

2020年4月13日
京大 KUCA ヒアリング資料

京都大学臨界実験装置 (KUCA)
設置変更承認申請について

京都大学複合原子力科学研究所

1. 軽水減速炉心の解析

1. 1 代表炉心

「第 337 回核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合」(2020 年 2 月 17 日)において、解析を行う代表炉心について選定について説明した。内容は以下の通りである。

- 1) C30、C35、C45、C60 炉心で燃料体の配置は 4 列、5 列とする。
- 2) C45 と C60 炉心での 2 分割炉心(分割面について対称)の分割幅は、2cm、5cm、7cm、10cm、15cm とする。

1) より単一炉心の代表炉心としては、燃料セルの異なる 4 種類の炉心で各々について列数の異なる 2 種類の合計 8 炉心を選定する。また、2) より 2 分割炉心としては、燃料セルの異なる 2 種類の炉心で列数の異なる 2 種類の炉心、分割幅は 5 種類であるので合計 20 炉心を選定する。

解析手法については「第 343 回核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合」(2020 年 3 月 16 日)に説明した通りである。

1. 2 臨界量、動特性パラメータ、反応度温度係数等

軽水減速炉心の臨界となる体系の臨界量の臨界 ($k_{eff}=1.0$) となる炉心高さ、臨界量の解析結果を表 1 に、動特性パラメータ、反応度温度係数、ボイド反応度係数の解析結果を表 2 に、炉心配置の例を図 2、3 に示す。

なお 2 分割炉心の C45G(6H₂O)、C45G(4H₂O) C45G(6H₂O) (分割幅が 4cm または 6cm) についてはここで取り上げる代表炉心には含まれていなかったが、これらは反応度温度係数が正となる炉心であったので、分割幅に対する温度係数の変化を調べるために追加で取り上げた。

KUCA での核的制限値として、軽水減速炉心の燃料装荷量は [] であることが規定されている。「核計算の妥当性の確認について」の項目で臨界質量の解析精度は ±4%としているので、代表炉心の解析においては

[] であることが求められるが、表 1 の全ての炉心においてこの基準値を満足している。

「グレーのマスキング範囲は不開示情報」

なお、軽水減速架台の燃料を装荷する格子板には図1に示す通り燃料フレームを装荷することができる穴が16×15個が約7.1cm間隔で配置されており、炉心長さは最大で7.1×15=約106cm取ることができる。表1の炉心長さは全てこれ以下であるので格子板上に全ての炉心を構成することができる。

反応度温度係数については核的制限値として $+2 \times 10^{-4} \% \Delta k/k/^\circ C$ 以下であることを記載されている。「核計算の妥当性の確認について」の項目で反応度温度係数の解析精度は±32%としているので、各炉心の反応度温度係数は

$$(2 - 2 \times 0.32) \times 10^{-4} = 1.36 \times 10^{-4} \% \Delta k/k/^\circ C \text{以下}$$

であることが求められるが、表2の全ての炉心においてこの基準値を満足している。

各炉心の β_{eff} (実効遅発中性子割合)、 ℓ (中性子平均寿命)、 β_{eff}/ℓ を図4～6に示す。 β_{eff} はH/U-235が増加したとき100近傍で最大となりその後減少するが、最大値と最小値の違いは2%以下と非常に小さい。 ℓ はH/U-235はH/U-235の増加に対して単調に増加している。

C45の2分割炉心の温度係数を図7に示す。5列炉心では分割幅が約4～8cmのときに温度係数が正になり、4列炉心では分割幅が約6cmのときのみ温度係数が正になることが判る。

表1 代表炉心の臨界量 (LEU 軽水減速炉心)

炉心名称 ^a	H/ ²³⁵ U	列	
C30G0	80	4	
		5	
C35G0	109	4	
		5	
C45G0	167	4	
		5	
C60G0	247	4	
		5	
C45G (2H ₂ O)	167	4	
C45G (5H ₂ O)			
<u>C45G (6H₂O)</u> ^c			
C45G (7H ₂ O)			
C45G (10H ₂ O)			
C45G (15H ₂ O)			
C45G (2H ₂ O)		5	
<u>C45G (4H₂O)</u> ^c			
C45G (5H ₂ O) ^c			
<u>C45G (6H₂O)</u>			
C45G (7H ₂ O)			
C45G (10H ₂ O)			
C45G (15H ₂ O)			
C60G (2H ₂ O)	247	4	
C60G (5H ₂ O)			
C60G (7H ₂ O)			
C60G (10H ₂ O)			
C60G (15H ₂ O)			
C60G (2H ₂ O)		5	
C60G (5H ₂ O)			

「グレーのマスキング範囲は不開示情報」

C60G (7H ₂ O)			
C60G (10H ₂ O)			
C60G (15H ₂ O)			

a :

炉心名称について

- C の後の数値は燃料板ピッチ (35 は 3.5 mmピッチ)
- G の後に括弧があるときは 2 分割炉心で、括弧内の数値は炉心間距離を cm 単位で示し、その後に炉心間の物質名 (ここでは軽水 H₂O) を示す
- G の後の数値が 0 のときは単一炉心

b : 炉心長さは各燃料フレーム列に装荷する燃料板の長さ(2 分割炉心は 2 つの炉心長さの和)

