目的及び条件

本輸送容器は、国立大学法人京都大学の複合原子力科学研究所に設置されている京都大学研究用原子炉（KUR）の新燃料要素 [REDACTED] を内外の加工事業者の工場からそれぞれKUR [REDACTED] に輸送することを目的とするものである。

併せて、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の原子力科学研究所に設置されている JRR-3 に装荷される新燃料要素を内外の加工事業者の工場から JRR-3 まで輸送することを目的とするものである。

さらに、原子力科学研究所に設置されている JRR-4 及び大洗研究開発センターに設置されている JMTR の新燃料要素並びに大洗研究開発センターの JMTRC で低照射された燃料を海外等に輸送することを目的とするものである。

本輸送容器の概念図を (イ)－第 A.1 図 に示す。

(1) 輸送容器の型名 [REDACTED] 型

(2) 輸送物の種類

(a) BU型核分裂性輸送物

(3) 輸送制限個数

(4) 輸送制限配列

(5) 輸送指数

(6) 臨界安全指数

(7) 輸送物の重量

(8) 輸送容器の外形寸法

(a) 外 径

(b) 高 さ

(9) 輸送容器の重量

[REDACTED] バスケット収納時

(10) 輸送容器の主要材質

(a) 本 体

ステンレス鋼、 [REDACTED]

(b) 外容器蓋

ステンレス鋼、 [REDACTED]

(イ) 第一 A.1 表 輸送容器に収納する核燃料物質等の仕様 (2/4) (新燃料)

原子炉	
燃料要素	
全装荷数 (体/容器)	
種類	
燃料芯材	
性状	²³⁵ U 重量 (g 以下 / 容器)
	U 重量 (g 以下 / 容器)
	²³⁵ U 重量 (g 以下 / 体)
	U 重量 (g 以下 / 体)
濃縮度 (wt% 以下)	総量 (GBq 以下 / 容器)
	主要な核種 (GBq 以下 / 容器)
放射能の量	
燃焼度 (% 以下)	
発熱量 (W 以下 / 容器)	
冷却日数 (日)	

- 一つの輸送容器に収納することができる核燃料物質は、原子炉毎に、種類及び濃縮度が同じ場合にのみ異なる燃料要素等を混載することができる。
- ただし、JMTRC の核燃料物質については、種類及び濃縮度が異なる燃料要素等を混載することができる。
- 重量及び発熱量は、収納する燃料要素等毎の重量及び発熱量の最大値を混載本数で案分した値とする。

(イ) - 第 A.1 表 輸送容器に収納する核燃料物質等の仕様 (4/4)

原子炉	
燃料要素	
全装荷数 (体/容器)	
種類	
燃料芯材	
性状	
重量	²³⁵ U 重量 (g 以下/容器)
	U 重量 (g 以下/容器)
	²³⁵ U 重量 (g 以下/体)
	U 重量 (g 以下/体)
濃縮度 (wt% 以下)	
放射能の量	総量 (GBq 以下/容器)
	主要な核種 (GBq 以下/容器)
燃焼度 (% 以下)	
発熱量 (W 以下/容器)	
冷却日数 (日)	

- 一つの輸送容器に収納することができる核燃料物質は、原子炉毎に、種類及び濃縮度が同じ場合にのみ異なる燃料要素等を混載することができる。
- ただし、JMTRC の核燃料物質については、種類及び濃縮度が異なる燃料要素等を混載することができる。
- 重量及び発熱量は、収納する燃料要素等毎の重量及び発熱量の最大値を混載本数で案分した値とする。

(イ) - 第 D. 3 表 収納物の燃料要素仕様 ()

分類	燃料バスケット
	原子炉
項目	
形式	
全装荷数(枚/容器)	
種類	
核的仕様	U-235濃縮度 (wt%)
	U-235含有量 (g/枚)
	U-含有量 (g/枚)
燃焼度(%)	
発熱量(w/容器)	
冷却日数(日)	
放射能の量(GBq/容器)	
材質	燃料芯材
	被覆材
	側板, 取付板等
	可燃性吸収体
形状	燃料断面形状
	参照図
燃料重量(g/枚)	

(口) - 第 E. 2 表 [redacted] の主要仕様 (2/2)

