

輸送容器①の設計承認申請に関する説明資料

京都大学複合原子力科学研究所

第 1 表 収納する核燃料物質等の仕様

項目		仕様	
種類		[Redacted]	
性状			
型式			
寸法 (mm)			
重量 (g 以下)			
輸送物 1 基あたりの仕様	収納数 (以下)		
	²³⁵ U 重量 (kg 以下)		
	ウラン濃縮度 (wt% 以下)		
	放射能の量 (Bq 以下)		
	主要核種の放射能の量 (Bq 以下)		²³⁵ U
	発熱量 (W 以下)		
燃焼度 (%)			
冷却日数 (日以上) ※1			

※ 1 : 2021 年 4 月時点

(イ) - 第 A.1 表 輸送容器に収納する核燃料物質等の仕様

項目		仕様	
種類		[Redacted]	
性状			
型式			
寸法 (mm)			
重量 (g 以下)			
輸送物 1 基あたりの仕様	収納数 (以下)		
	²³⁵ U 重量 (kg 以下)		
	ウラン濃縮度 (wt% 以下)		
	放射能の量 (Bq 以下)		
	主要核種の放射能の量 (Bq 以下)		²³⁵ U
	発熱量 (W 以下)		
燃焼度 (%)			
冷却日数 (日以上) ※1			

※1 : 2021年4月時点

(イ) - 第 D. 4 表 収納物の燃料要素仕様

分類	燃料バスケット
	種類
形式	
全装荷数 (■/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
質	可燃性吸収体
形状	燃料断面形状
	参照図
燃料重量 (■)	

(2) 低照射された燃料要素装荷時

(a) ウランからの同位体によるガンマ線源

収納物に含まれるウラン同位体は、主に ^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{236}U 、 ^{238}U 等であり、それらのガンマ線放出率を (p) ー 第 D. 6 表⁽¹⁾ に示す。

放射能が最も高い [REDACTED] して輸送する収納物の 1 体相当 (以下「混合燃料要素」という) のガンマ線源強度を (p) ー 第 D. 7 表に示す。そのガンマ線源強度は、次式で求めた。なお、[REDACTED] 評価値はこれらの結果に包含される。

$$S_E = C \cdot W \cdot R_E$$

ここで S_E : エネルギー E のガンマ線源強度 (Photons/s)

C : 比放射能 (Bq/g) : (p) ー 第 D. 8 表⁽²⁾ に示す。

W : ウラン同位体の重量 (g)

R_E : エネルギー E のガンマ線放出割合 (photons/decay)

ウラン同位体の重量は以下に示す方法で保守的に算定した。

(i) ^{235}U 量 : 燃料の最大 ^{235}U 含有量

(ii) ^{238}U 量 : ^{234}U 量及び ^{236}U 量をゼロとし、(i) で求めた ^{235}U 量と濃縮度の公差の下限を用いて ^{238}U 量を求めた。

(iii) ^{234}U 、 ^{236}U 量 : ^{234}U 及び ^{236}U 量は、燃料製作時に決定されるので、重量の制限値は定められていない。このため過去のミルシート等から最大重量比を選出し、それらを保守的に切り上げた重量比を用いて、 ^{234}U 及び ^{236}U の重量を算出した。また、この際に必要なウラン全量は (i) で求めた ^{235}U 量と (ii) で求めた ^{238}U 量の合計である。なお、計算に用いた ^{234}U 及び ^{236}U の重量比を (p) ー 第 D. 9 表に示す。

計算に用いた燃料要素 1 体あたりのウラン同位体の重量を (p) ー 第 D. 10 表に示す。

(ロ)－E．臨界解析

E.1 概 要

核分裂性輸送物に係る一般の試験条件及び特別の試験条件下における緩衝体及び断熱材の変形等を考慮し、解析モデルとして、緩衝材及び断熱材を無視した最も厳しい状態となる損傷配列系について、未臨界性を3次元モンテカルロ法を用いて行った。