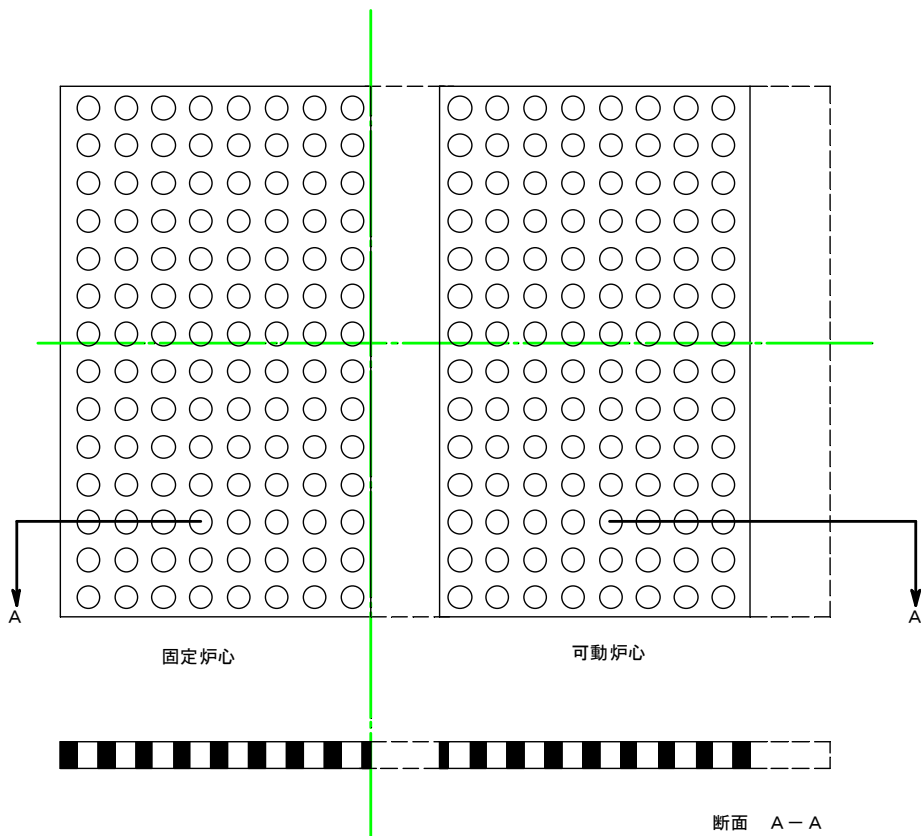


図1 軽水減速架台 格子板

表 2 代表炉心の各種炉心パラメータ (LEU 軽水減速炉心)

炉心名称 ^a	H/ ²³⁵ U	列	β_{eff} (-) ^b	ℓ (s) ^b	β_{eff}/ℓ (s ⁻¹)	温度係数 ($\Delta k/k/^\circ\text{C}$)	ボイド係数 ($\Delta k/k/\%\text{void}$)
C30G0	80	4	7.65×10^{-3}	3.85×10^{-5}	199.0	-6.61×10^{-5}	-3.52×10^{-3}
		5	7.65×10^{-3}	3.82×10^{-5}	200.2	-6.58×10^{-5}	-3.55×10^{-3}
C35G0	109	4	7.67×10^{-3}	4.09×10^{-5}	187.3	-7.10×10^{-5}	-3.65×10^{-3}
		5	7.66×10^{-3}	4.10×10^{-5}	187.1	-7.07×10^{-5}	-3.64×10^{-3}
C45G0	167	4	7.64×10^{-3}	4.58×10^{-5}	166.8	-9.16×10^{-5}	-3.66×10^{-3}
		5	7.64×10^{-3}	4.60×10^{-5}	166.1	-8.88×10^{-5}	-3.63×10^{-3}
C60G0	247	4	7.58×10^{-3}	5.22×10^{-5}	145.3	-7.11×10^{-5}	-3.39×10^{-3}
		5	7.58×10^{-3}	5.23×10^{-5}	144.9	-7.02×10^{-5}	-3.37×10^{-3}
C45G(2H ₂ O)	167	4	7.59×10^{-3}	4.96×10^{-5}	153.1	-7.01×10^{-5}	-3.06×10^{-3}
C45G(5H ₂ O)			7.48×10^{-3}	5.45×10^{-5}	137.3	-2.58×10^{-6}	-2.85×10^{-3}
<u>C45G(6H₂O)</u> ^c			7.48×10^{-3}	5.42×10^{-5}	137.9	<u>2.24×10^{-6}</u>	-2.94×10^{-3}
C45G(7H ₂ O)			7.49×10^{-3}	5.33×10^{-5}	140.4	-3.66×10^{-6}	-3.05×10^{-3}
C45G(10H ₂ O)			7.55×10^{-3}	5.01×10^{-5}	150.7	-3.45×10^{-5}	-3.35×10^{-3}
C45G(15H ₂ O)			7.61×10^{-3}	4.72×10^{-5}	161.2	-7.10×10^{-5}	-3.57×10^{-3}
C45G(2H ₂ O)		5	7.58×10^{-3}	5.04×10^{-5}	150.3	-6.36×10^{-5}	-2.93×10^{-3}
<u>C45G(4H₂O)</u> ^c			7.48×10^{-3}	5.55×10^{-5}	134.8	-2.68×10^{-6}	-2.64×10^{-3}
C45G(5H ₂ O) ^c			7.44×10^{-3}	5.66×10^{-5}	131.6	<u>4.06×10^{-5}</u>	-2.66×10^{-3}
<u>C45G(6H₂O)</u>			7.43×10^{-3}	5.66×10^{-5}	131.4	<u>4.64×10^{-5}</u>	-2.74×10^{-3}
C45G(7H ₂ O)			7.44×10^{-3}	5.58×10^{-5}	133.5	<u>2.69×10^{-5}</u>	-2.87×10^{-3}
C45G(10H ₂ O)			7.51×10^{-3}	5.20×10^{-5}	144.6	-9.78×10^{-6}	-3.22×10^{-3}
C45G(15H ₂ O)			7.59×10^{-3}	4.81×10^{-5}	158.0	-5.90×10^{-5}	-3.51×10^{-3}
C60G(2H ₂ O)			247	4	7.52×10^{-3}	5.59×10^{-5}	134.5
C60G(5H ₂ O)	7.43×10^{-3}	5.95×10^{-5}			125.0	-5.94×10^{-6}	-2.51×10^{-3}
C60G(7H ₂ O)	7.45×10^{-3}	5.82×10^{-5}			128.1	-2.55×10^{-6}	-2.70×10^{-3}
C60G(10H ₂ O)	7.51×10^{-3}	5.55×10^{-5}			135.3	-2.80×10^{-5}	-3.03×10^{-3}
C60G(15H ₂ O)	7.56×10^{-3}	5.33×10^{-5}			141.8	-5.09×10^{-5}	-3.26×10^{-3}
C60G(2H ₂ O)	5	7.51×10^{-3}		5.67×10^{-5}	132.5	-5.39×10^{-5}	-2.72×10^{-3}
C60G(5H ₂ O)		7.40×10^{-3}		6.14×10^{-5}	120.3	-8.53×10^{-6}	-2.51×10^{-3}
C60G(7H ₂ O)		7.41×10^{-3}		6.03×10^{-5}	122.8	-7.49×10^{-6}	-2.71×10^{-3}