項目	[redacted]			燃料芯材	備考
	1枚当 たりの ²³⁵ U (g) 重量	の芯材 長さ (mm)	の芯材 幅 (mm)		
燃料要素の名称	[redacted]				
JRR-3 標準燃料要素	[redacted]				
JRR-3 フォロワ型燃料要素	[redacted]				
JRR-4B型燃料要素	[redacted]				
JRR-4L型燃料要素	[redacted]				
JRR-4型燃料要素	[redacted]				
JMTR 標準燃料要素	[redacted]				
JMTR 燃料フォロワ	[redacted]				
JMTRC 標準燃料要素	A	[redacted]			
	B	[redacted]			
	C	[redacted]			
	A	[redacted]			
	B	[redacted]			
	C	[redacted]			
JMTRC 燃料フォロワ	[redacted]				
JMTRC 特殊燃料要素	A	[redacted]			
	B	[redacted]			
	C	[redacted]			
	D	[redacted]			
	B	[redacted]			
	C	[redacted]			
KUR 標準燃料要素	[redacted]				
KUR 特殊燃料要素	[redacted]				
KUR 半装燃料要素	[redacted]				



上下方向モデルは、KUR [redacted]
上下とも反射境界（完全反射）とした。計算時には、金属スペーサーは使用していない。
(ロ) - 第 E. 2 図 輸送容器臨界計算モデル (KUR 燃料要素 [redacted])
■ 収納時)

E.4 未臨界性評価

E.4.1 計算条件

(1) 収納物

解析対象である収納物の11種類の燃料要素を(ロ)－第E.7表に示す。

(ロ)－第E.7表 解析対象燃料要素

項目 燃料要素の名称	²³⁵ U濃縮度 (wt%)*	輸送物当たり の最大収納数 (本)
JRR-3標準型燃料要素 ()	[Redacted]	[Redacted]
JRR-4B型燃料要素		
JRR-4L型燃料要素		
JRR-4燃料要素 ()		
JMTR標準燃料要素		
JMTR標準燃料要素		
JMTRC標準燃料要素		
JMTRC標準燃料要素		
KUR標準燃料要素		

*公称値

(2) 輸送容器

解析対象である輸送容器の内部容器を(ロ)－第E.3図に示すとおり輸送物の表面として評価する。

E.4.2 輸送物への水の浸入等

内部容器へ水は浸入するものとして臨界性を評価するために、水密度をパラメータとして臨界解析を行った。最大の実効増倍率を示す場合は、水密度0.02g/cm³の時であり、このときでも、未臨界であることを確認した。このとき、水の浸入によって輸送物の配列変化や接近及び温度変化はないものとした。

水密度の影響を評価した結果を付属書類のE.7.1に示す。

E. 4. 4 計算結果

未臨界性評価は、E. 3. 1 項に示すように最も厳しい損傷配列系を解析対象とする。

冠水時の損傷配列における実効増倍率の計算結果は(口) - 第 E. 8 表に示すとおりである。

最大の実効増倍率を示すのは輸送容器 1 基に J R R - 3 標準燃料要素 [] 収納した場合で、その実効増倍率は、 $keff \pm \sigma$ [] であり、このときの 99% 信頼区間での実効増倍率は、 $keff + 3\sigma$ [] であり、基準値 0.95 を十分下回っており、未臨界である。

[] については、[]
[]
[]
[] 場合が最も実効増倍率が高く、 $keff \pm \sigma$ [] であり、このときの 99% 信頼区間での実効増倍率は、 $keff + 3\sigma =$ [] であり、基準値 0.95 を十分下回っており、未臨界である。

[] が最も実効増倍率が高く、 $keff \pm \sigma =$ [] であり、このときの 99% 信頼区間での実効増倍率は、 $keff + 3\sigma =$ [] であり、基準値 0.95 を十分下回っており、未臨界である。

さらに、内容器内部及び輸送物の間を満たす水の密度が 1.00g/cm^3 から 0.00g/cm^3 まで変化した場合における実効増倍率への影響を、最大水密度 1.00g/cm^3 での実効増倍率が最も大きい J R R - 3 標準型燃料 [] について評価した結果、最も実効増倍率が大きくなるのは水密度 0.02g/cm^3 のときであるが、そのときでも $keff + 3\sigma$ [] であり、本輸送物は未臨界である。

加えて、[] について、内容器内部及び輸送物の間を満たす水の密度が 1.00g/cm^3 から 0.00g/cm^3 まで変化した場合における実効増倍率への影響を、最大水密度 1.00g/cm^3 での実効増倍率が最も大きい [] について評価した結果、最も実効増倍率が大きくなるのは水密度 0.001g/cm^3 のときであるが、そのときでも $keff + 3\sigma$ [] であり、本輸送物は未臨界である。なお、角型パイプ内を水の密度が 1.00g/cm^3 で計算した方が実効増倍率が高いため、この結果を示している。

