

RELAP/SCDAPSIM 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 (2) PWR プラントの挙動解析

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

(2) Analysis of PWR plant

東海大 *辻 光世, 布川 大樹, 亀山 高範

機構論的コード RELAP/SCDAPSIM を搭載し、グラフィカルな入出力によりプラントの挙動の理解が容易な原子炉シミュレータを用いて、PWR プラントの安全審査に関わる事故、レベル 2PSA で考慮すべき事故を解析した。先行解析結果と比較し、妥当性を確認できたため、本シミュレータにより安全性向上に関する研究をグラフィカルな入出力を用いて効率的に進められる。

キーワード: RELAP/SCDAPSIM, シビアアクシデント, PWR

1. 背景・目的

福島第一原子力発電所事故以後、国内の原子力の規制基準が改正され、原子炉では過酷事故対策が必要となった。本研究は、機構論的コード RELAP/SCDAPSIM^[1]を熱水力計算エンジンとし、グラフィカルなインターフェイスにより計算条件の入力と計算結果の直感的な把握が可能な原子炉シミュレータ^[2]を用いて PWR プラントの安全審査に関わる事故、レベル 2PSA で考慮すべき事故を解析し、解析の妥当性を確認する。

2. 解析の対象及び条件

解析対象は一般的な 4 ループ PWR プラントとし、原子炉設置許可変更申請書^[3]等に記載されている異常過渡、事故、過酷事故に分類される事例の解析を行った。冷却系 4 ループの内 1 ループを破断ループとし、残り 3 ループを健全ループとして解析する。解析を事例及び計算条件を表 1 にまとめる。

3. 解析結果

解析結果の一例として過酷事故 No.5 の結果を示す。原子炉圧力、蓄圧注入流量、燃料被覆管温度の変化を図 1 に、LOCA 発生から 0 秒と 2000 秒の炉心の損傷割合を図 2 に示す。LOCA 発生直後、炉心水位・原子炉圧力は低下し、原子炉圧力が蓄圧器圧力[4.14MPa]以下になると健全側ループの蓄圧注入が開始され、一時的に炉心水位は回復する。蓄圧器が枯渇した後[254 秒]再び炉心水位は低下し 902 秒で炉心が露出し燃料被覆管温度が上昇する。高圧・低压注入系が不作動のため炉心の冷却が行えず炉心損傷[1914 秒]に至った。得られた結果は先行解析^[4]の結果と炉心溶融に至る範囲でよく一致した。

解析 1~4 でも先行解析^[3]結果と出力、原子炉圧力、被覆管温度の変化が一致した。異常過渡、事故、過酷事故のそれぞれの事例で解析の妥当性を確認できた。今後、グラフィカルなシミュレータにより PWR プラントの炉心損傷の防止に有効な対策の考案を効率的に進めることができる。

表 1 解析事例及び解析条件

	異常過渡			想定事故	過酷事故
解析ケース	制御棒落下			中小破断LOCA +高圧注入失敗	中破断LOCA +蓄圧注入失敗
解析No.	1	2	3	4	5
初期出力[%]	100	100	100	102	100
起因事象	制御棒クラスタ 1 本落下			低温配管 4インチ破断	低温配管 9.9インチ破断
制御棒駆動制御	自動運転	手動運転	自動運転	自動運転	健全側 3 ループ 自動運転
加圧器逃がし弁/安全弁		-	-	SI信号発信から 11分後開放	
主蒸気逃がし弁/安全弁		自動運転	自動運転	自動運転	
蓄圧注入				自動運転	
高圧注入				不作動	
低圧注入				自動運転	
補助給水				自動運転	
妥当性	○	○	○	○	○

参考文献 [1]「SCDAP/RELAP5/MOD3.2 CODE MANUAL VOLUME III: USER'S GUIDE AND INPUT MANUAL」(Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, 1997) [2]日本原子力学会「2015年秋の大会」D19、D20、[3] 関西電力大飯発電所原子炉許可設置許可申請書(3、4 号炉完本)本文及び添付書類平成25年8月2日更新 4.独立行政法人原子力安全基盤機構、「レベル2地震PSA手法の整備 (4ループPWR)」, 05 解部報-0096

*TSUJI Mitsuyo¹, NUNOKAWA Daiki¹, KAMEYAMA Takanori¹

¹Tokai Univ.

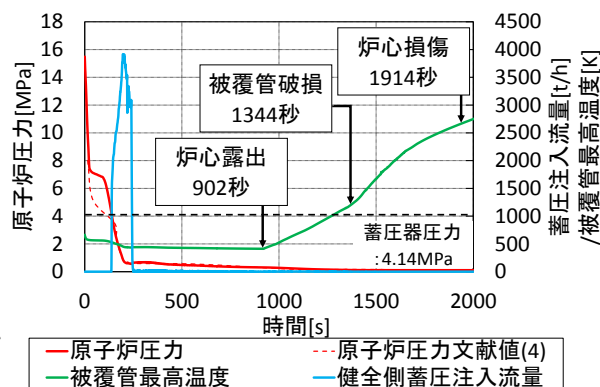


図 1 解析 No. 5 の原子炉圧力・被覆管温度・蓄圧注入流量。

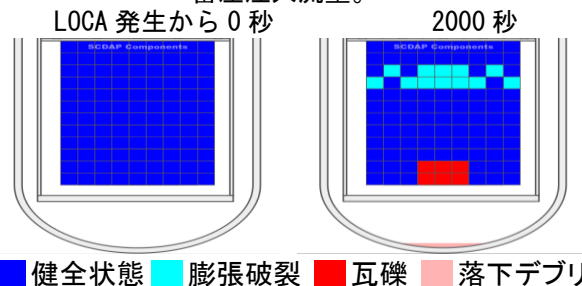


図 2 解析 No. 5 の炉心損傷割合。