「グレーのマスクング範囲は不開示情報」

C60G (10H ₂ O)			7.47×10^{-3}	5.70×10^{-5}	131.1	-2.85×10^{-5}	-3.03×10^{-3}
C60G (15H ₂ O)			7.54×10^{-3}	5.39×10^{-5}	139.9	-6.74×10^{-5}	-3.27×10^{-3}

b 定数について

β_{eff} 実効遅発中性子割合、 ℓ 中性子平均寿命

c 反応度温度係数は温度を 25°Cから 35°Cに変化させたときの実効増倍率の変化から求めた。温度係数が正になる場合については下線を付した

「グレーのマスキング範囲は不開示情報」

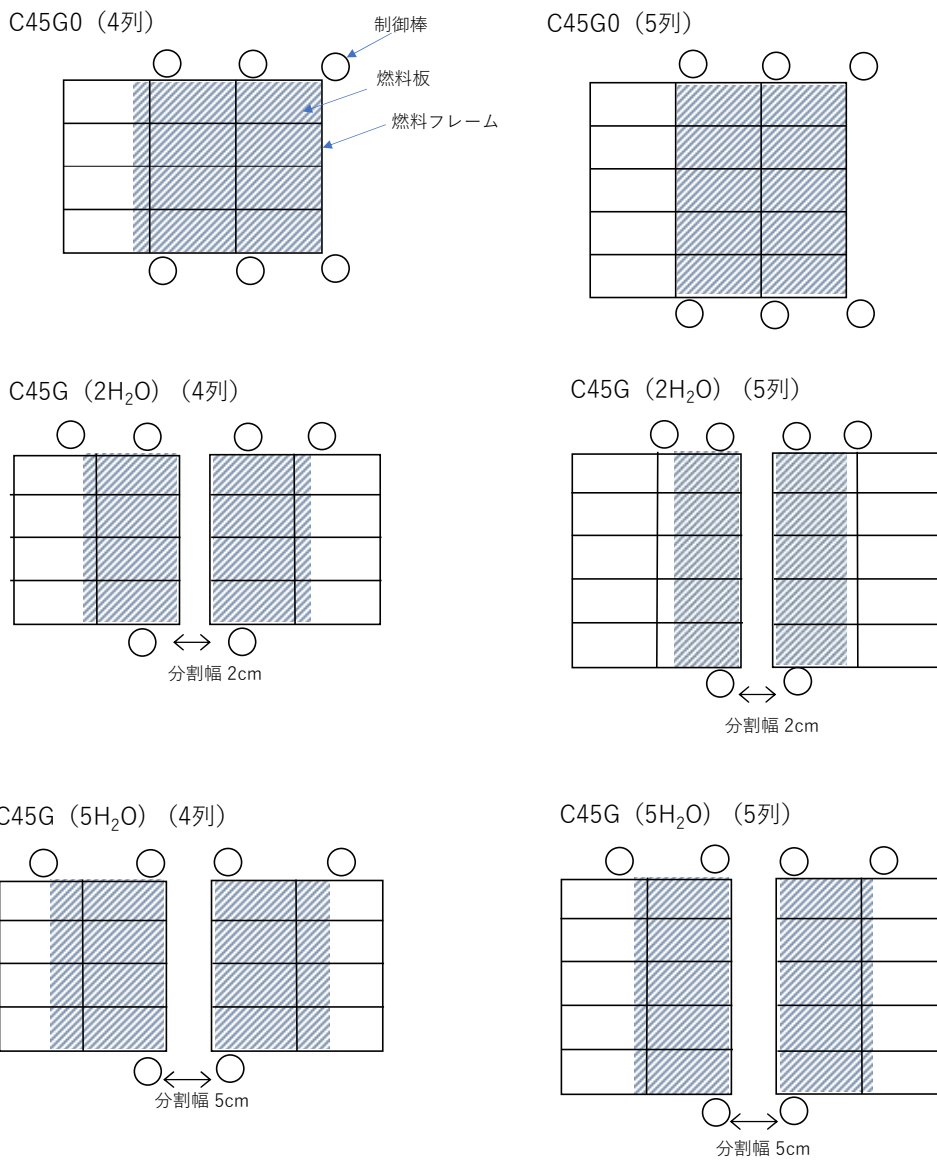


図2 軽水減速炉心の炉心配置例 (1)