なお、JMTRC 燃料については濃縮度の違う 2 種類の燃料 (MEU、HEU 燃料) を混載して輸送する場合もあり、混載した場合、 ^{235}U の装荷量は MEU 燃料のみ収納した場合の装荷量よりも少なく、実効増倍率も MEU 燃料のみ収納した場合よりも小さくなる。

(ロ) - 第 E. 8 表 冠水時臨界計算結果

燃料要素の名称	燃料芯材	$^{235}\text{U}^{*1}$ 濃縮度 (wt%)	$^{235}\text{U}^{*1}$ 重量 (g/体)	収納*2 体数	$k_{\text{eff}} \pm 1\sigma$	$k_{\text{eff}} + 3\sigma$
JRR-3 標準型燃料要素						
JRR-4B型 燃料要素						
JRR-4L型 燃料要素						
JRR-4 燃料要素						
JMTR標準 燃料要素 (MEU)						
JMTR標準 燃料要素 (LEU)						
JMTRC標準 燃料要素 (HEU)						
JMTRC標準 燃料要素 (MEU)						
JMTRC標準 燃料要素 (HEU、MEU 混載)						
KUR標準燃料 要素						

*1 計算に用いた値である。 *2 輸送容器 1 基当たりの収納体数 *3 水密度 0.02 g/cm³

*4 燃料バスケット外側の水密度が 0.001 g/cm³

E.6 結果の要約及びその評価

核分裂性輸送物に係る一般の試験条件下に置くこととした場合、(ロ) -A.9.1 に示すように、輸送容器の変形は、臨界評価体系（損傷状態を考慮した輸送物の表面）の外側である外容器の変形であり、臨界評価体系である内容容器に一辺 10cm の立方体を包含するくぼみは生じず、また外接する直方体の各辺が 10cm 未満となることはない。

本解析で最大の実効増倍率を示すのは、(ロ) -第 E.8 表に示すとおり輸送容器 1 基に JRR-3 標準型燃料要素 () 収納した場合であり、 $k_{\text{eff}}+3\sigma =$ () であり未臨界である。

E.7.1 水密度の影響評価

ここでは、輸送容器に水が浸入した場合において、内容器内外の水密度の変化が臨界性に及ぼす影響を評価する。

最適減速状態を与える水密度及びその時の体系の実効増倍率は、主に燃料要素間の距離と燃料要素間の構造物による中性子吸収により決まる。本輸送物では、燃料要素間の距離とこの間にある燃料要素を収納するパイプの肉厚は収納燃料要素による違いはない。したがって、各燃料要素の最適減速状態における未臨界性の確認は、水密度 $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ での実効増倍率が最も大きくなる燃料要素を収納した場合の実効増倍率が 0.95 を超えないことを確認することにより、その他の燃料要素においても、確認できる。

ここでは、水密度 $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ での実効増倍率が最も大きい JRR-3 標準型燃料要素 [redacted] について、内容器内外の水密度が $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ から $0.00\text{g}/\text{cm}^3$ まで変化した場合の実効増倍率を計算して、本輸送物が最適減速状態においても未臨界であることを確認する。

水密度の影響評価に用いる解析モデルは、水密度 $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ の時と同一である。

また、水を除く各領域の原子個数密度組成も同一である、

計算結果を (p)-第 E.10 表及び (p)-第 E.22 図に示す。

JRR-3 標準型燃料要素については、水密度 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ において最適減速状態が起っているが、このときの実効増倍率は、 $k_{\text{eff}}+3\sigma =$ [redacted] であり、基準値 0.95 を下回っている。 [redacted] の場合は、水密度 $0.001\text{g}/\text{cm}^3$ において最適減速状態が起っているが、このときの実効増倍率は、 $k_{\text{eff}}+3\sigma =$ [redacted] であり、基準値 0.95 を下回っている。

水密度 $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ の水に浸された状態での実効増倍率が最も大きい輸送容器 1 基当り JRR-3 標準型燃料要素 [redacted] 収納時でも、最適減速状態における未臨界性は確保されており、本輸送物は如何なる条件下でも未臨界であるといえる。

(㉓)一第 E. 10 表 水密度の変化に伴う実効増倍率の変化

(J R R - 3 標準型燃料要素 (██████████ 収納時)

水 密 度 (g / cc)	k_{eff}	1σ	$k_{eff} + 3\sigma$
1.00			
0.60			
0.40			
0.20			
0.10			
0.05			
0.02			
0.01			
0.00			
水 密 度 (g / cc)			
1.00			
0.5			
0.1			
0.01			
0.00			