## RELAP/SCADAPSIM を搭載した

# グラフィカルなシミュレータによる過酷事故時の軽水炉プラントの挙動解析 (5)全電源喪失時の BWR 炉心の損傷進展の解析

Severe accidents analyses of LWR plant behavior with simulator of RELAP/SCDAPSIM code and graphical interface.

(5) Damage level analysis of BWR core at station blackout.

\*加藤 祐嗣<sup>1</sup>, 亀山高範<sup>1</sup>

1東海大学

機構論的コードを搭載し、グラフィカルな入出力機能を持つ原子炉シミュレータを用い、全電源喪失 (SBO)時のBWR 炉心の損傷進展を解析した。機構論的な解析時の時間ステップを工夫することで、炉内の発 熱・温度・損傷の時間変化をより精緻に計算し、解析結果の整合性の向上を確認した。 キーワード: RELAP/SCADAPSIM、シミュレータ、SBO、LOCA、損傷進展 ま1 級任条件

### 1. 背景·目的

東海大学では、2015年に RELAP/SCDAPSIM<sup>[1]</sup>を搭載したグラフィカル な原子炉シミュレータ SARS (Severe Accident Reactor Simulator)を 導入し、平衡炉心サイクル初期(BOC)/末期(EOC)の軽水炉を対象とし て、スクラム失敗事象(ATWS)などの異常過渡後のプラント挙動<sup>[2]</sup>と 全電源喪失(SBO)・冷却材喪失事故(LOCA)などの過酷事故時の炉心溶 融の進展<sup>[3]</sup>を可視化によって解明し、安全策の考案に取り組んでい る。これまでの SARS の解析では、時間に対する物理量変動と炉心損 傷進展に不整合な結果を示す場合があり、その要因として時間ステップ 毎の物理量計算の不充分な収束・誤差の伝搬などが考えられている。

本研究では、時間ステップ詳細化とエディット間隔を調整し、 SBO時の炉心損傷の進展をより精緻に解析する。

### 2. 方法

SARS を用いて、BOC/EOC 条件の BWR5 プラントを対象とした。崩壊 熱分布は炉停止直前の出力分布と対応するため、炉心内の軸・径方向 の出力分布を図1に示す。BOC/EOC 条件の径方向の出力分布は同じと した。解析条件を表1に示す。SBO 発生後、RCIC 作動の有無と LOCA の有無によりパターン 1-3 を解析した。SBO と LOCA が 0.0 秒に発生 し、注水に失敗したパターン 3 の場合では、表 2 に示す時間ステッ プの詳細化により質量誤差の最大値が 5.0E-5 から 1.0E-6 へ減少し、



計算時間は3日から10日へ増加した。さらにエディット間隔を時間ステップに合わせて調節し、炉心溶融時の燃料温度・炉心水位・酸化熱などの不合理な変動を解消した。

#### 3. 結果

パターン3の1200~1800秒の炉心損傷の進展を図2に示す。BOC/EOC条件でも炉心上部から被覆管の膨 張による破裂が生じた。LOCA後の注水がなく、早い段階で水位が減少したためである。BOC条件では、運転 中の出力ピーク位置の炉心下部で1200秒から燃料温度が上昇し、被覆管の膨張による破裂が生じ、1400秒 までに燃料温度はU-Zr酸化物の融点に達し、EOC条件より早く溶融・空洞が生じた。EOC条件では、水位減 少とともに運転中の出力ピーク位置の中央部で1200秒から破裂部が拡大し、1400秒で溶融に至った。1800 秒でBOC/EOC条件を比較すると、空洞の体積比は1:6となり、EOC条件でより大きくなった。一方、パター ン1,2では炉心溶融までに5000秒以上の時間を要するため、溶融進展に出力分布の影響は小さかった。

			1200s	1400s	1600s	1800s			
表 2 SBO+LOCA 時(パターン 3)の計算条件									
経過時間 [s]		従来	本解析						健全
0-1800	最小時間 ステップ[s]	1.0E-7	1.0E-9						_ 破裂 _ 一部溶融
0-500	最大時間	1.0E-4	1.0E-4					F	閉寒
500-1800	⊼ <del>ຉ</del> ຑຉຶ[s]	1.0E-4	1.0E-5						「次副
0-500	エディット間隔	1.0E+4	1.0E+5						浴醮
500-1800	[ステップ/回]	1.0E+4	1.0E+6						空洞
図2 SBO+LOCA時(パターン3)の炉心損傷の進展 BOC(上									/EOC(下)

[1] Innovative Systems Software [RELAP/SCDAPSIM Input Manual MOD 3.4 3.5 & 4.0] (2012).

[2] 日本原子力学会「2019 春の年会」3L08 (2019). [3] 日本原子力学会「2017 春の年会」2M01, 2M02 (2017)

KATO Yuji<sup>1</sup> and KAMEYAMA Takanori<sup>1</sup> <sup>1</sup>Tokai University