

島根原子力発電所2号機
解析コードについて
(審査会合における指摘事項の回答)

平成27年11月19日
中国電力株式会社

1. これまでの審査状況

島根原子力発電所では、6つの解析コードを有効性評価解析に使用している。

有効性評価解析に使用するに当たり、コードの持つ特徴(評価モデルとその適用範囲等)を踏まえ、適用可能であることを評価するとともに、評価に与える不確かさをあらかじめ把握しておくことが求められている。

これまでの審査の状況等

当社からの説明内容(H27.5/12,6/9 審査会合)	主なコメント(論点)
・6つの解析コードについて、当該コードが妥当であることを説明	・解析コードを重大事故等対策の有効性評価に用いることの適切性や解析の不確かさの程度について、資料を整理した上で、より詳細に説明すること

2. 主な指摘事項への回答(その1)

(指摘事項)(SAFER)重要現象の不確かさの説明

(回答)総合試験によりコード全体として不確かさ確認を行っている説明に記載を見直し

表5-1 重要現象の不確かさ(1/3)

分類	重要現象	解析モデル	不確かさ	有効性評価解析への影響
炉心 (核)	崩壊熱	崩壊熱モデル	入力値に含まれる。最確条件を包絡できる条件を設定することにより崩壊熱を大きくするよう考慮している。	崩壊熱を大きく設定するため、燃料被覆管温度を高く評価する。
炉心 (燃料)	燃料棒表面熱伝達、沸騰遷移	燃料棒表面熱伝達モデル	TBL, ROSA-Ⅲの実験解析において、熱伝達係数を低めに評価する可能性があり、他の解析モデルの不確かさとも相まってコード全体として、実験結果の燃料被覆管最高温度に比べて+10℃～+150℃高めに評価する。	実験解析では熱伝達モデルの保守性により被覆管温度を高く評価することから、有効性評価解析でも燃料被覆管温度を高く評価する。
	燃料被覆管酸化	ジルコニウム-水反応モデル	燃料被覆管温度が高温になる程酸化量及び発熱量を大きく評価するモデルを採用し、保守的な結果を与える。	燃料被覆管温度を高く評価する。
	燃料被覆管変形	膨れ・破裂評価モデル	膨れ・破裂は、燃料被覆管温度と円周方向応力に基づいて評価され、燃料被覆管温度は上述のように高めに評価され、円周方向応力は燃焼期間中の変化を考慮して燃料棒内圧を大きく設定し保守的に評価している。従って、ベストフィット曲線を用いる場合も破裂の判定は保守的となる。	破裂発生前の被覆管の膨れ及び破裂発生の有無は、伝熱面積やギャップ熱伝達係数、破裂後の金属-水反応熱に影響を与え、燃料被覆管最高温度及び酸化割合に影響を与えることとなる。解析コードでは、前述の判定を行うための燃料被覆管温度を高めに評価することから、保守的な結果を与えるものとする。

2. 主な指摘事項への回答(その1)

表5-1 重要現象の不確かさ(2/3)

分類	重要現象	解析モデル	不確かさ	有効性評価解析への影響
炉心 (熱流動)	沸騰・ポイド率変化, 気液分離(水位変化)・対向流, 三次元効果	二相流体の流動モデル	TBL, ROSA-Ⅲ, FIST-ABWRの実験解析において, 二相水位変化は実験結果と同等の解析結果が得られており, 他の解析モデルの不確かさとも相まってコード全体として, 実験結果の燃料被覆管最高温度に比べて+10℃~+150℃高めに評価する。	炉心水位変化を適切に評価することから, 有効性評価解析では燃料被覆管温度への影響は小さい。
	気液熱非平衡	燃料棒表面熱伝達モデル	TBL, ROSA-Ⅲの実験解析において, 熱伝達係数を低めに評価する可能性があり, 他の解析モデルの不確かさとも相まってコード全体として, 実験結果の燃料被覆管最高温度に比べて+10℃~+150℃高めに評価する	実験解析では熱伝達モデルの保守性により被覆管温度を高く評価することから, 有効性評価解析でも燃料被覆管温度を高く評価する。

2. 主な指摘事項への回答(その1)

表5-1 重要現象の不確かさ(3/3)