「グレーのマスクング範囲は不開示情報」

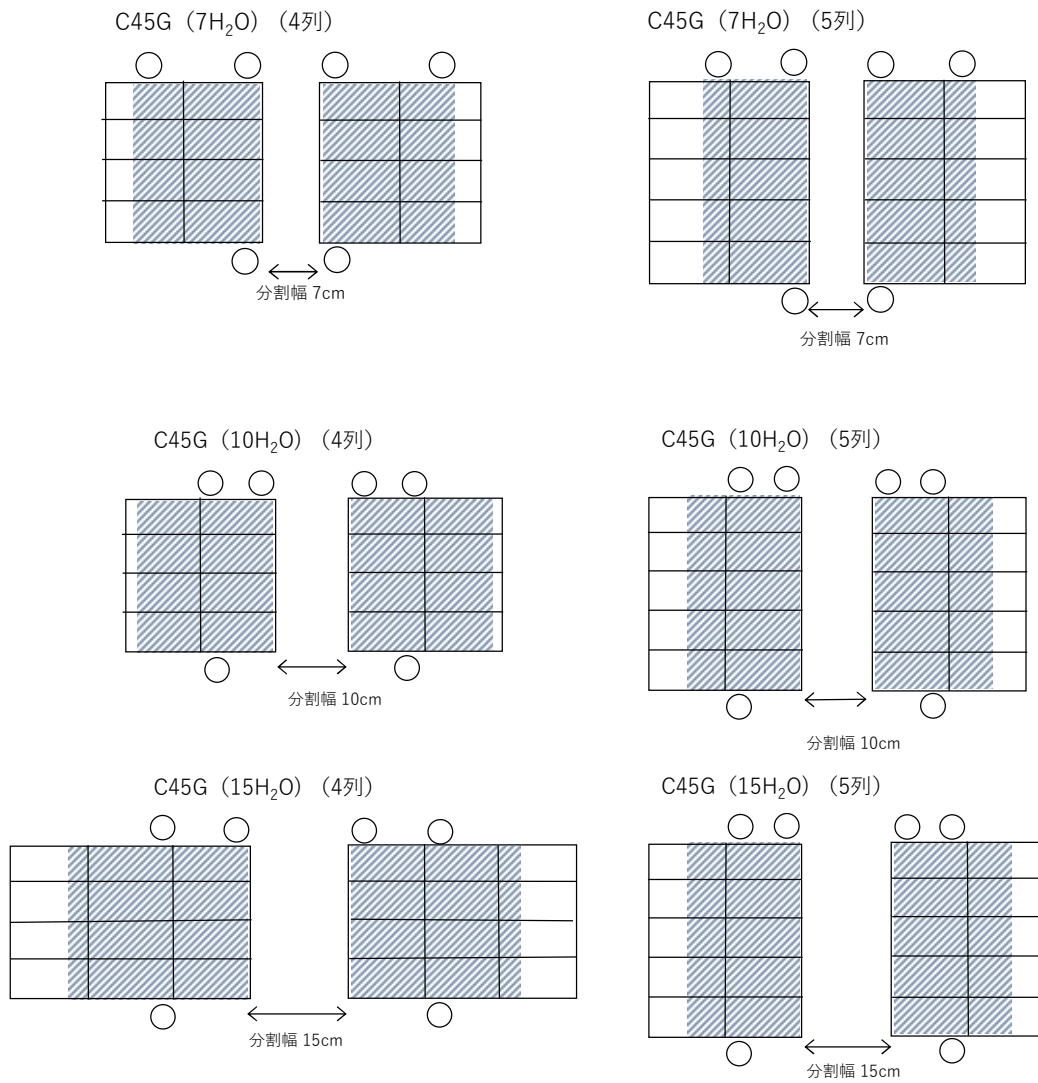


図3 軽水減速炉心の炉心配置例 (2)