本輸送容器には、[]が収納される。本輸送容器1基に収納する要素数は、[]体である。また、[]燃料として、[]を燃料バスケットに収納する。加えて []

本解析では、[]
[]場合について臨界解析を行う。[]
[]に比べて、燃料要素1体当たりの²³⁵Uの含有量が同じかあるいは少ないため、輸送容器収納時の実効増倍率は小さくなるので評価対象外とする。

また、[]
[]臨界解析を行う。

[] (ロ)－A章で示したとおり輸送物の健全性が維持
されることより、[]

なお、[]については濃縮度の違う []
[]混載して輸送する場合もある。したがって、ここで []
[]に加えて混載の一例として []を
収納した場合について、未臨界性を確認するものとする。

本解析に用いた内容容器内の燃料要素配列モデルを(ロ)－第E.3図 [redacted] 示す。内容容器は浸水するものとして、内容容器の内部及び外部の空隙は全て密度 $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ の水で満たされているものとした。内容容器内での中性子吸収を小さく見積るために、 [redacted] の構造物は無視して水で置き換えた。

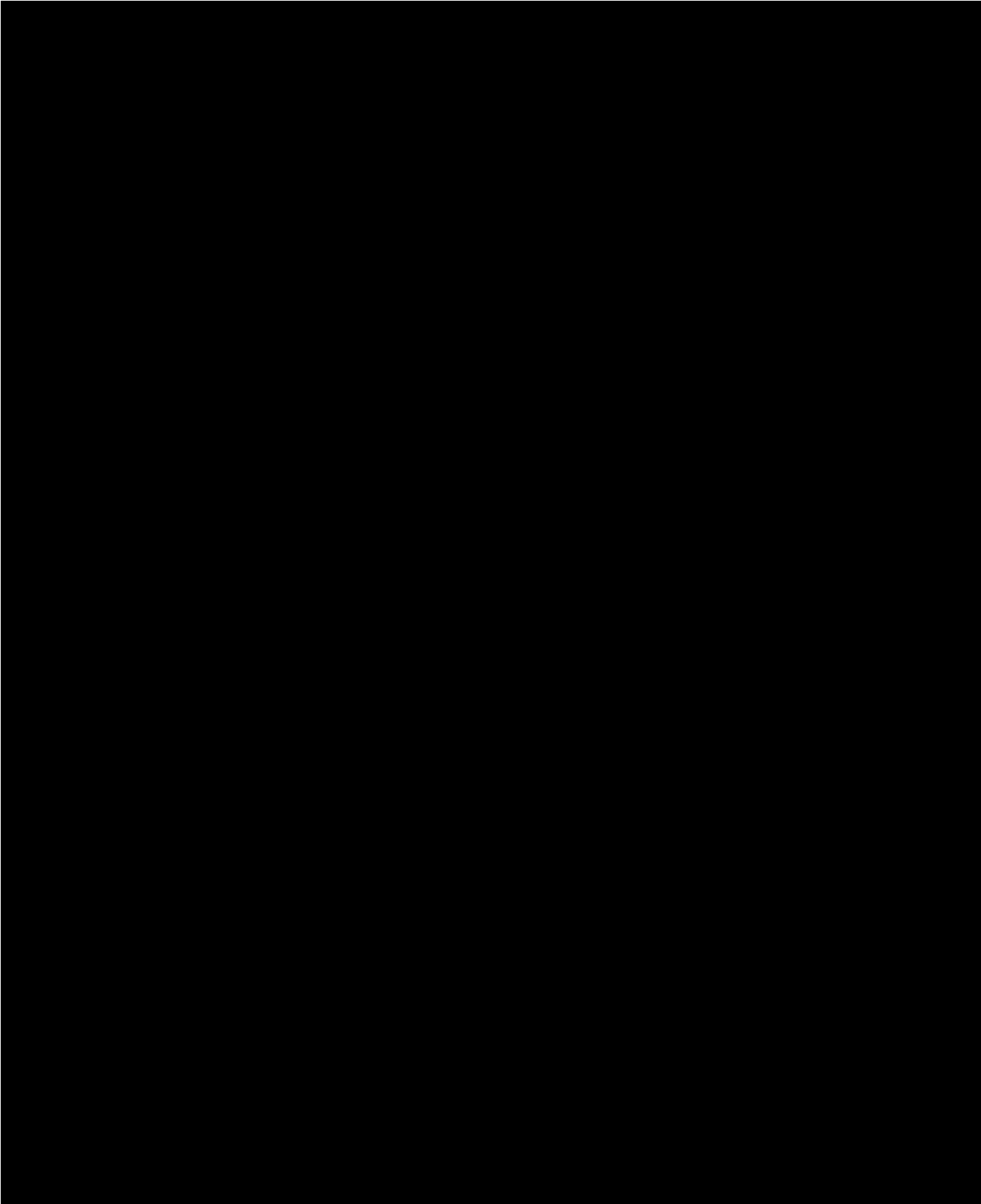
[redacted] は濃縮度の違う [redacted] を混載する場合もあるため、その一例となる混載を考慮した臨界解析モデルを(ロ)－第E.4図に示す。

