

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-027(改0)
提出年月日	令和2年2月5日

女川原子力発電所 1 号発電用原子炉
評価体系に対するSCALEコードの適用性
について

令和2年2月
東北電力株式会社

目 次

1. はじめに..... 1
2. 計算コードの不確定性及び評価体系への SCALE コードの適用性..... 1

1. はじめに

本資料は、「使用済燃料プール水大規模漏えい時の未臨界性評価について」に示す解析において使用したSCALEコードの適用性を説明するものである。

2. 計算コードの不確定性及び評価体系へのSCALEコードの適用性

SCALEコードは使用済燃料貯蔵設備の未臨界性評価に広く使用されており、国内において使用済燃料プール水大規模漏えい時の未臨界性評価に係る多数の許認可実績を有するコードである。

計算コードの不確定性を求めるために、OECD/NEAによりまとめられた臨界実験ベンチマーク集（「INTERNATIONAL HANDBOOK OF EVALUATED CRITICALITY SAFETY BENCHMARK EXPERIMENTS」September 2012 Edition(OECD/NEA)）に登録されている臨界実験から選定した103ケースのベンチマーク解析（以下、「ベンチマーク解析」という。）をSCALEコード開発元のORNLが実施している。このベンチマーク解析の中から、国内BWRの燃料貯蔵設備及び燃料仕様のパラメータ範囲を含有する範囲を整理し、臨界実験を選定した。選定した結果を表1に示す。

103ケースの臨界実験に対し、横軸にEALF (Energy corresponding to the Average neutron Lethargy causing Fission: 核分裂に寄与する中性子平均エネルギー。)をプロットしたものを図1に示す。103ケースの臨界実験のC/Eは1近傍であり精度よく一致している。

申請評価のEALF範囲は約 $10^{-1} \sim 10^5$ (eV) である (図2)。これは図1に赤枠で示す範囲に相当する。選定したベンチマークは申請評価のEALF範囲を包含していることから、SCALEコードで申請評価を行うことは妥当である。

また、今回の申請評価では、1000万ヒストリ（各世代の中性子発生数10000個×1000世代）のモンテカルロ計算を行っており、統計誤差は0.0003以下であるため、ヒストリ数は十分である。なお、ORNLが実施したベンチマーク解析の統計誤差が 以下となっていることから、本評価におけるヒストリ数は十分であると判断できる。

ベンチマーク解析の結果得られた実効増倍率及び標準偏差並びに各実験の実効増倍率測定値及び実験誤差を用いて、ラック体系の未臨界性評価に用いるSCALE Ver. 6.1システムの平均誤差 ($1-k_c$) 及び不確かさ (Δk_c) を導出した結果を表2に示す。表に示すとおり、SCALE Ver. 6.1システムの平均誤差は-0.0006、不確かさは0.0041となった。

BWRでは、推定臨界下限増倍率^{※1}として0.95を採用しており、これには上記計算コードの不確定性が含まれる。したがって、計算結果として得られた実効増倍率を推定臨界下限増倍率 (0.95) と比較する際に、計算コードの不確かさを足しこむ必要は無い。

※1 臨界安全ハンドブック第2版, JAERI1340, 日本原子力研究所, 1999年3月

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表1 選定したパラメータ範囲（製造公差を含まない）

項目	単位	未臨界評価で用いたBWR燃料のパラメータ		選定した臨界実験のパラメータ範囲	
		MIN	MAX	MIN	MAX
燃料	ウラン燃料 ²³⁵ U濃縮度	wt%			
	燃料材径	mm	9.6		
	燃料要素径	mm	11.2		
	被覆材材質	—	ジルカロイ-2		
	燃料要素ピッチ	mm			
	燃料体内の減速材 体積/燃料体積	—			
	燃料要素 配列条件	—	正方配列		
	体系条件	—	燃料体配列体系		
減速材	減速材	—	無/軽水		
	減速材密度	g/cm ³	0	10.0	
	減速材中の ほう素濃度	ppm	0		
ラックセル	ラックセル材質	—	SUS		
	B-SUS製ラックセル のほう素添加量	wt%	—		
反射体	反射体材質	—	軽水		

注記 *1：モデルバンドルのバンドル平均濃縮度

*2：チャンネル・ボックス内での減速材と燃料ペレットの体積比

*3：燃料棒格子での減速材と燃料ペレットの体積比

臨界実験のパラメータ範囲の対象は、軽水炉燃料に該当するものとして、低濃縮ウラン燃料（LEU）、かつ熱中性子が支配的となる実験体系（THERM）とし、燃料棒と水などが混在する実験体系（COMP）とする。OECD/NEAの実験の条件を記す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