「グレーのマスクング範囲は不開示情報」

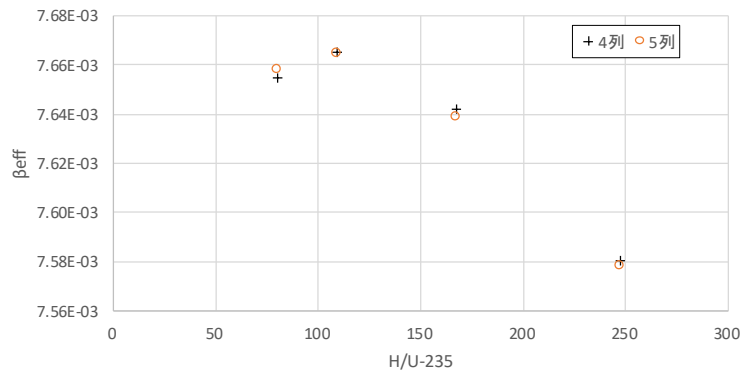


図 4 単一炉心の β_{eff}

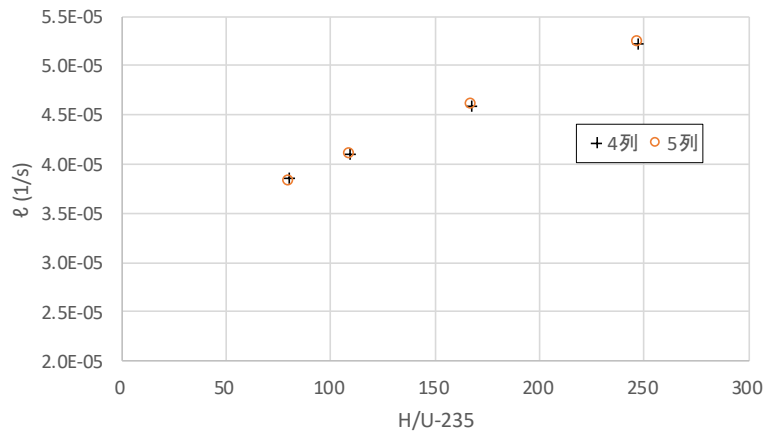


図 5 単一炉心の λ

「グレーのマスクング範囲は不開示情報」

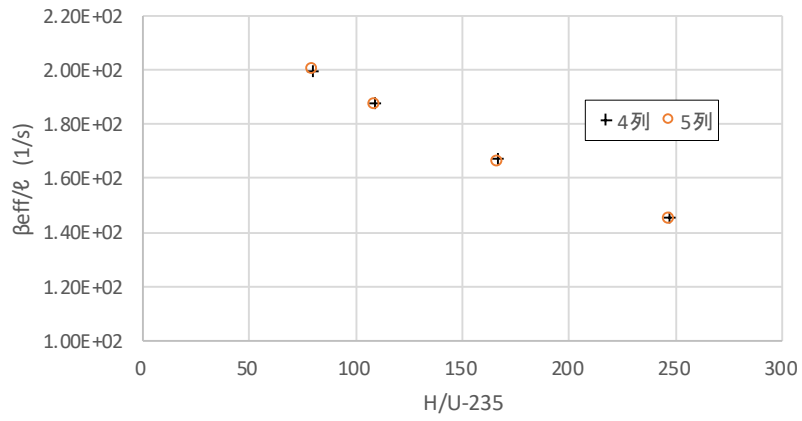


図 6 単一炉心の β_{eff}/λ

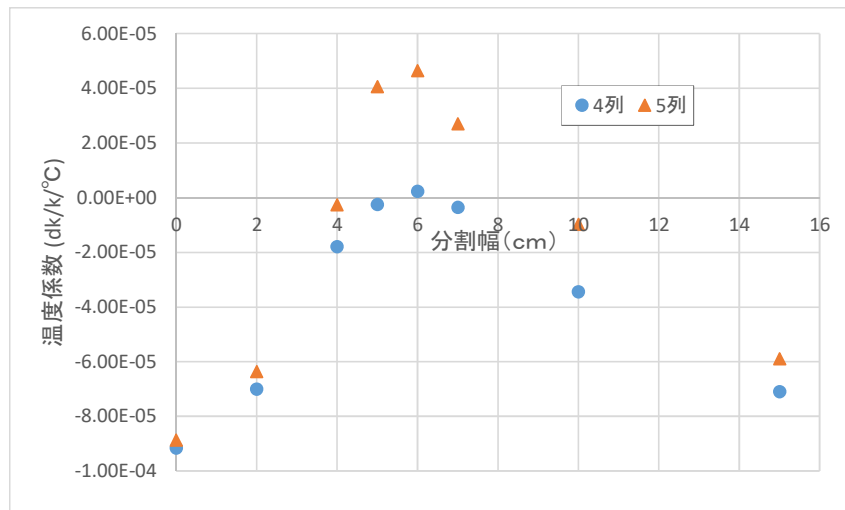


図 6 C45 の 2 分割炉心の温度係数

1. 3 制御棒反応度価値

各炉心の制御棒反応度価値の解析結果を表 3 に示す。

ここで各炉心は燃料板の枚数の調整により過剰反応度を軽水減速炉心の核的制限値である $0.5\% \Delta k/k$ とした炉心である。

KUCA での核的制限値として、

全制御棒価値が「 $1(\% \Delta k/k) + 過剰反応度(\% \Delta k/k)$ 」以上であること

制御棒の最大反応度添加率は臨界近傍で $0.02 (\% \Delta k/k/s)$ 以下であること

制御棒反応度の最大の 1 本は全反応度の $1/3$ 以下であること

が規定されている。

「核計算の妥当性の確認について」の項目で制御棒反応度の解析精度は $\pm 18\%$ としている
ので、代表炉心の解析においては

全制御棒価値： $(1+0.5) \times (1+0.18) = 1.77 (\% \Delta k/k)$ 以上であること

制御棒の最大反応度添加率： $0.02 \times (1-0.18) = 0.0164 (\% \Delta k/k/s)$ 以下であること

制御棒反応度の最大の 1 本は全反応度の $1/3$ 以下であること

が求められるが、表 3 の全ての炉心においてこの基準値を満足している。

反応度が最大の制御棒の反応度の全反応度に対する割合については、表 3 の割合が約 28% を越えて核的制限値 (33.3%) に近くなる厳しい炉心については「第 343 回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合 (2020 年 3 月 16 日)」の補足 1 で説明した方法により割合の誤差を検討し、結果を表 4 に示す。これらの全ての炉心について解析精度である $\pm 18\%$ を考慮しても核的制限値の $1/3$ 以下であることを確認した。

表 3 代表炉心の制御棒反応度値 (LEU 軽水減速炉心)

炉心名称 ^a	列	全反応度 (% $\Delta k/k$) ¹⁾	最大反応度 (% $\Delta k/k$) (割合%) ²⁾	最大反応度添 加率 ^{3) 4)} (% $\Delta k/k/s$)
C30G0	4	<u>2.87</u>	0.66 (23)	0.015
	5	2.55	0.65 (26)	0.014
C35G0	4	3.22	0.75 (23)	0.013
	5	2.19	0.56 (26)	0.013
C45G0	4	<u>2.80</u>	0.68 (24)	0.016
	5	1.83	0.52 (28)	0.012
C60G0	4	2.43	0.60 (25)	0.014
	5	<u>1.85</u>	0.52 (28)	0.012
C45G(2H ₂ O)	4	2.43	0.55 (23)	0.013
C45G(5H ₂ O)		2.09	0.48 (23)	0.008
C45G(6H ₂ O)		<u>1.87</u>	0.43 (23)	0.010
C45G(7H ₂ O)		2.01	0.38 (19)	0.009
C45G(10H ₂ O)		2.38	0.40 (17)	0.009
C45G(15H ₂ O)		2.31	0.40 (17)	0.009
C45G(2H ₂ O)	5	1.80	0.41 (23)	0.009
C45G(4H ₂ O)		<u>1.86</u>	0.38 (21)	0.009
C45G(5H ₂ O)		<u>1.84</u>	0.34 (18)	0.008
C45G(6H ₂ O)		<u>1.79</u>	0.33 (18)	0.008
C45G(7H ₂ O)		<u>1.84</u>	0.34 (19)	0.008
C45G(10H ₂ O)		<u>1.89</u>	0.34 (18)	0.008
C45G(15H ₂ O)		<u>1.78</u>	0.32 (18)	0.007
C60G(2H ₂ O)	4	2.00	0.46 (23)	0.011
C60G(5H ₂ O)		2.00	0.39 (20)	0.009
C60G(7H ₂ O)		2.19	0.37 (17)	0.009
C60G(10H ₂ O)		2.00	0.34 (17)	0.008
C60G(15H ₂ O)		1.89	0.32 (17)	0.007
C60G(2H ₂ O)	5	<u>1.80</u>	0.38 (21)	0.009
C60G(5H ₂ O)		<u>1.77</u>	0.33 (19)	0.008

「グレーのマスキング範囲は不開示情報」

C60G(7H ₂ O)		<u>1.92</u>	0.44 (23)	0.010
C60G(10H ₂ O)		<u>1.97</u>	0.55 (28)	0.013
C60G(15H ₂ O)		<u>1.90</u>	0.56 (29)	0.014

- 1) 下線を付けた炉心については「第 331 回核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合（2020 年 1 月 27 日）」の結果(表 7)から制御棒の配置を変更した炉心（解析誤差を考慮していなかったため）
- 2) 括弧内の数値は全反応度に対する割合(%)
- 3) 炉心中心高さ位置での反応度添加率
- 4) 反射体節約は以下の通り
C30: 9.3cm、C35: 8.5cm、C45: 7.8cm、C30: 7.3cm

表 4 各炉心の制御棒反応度の最大の 1 本が全反応度に占める割合 f

炉心	C 1 (%Δk/k)	C 2 (%Δk/k)	C 3 (%Δk/k)	Total (%Δk/k)	比率 f (%)
C60G0 (5 列)	0.525	0.156	0.245	1.851	28.3±2.7
C60G(10H ₂ O)	0.093	0.548	0.343	1.966	27.9±2.9
C60G(15H ₂ O)	0.064	0.559	0.328	1.900	29.4±2.9

1. 4 ダンプ排水の反応度

炉心のダンプ排水（減速材である軽水をすべて排水）の反応度について評価を行った。

ここでは炉心上部の軽水のみを除去した場合を想定して、燃料板のミート部（ウランの含まれる部分）より上部がすべて無いものと仮定して（3次元炉心計算でz方向ミート部の上端を真空境界条件する）、そのときの実効増倍率の値から反応度を求めた。