解析対象である [redacted] の燃料要素の解析モデルを(ロ)－第E.5図から(ロ)－第E.14図に示す。 [redacted] については [redacted] で燃料芯材の組成が異なる以外は、同一のモデルとした。燃料要素の上部及び下部構造物は無視して、燃料部分が無限の長さを持つものとした。 [redacted]

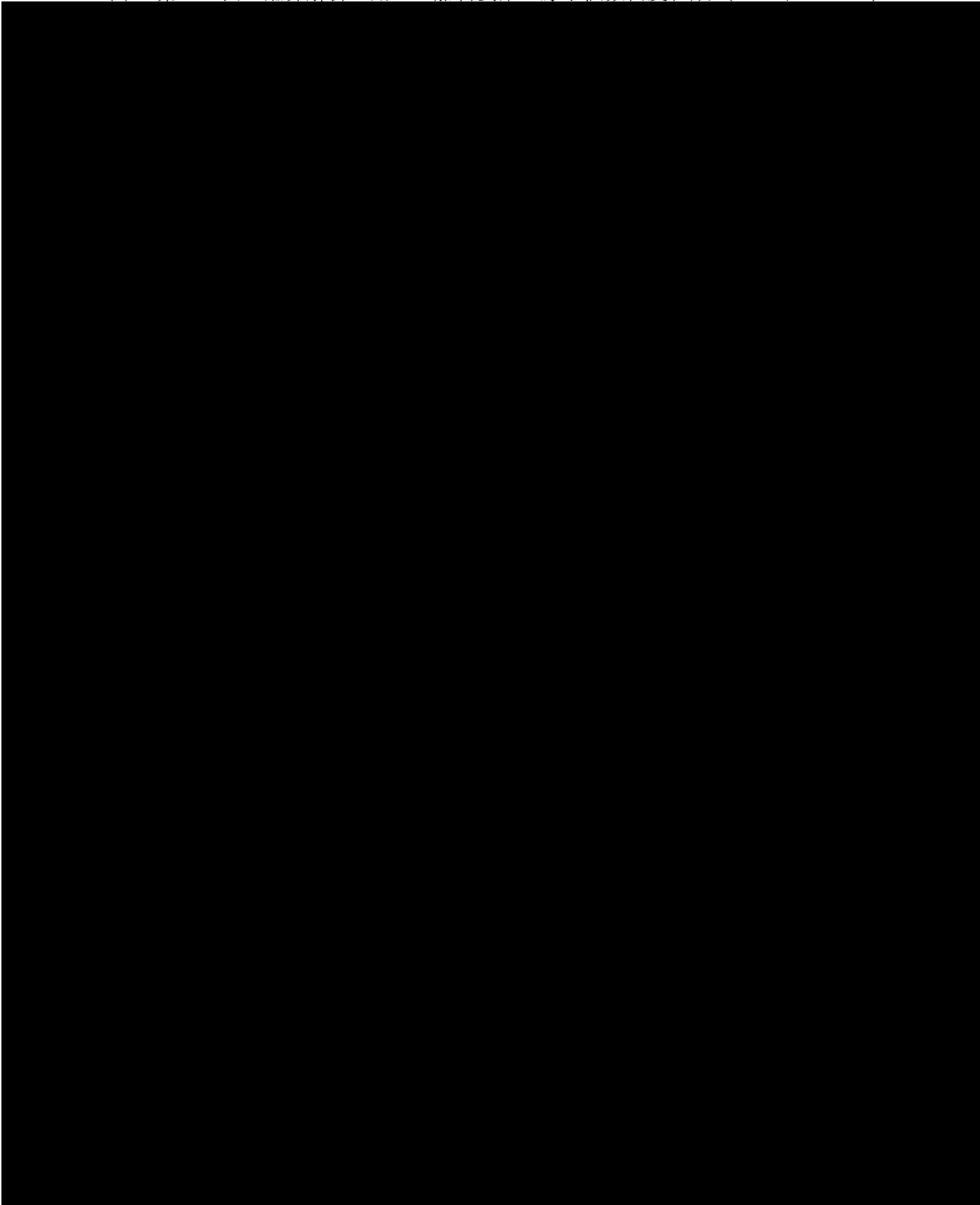
[redacted] については、外側燃料板も内側燃料板と同一の構造であるとして、 ^{235}U の量を多く見積るようにした [redacted]