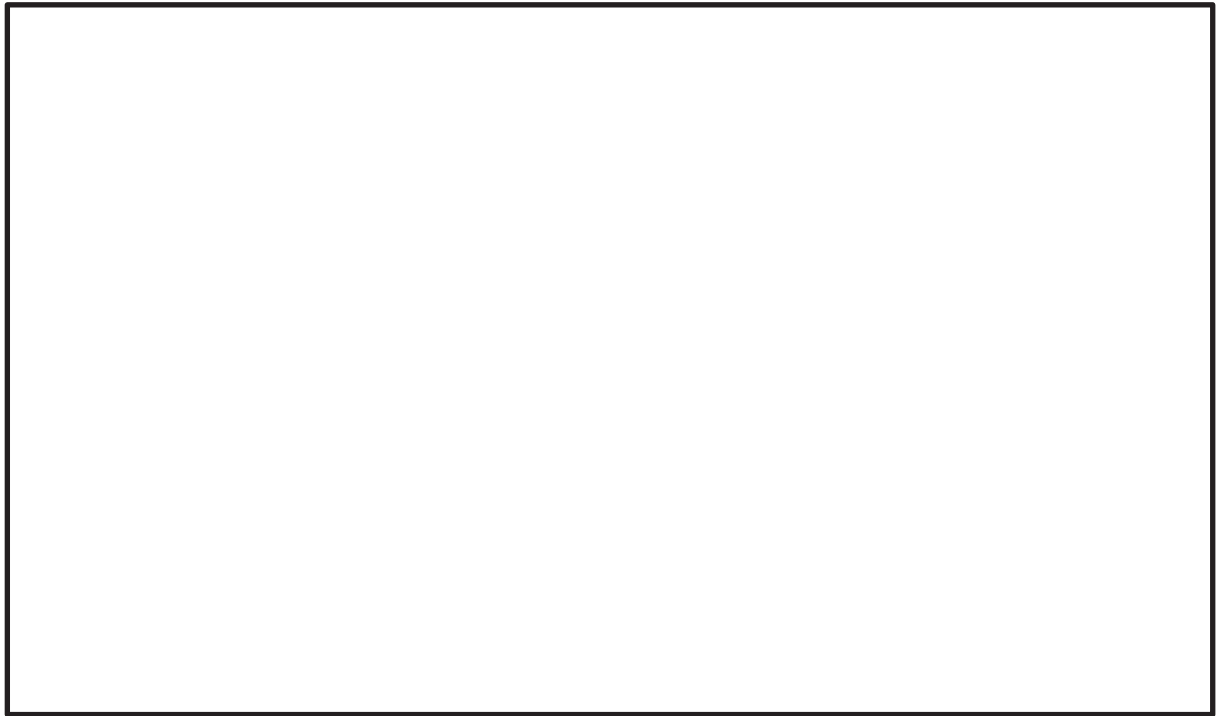


図1 選定したベンチマーク実験の EALF と C/E の関係

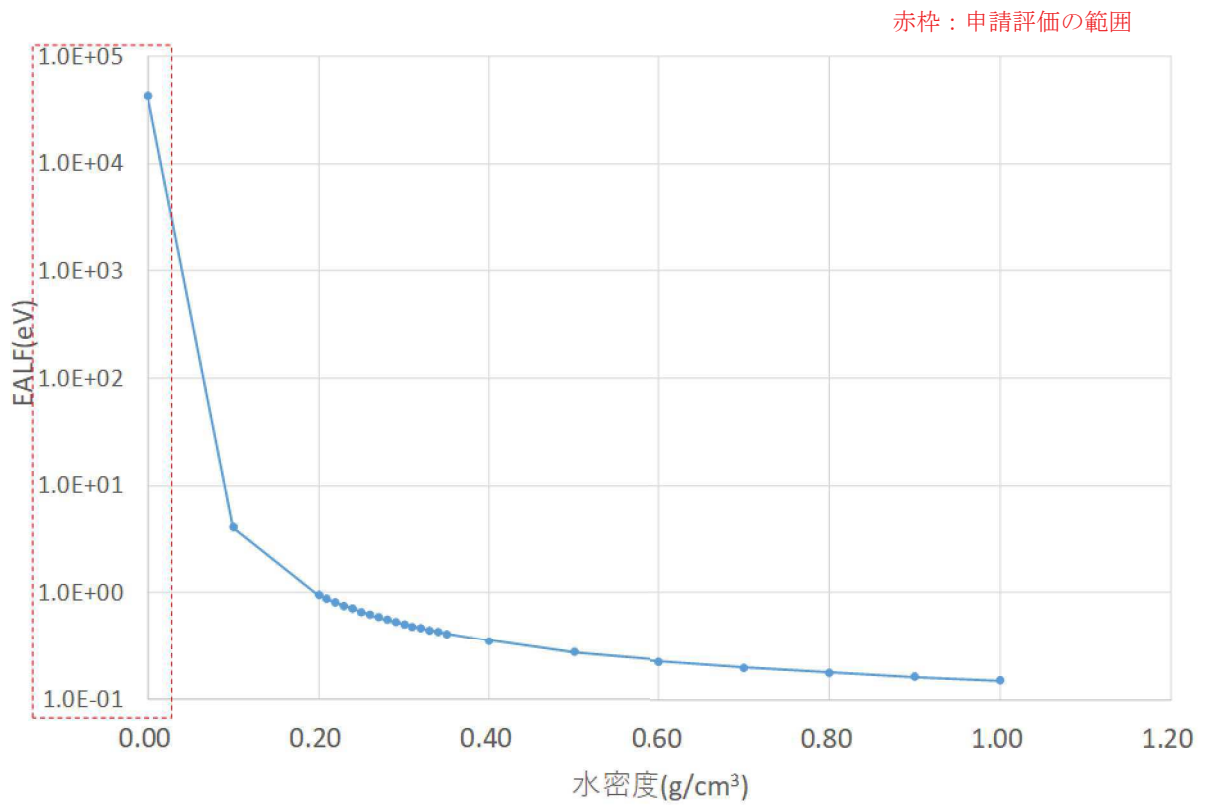


図2 申請評価における EALF の範囲

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表2 SCALE Ver. 6.1 システムの平均誤差及び不確かさ

条件	計算コード	SCALE 6.1 システム (KENO-V.a)
	断面積ライブラリ	ENDF/B-VII 連続エネルギー
	ベンチマーク解析ケース数	103
ベンチマーク解析による評価結果	平均誤差 (Δk)	-0.0006
	平均誤差の不確かさ (ϵc)	0.0041
	信頼係数(*1)	
	平均誤差の標準偏差	0.0021

(*1) ベンチマーク解析ケース数に対する 95%信頼度-95%確率での信頼係数

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。