ここではスペクトルの最も硬い C30 炉心と最も柔らかい C60 炉心の単一炉心、および上部反射体除去の反応度変化の小さな C60 炉心（スペクトルが柔らかいため反射体効果が小さい）の2分割炉心を取り上げた。

結果を表 8 に示す。このすべての炉心において反応度の変化量は $1\% \Delta k/k$ 以上であり、炉心タンク内の軽水が燃料板のミート部以下まで排水されれば核的制限値（ $1\% \Delta k/k$ 以上）を満足することになる。

一部の炉心（C45(4列)、C30(4列)炉心）について、軽水がすべて炉心タンクから排水されて減速材および反射材が無くなった場合の実効増倍率をモンテカルロ計算コード MCNP により計算した。表 6 に示すとおり、軽水が無くなった場合の実効増倍率は核的制限値に比べて十分に小さな値となっている。

表 5 ダンプ排水反応度

炉心名称	上部反射体(軽水)を除いたときの反応度 ($\% \Delta k/k$)
C30G0(5列)	1.66
C60G0(5列)	1.06
C60G(7H ₂ O)(5列)	1.06
C60G(15H ₂ O)(5列)	1.04

表 6 ダンプ排水後の実効増倍率

炉心名称	上部反射体(軽水)を除いたときの反応度 ($\% \Delta k/k$)
C30G0(5列)	0.10450 ± 0.00010
C45G0(5列)	0.06889 ± 0.00009

2. 固体減速炉心の解析

2. 1 中心架台の反応度

炉心の中心架台の反応度について評価を行った。

中心架台の反応度は炉心の燃料体数が多い方が小さくなるため、ここでは L3P 炉心については 30、40、50cm 高さの 3 炉心、他炉心については 30cm 高さの炉心を取り上げた。

中心架台は A 架台では $3 \times 3 = 9$ 体、B 架台では $5 \times 5 = 25$ 体の燃料体および反射体からなる。中心架台には燃料体は最低 1 体を含めることが規定されているので、ここでは燃料体 1 体と反射体 1 体のみを取り除いた場合の反応度を求めた (LL1P 炉心は除く)。燃料体と反射体を取り除いた箇所を図 7 に示す。

解析結果の表 7 に示す通り、すべての炉心において燃料体 1 体と反射体 1 体のみを取り除いた場合の反応度は中心架台に対する核的制限値の $1\% \Delta k/k$ 以上を満たしている。

表 7 に示した結果は SRAC コードシステムを用いて求めたものであるが、この計算の妥当性を確認するために一部の炉心についてはモンテカルロ計算コード MCNP により同様に燃料体 1 体と反射体 1 体のみを取り除いた場合の反応度を求めた。表 8 に示すとおり SRAC と MCNP の結果は制御棒反応度の解析許容誤差と同程度であり、SRAC を用いた解析手法に問題が無いことを確認することができた。

表 8 に示した炉心について、実際の中心架台 (A 架台で 3×3 、B 架台で 5×5 、図 8) を落下させたときの反応度をモンテカルロ計算コード MCNP を用いて計算した (表 9)。これらの炉心の中心架台の反応度は核的制限値を十分に満足していることが判る。

表 7 燃料体 1 体と反射体 1 体を取り除いたときの反応度

炉心名称	中心架台の反応度 (燃料および反射体の一部 を取り除く) (% $\Delta k/k$)
L5. 5P-30	1. 34
L4P-30	2. 26
L3P-50	4. 55
L3P-40	2. 94
L3P-30	2. 26
L2P-30	3. 18
L1P-30	1. 90
LL1P-30	1. 90

表 8 燃料体 1 体と反射体 1 体を取り除いたときの反応度 (SRAC、MCNP の比較)

炉心名称	SRAC (% $\Delta k/k$)	MCNP (% $\Delta k/k$)	MCNP/SRAC
L5. 5P-30	1. 34	1. 57 \pm 0. 03	1. 17
L1P-30	1. 90	2. 20 \pm 0. 03	1. 16

表 9 中心架台反応度 (MCNP による計算)

炉心名称	A 架台 (% $\Delta k/k$)	B 架台 (% $\Delta k/k$)
L5. 5P-30	3. 38 \pm 0. 04	4. 18 \pm 0. 04
L1P-30	6. 03 \pm 0. 04	8. 29 \pm 0. 04