E.3.2 臨界解析モデル各領域の原子個数密度

計算に使用した輸送容器各領域の原子個数を(ロ)－第E.5表に示す。また、燃料要素各部の原子個数密度を(ロ)－第E.6表に示す。 ^{235}U 濃縮度は公差の最大値として、安全側に実効増倍率を計算するようにした。



(口) - 第 E. 6 表 臨界解析に用いた燃料要素の原子個数密度組成 (atoms/barn-cm)



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(ロ) - 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 [REDACTED] 収納した場合で、その実効増倍率は、 $k_{eff} \pm \sigma = 0.902 \pm 0.005$ であり、このときの 99%信頼区間での実効増倍率は、 $k_{eff} + 3\sigma = 0.917$ であり、基準値 0.95 を十分下回っており、未臨界である。

[REDACTED]、 $k_{eff} \pm \sigma = 0.8080 \pm 0.0026$ であり、このときの 99%信頼区間での実効増倍率は、 $k_{eff} + 3\sigma = 0.8158$ であり、基準値 0.95 を十分下回っており、未臨界である。

[REDACTED]、 $k_{eff} \pm \sigma = 0.9055 \pm 0.003$ であり、このときの 99%信頼区間での実効増倍率は、 $k_{eff} + 3\sigma = 0.9145$ であり、基準値 0.95 を十分下回っており、未臨界である。

[REDACTED] その実効増倍率は、 $k_{eff} \pm \sigma = 0.3935 \pm 0.0022$ であり、このときの 99%信頼区間での実効増倍率は、 $k_{eff} + 3\sigma = 0.4001$ 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 [REDACTED] 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 [REDACTED] のときであるが、そのときでも $k_{eff} + 3\sigma = 0.939$ であり、本輸送物は未臨界である。

加えて、[REDACTED] [REDACTED]、最も実効増倍率が大きくなるのは水密度 [REDACTED] のときであるが、そのときでも $k_{eff} + 3\sigma = 0.9325$ であり、本輸送物は未臨界である。なお [REDACTED] 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。

また、[REDACTED] 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評価した結果、最も実効増倍率が大きくなるのは [REDACTED]

■であるが、そのときでも $k_{eff} + 3\sigma = 0.4001$ であり、
本輸送物は未臨界である。

なお、■

■場合の装荷量よりも少なく、実効増倍率も■場合よりも小さくなる。

(口) - 第 E. 8 表 冠水時臨界計算結果