分類	重要現象	解析モデル	不確かさ	有効性評価解析への影響
原子炉圧力 容器 (逃がし安全 弁を含む)	冷却材放出 (臨界流・差 圧流)	臨界流モデル	TBL, ROSA-Ⅲ, FIST-ABWRの実験解析において、圧力変化は実験結果と同等の解析結果が得られており、他の解析モデルの不確かさも相まってコード全体として、実験結果の燃料被覆管最高温度に比べて+10℃～+150℃高めに評価する。	SRV流量は、設定圧力で設計流量が放出されるように入力で設定するため、不確かさの影響はない。破断口からの流出は実験結果と良い一致を示す臨界流モデルを適用している。有効性評価解析でも圧力変化を適切に評価し、原子炉への注水のタイミング及び注水流量を適切に評価するため、燃料被覆管温度への影響は小さい。
	沸騰・ポイド 率変化 気液分離(水 位変化)・対 向流	二相流体の流 動モデル	TBL, ROSA-Ⅲ, FIST-ABWRの実験解析において、二相水位変化は実験結果と同等の解析結果が得られており、他の解析モデルの不確かさも相まってコード全体として、実験結果の燃料被覆管最高温度に比べて+10℃～+150℃高めに評価する。	炉心水位変化を適切に評価することから、有効性評価解析では燃料被覆管温度への影響は小さい。
	ECCS注水 (給水系・代 替注水含む)	原子炉注水系 モデル	入力値に含まれる。各系統の設計条件に基づく原子炉圧力と注水流量の関係を使用しており、実機設備仕様に対して注水流量を少なめに与え、燃料被覆管温度を高めに評価する。	注水特性は、それぞれの系統の設計条件に基づく原子炉圧力と注水流量の関係を入力する。実機設備に対して注入流量を少なめに与えるため、有効性評価解析では燃料被覆管温度を高めに評価する。

2. 主な指摘事項への回答(その2)

(指摘事項)(MAAP:FCI)圧カスパイクモデルとFARO実験による妥当性確認について説明すること。

(回答)

付録1 FARO試験によるMAAPの圧カスパイクモデル妥当性確認

1. FARO試験の概要

FCIの代表的試験であるFARO試験は、 $\text{UO}_2/\text{ZrO}_2/\text{Zr}$ 溶融混合物を噴出させ、装置下部の冷却材との相互作用を検証する試験である。

2. MAAPコードによるFARO試験の検証解析

MAAPコードでは、溶融デブリー冷却材相互作用を計算し、圧カスパイクを取り扱うモデルに関するパラメータのうち、3つのモデルパラメータがFARO試験の検証解析によって妥当性を評価されている。

MAAP解析結果は、3つのパラメータに対して、最適値、最大値、最小値の組み合わせを用いて評価されている。

いずれの試験の圧力挙動も、MAAP解析結果では再現をみた。

また、デブリー粒子径及び堆積デブリー質量についても、MAAP解析結果の範囲内に良く再現されている。

2. 主な指摘事項への回答(その2)

表3-4 FARO試験の主要な試験条件及び試験結果

試験名	試験ケース	溶融物組成	溶融物質量 (kg)	溶融物温度 (K)	圧力(MPa)	サブクール度 (K)	水深 (m)	外部トリガー	水蒸気爆発発生	機械的エネルギー変換効率(%)
FARO	L-06	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	18	2923	5	0	0.87	No	No	-
	L-08	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	44	3023	5.8	12	1.00	No	No	-
	L-11	77wt.%UO ₂ -19wt.% ZrO ₂ -4wt.%Zr	151	2823	5	2	2.00	No	No	-
	L-14	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	125	3123	5	0	2.05	No	No	-
	L-19	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	157	3073	5	1	1.10	No	No	-
	L-20	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	96	3173	2	0	1.97	No	No	-
	L-24	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	177	3023	0.5	0	2.02	No	No	-
	L-27	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	117	3023	0.5	1	1.47	No	No	-
	L-28	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	175	3052	0.5	1	1.44	No	No	-
	L-29	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	39	3070	0.2	97	1.48	No	No	-
	L-31	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	92	2990	0.2	104	1.45	No	No	-
	L-33	80wt.%UO ₂ -20wt.%ZrO ₂	100	3070	0.4	124	1.60	Yes	No	-

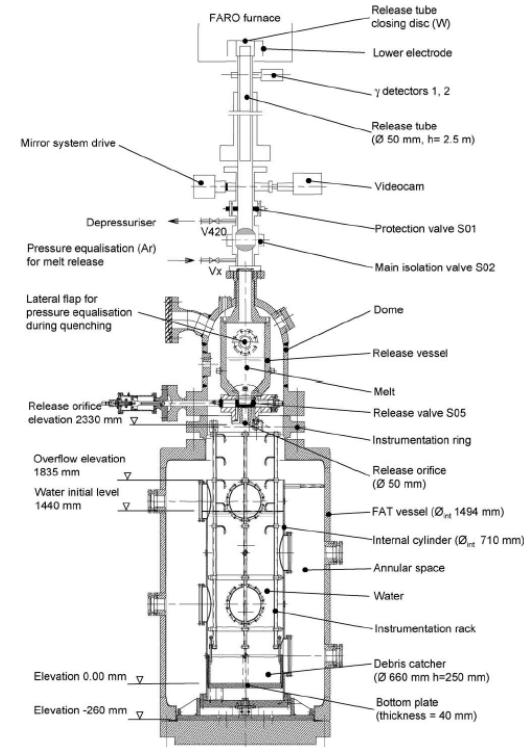


図3-5 FARO試験装置の概要