「グレーのマスキング範囲は不表示情報」

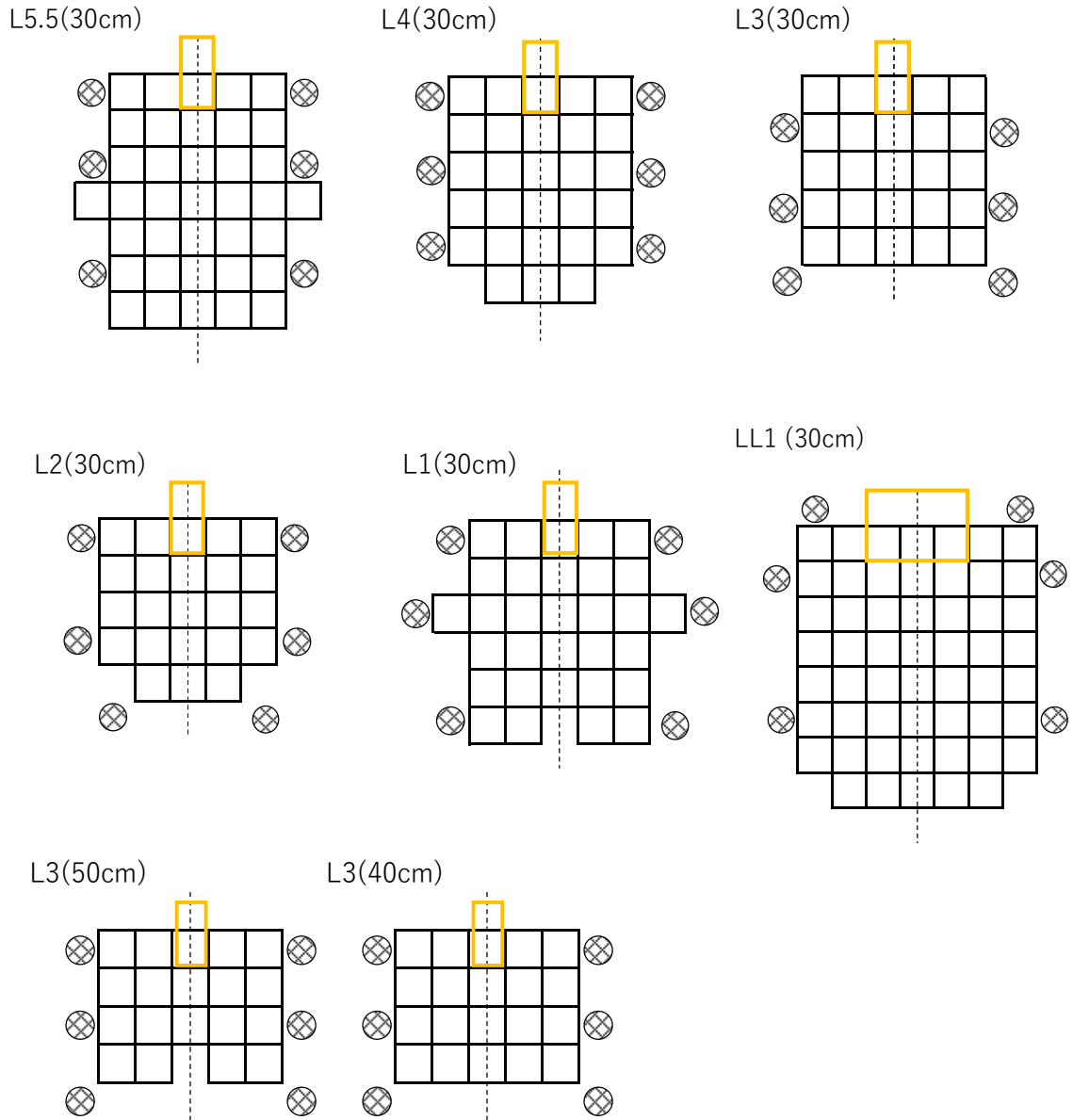


図7 中心架台の反応度評価を行う際の燃料体および反射体の取り出し箇所
(オレンジ色で囲んだ範囲を取り除く)

「グレーのマスキング範囲は不開示情報」

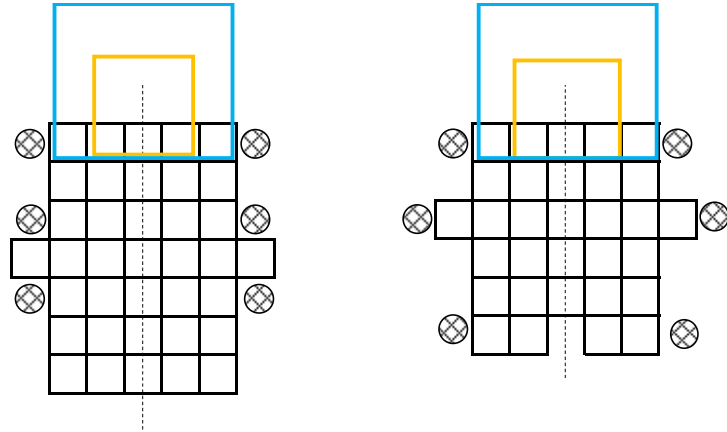


図8 中心架台の位置 (左 : L5.5-30 炉心、右 : L1-30 炉心)
(オレンジ色 : A 架台の 3×3、青色 : B 架台の 5×5)

補足1

中性子束分布のフィッティング

制御棒校正曲線（S字曲線）の高さ方向の長さを決めるための反射体節約の値は各炉心ごとに高速群の中性子束分布を最小自乗法によりコサイン関数にフィッティングして求めた。中性子束のフィッティングの例を図9, 10に示す。

最小自乗法に伴うフィッティング誤差はフィッティング範囲が45cmのとき約 $\pm 0.03\text{cm}$ ～ $\pm 0.02\text{cm}$ であった。

フィッティング範囲を変更したときの反射体節約の値の違いを表10に示す。各炉心ともに反射体節約の値の変化は約0.1cm程度で、炉心高さ（固体減速炉心で30～50cm、軽水減速炉心で57cm）に比べて十分に小さいため反応度印加率の計算結果に及ぼす影響は十分に小さい。

表10 フィッティング範囲と反射体節約(cm)（軽水減速炉心）

炉心名称	フィッティング幅		
	45cm	35cm	25cm
C30G0(5列)	9.3	9.2	9.2
C35G0(5列)	8.5	8.4	8.4
C45G0(5列)	7.8	7.7	7.7
C60G0(5列)	7.3	7.3	7.2

フィッティング範囲の中心は炉心高さ中央

「グレーのマスクング範囲は不開示情報」

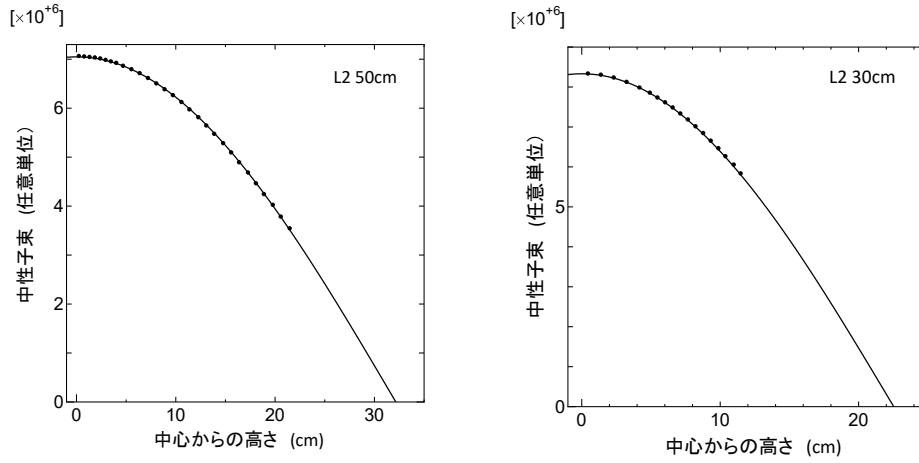


図9 中性子束のコサインフィッティング例
(左側：L3-50cm 炉心、右側：L2-30cm 炉心)

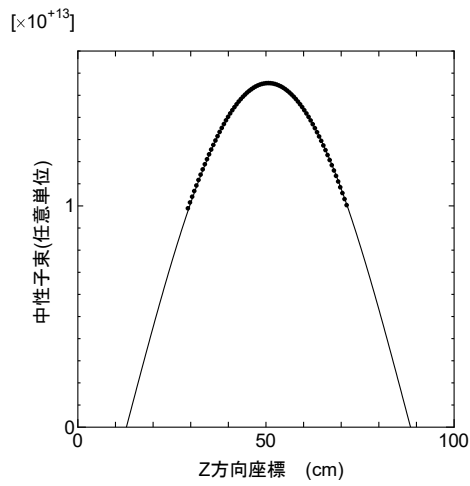


図10 中性子束 のコサインフィッティング例
(C30(5列)炉心)

補足 2

各種の不確定性、公差等が実効増倍率に及ぼす影響

B 架台の炉心について ICSBEP のベンチマーク計算として誤差等の評価を行っている。

対象となった炉心は「HEU (1/16-inch) +NU (1-mm) +Poly(2/8-inch)」の単位セルからなる燃料体を用いた単一炉心で、炉心の燃料スペクトルは KUCA で組むことができる炉心の中では中間くらいの硬さのものである。

各項目の誤差や不確実性が実効増倍率に及ぼす影響を表 11 に示す。

全ての誤差を考慮しても実効増倍率に及ぼす効果は最大でも 0.05%程度であり、現在の実効増倍率の計算誤差に比べて十分に小さい。

表 11 各項目の誤差(不確実性)が実効増倍率に及ぼす影響

Item	Deviation (Δk)
HEU-Al 234U Uncertainty	0.00005
HEU-Al 235U Uncertainty	0.00006
HEU-Al 236U Uncertainty	0.00001
HEU-Al Impurity Uncertainty	0.00018
NU Fuel Plate Mass Uncertainty	0.00004
NU Fuel Plate Side Length Uncertainty	0.00011
NU Fuel Plate Thickness Uncertainty	0.00003
NU Fuel Plate Impurity Uncertainty	0.00003
1/4" Polyethylene Plate Mass Uncertainty	0.00003
1/8" Polyethylene Plate Mass Uncertainty	0.00003
1/4" Polyethylene Plate Thickness	0.00014
1/8" Polyethylene Plate Thickness	0.00008
1/4" Polyethylene Plate Side Length Uncertainty.	0.00001
1/8" Polyethylene Plate Side Length Uncertainty.	0.00007
Reflector Blocks Mass Uncertainty	0.00005
Moderator Cell Side Length.	0.00023

「グレーのマスキング範囲は不開示情報」

Aluminum Sheath Thickness Uncertainty	0.00007
Aluminum Composition Uncertainty	0.00024
Control Rod Absorber Density Uncertainty	0.00001
Paint Top and Bottom Thickness Uncertainty	0.00013
HEU-Al Plate Paint Side Thickness	0.00004
NU Plate Paint Side Thickness Uncertainty	0.00004
Paint Density Uncertainty	0.00004
Element Pitch Uncertainty	0.00015
TOTAL	0.00052

参考文献

“Evaluation of the Kyoto University Critical Assembly Erbium Oxide Experiments”, LEU-MET-THERM-005, NEA/NSC/DOC/(95)03/IV Volume IV.

補足 3

実効増倍率の誤差が臨界質量に及ぼす影響

現在の解析においては実効増倍率の解析精度を±0.6%以内であるとしている。

実効増倍率が±0.6%変化したとき、臨界質量にどのくらいの影響を及ぼすかについて検討する。

最も燃料体数の少ない B1/8” P80EU 炉心において、臨界近傍で体積が 1%変化したときの実効増倍率を求めたところその変化割合は約 1.7%であったので、実効増倍率が 0.6%変化したときの体積変化、すなわち臨界質量の変化割合は $0.6/1.7=0.35\%$ となる。従って、解析で仮に実効増倍率を 0.6%大きめに評価したとすると、解析で求めた体積(臨界質量)より約 0.35%小さい値で臨界とすることができる。

一方、最も燃料体数の多い B4/8” P24EU-Th-EU 炉心では臨界近傍で体積が 1%変化したときの実効増倍率の変化割合は約 0.15%であったので、実効増倍率が 0.6%変化したときの体積変化、すなわち臨界質量の変化割合は $0.6/0.15=4.0\%$ となる。この場合は解析で仮に実効増倍率を 0.6%大きめに評価したとすると、解析で求めた体積(臨界質量)より約 4%小さい値で臨界となる。

従って、実効増倍率に 0.6%の誤差があるとすれば臨界質量の評価では最大 4%の誤差を見込む必要があることを示している。

補足 4

補足表 解析パラメータについて

解析パラメータ	解析方法 ¹⁾	核的制限値 ²⁾	固体減速炉心		軽水減速炉心	
			結果 ³⁾	添付10 ⁴⁾	結果 ³⁾	添付10 ⁴⁾
臨界量	SA(一部MO)	○	○	過渡解析等 (温度評価等)	◎	過渡解析等 (温度評価等)
温度係数	SA	○	○	過渡解析 (出力評価)	◎	過渡解析 (出力評価)
ボイド反応度係数	SA	—	—	—	◎	利用予定無
実効遅発中性子割合	SA	—	○	過渡解析 (出力評価)	◎	過渡解析 (出力評価)
中性子平均寿命	SA	—	○	過渡解析 (出力評価)	◎	過渡解析 (出力評価)
即発中性子減衰定数	SA	—	○	過渡解析 (出力評価)	◎	過渡解析 (出力評価)
全制御棒反応度	SA(一部MO)	○	○	利用予定無	◎	利用予定無
最大反応度の制御棒	SA	○	○	利用予定無	◎	利用予定無
反応度添加率	SA	○	○	利用予定無	◎	利用予定無
中心架台反応度	SA(一部MO)	○	◎	過渡解析 (出力評価)	—	—
ダンプ排水反応度	SA(一部MO)	○	—	—	◎	利用予定無
中性子束分布	SA(一部MO)	—	○	過渡解析 (温度評価)	◎	過渡解析 (温度評価)

1) 解析方法 : SA は SRAC コードシステム、MO はモンテカルロ計算コード (MCNP 等)

2) ○ : これまでの審査会で説明、◎ : 本資料で説明、— : 不要