

RELAP5-3D を用いた ATWS 事象解析

Analysis and Evaluation for ATWS Event by RELAP5-3D

*柳 千裕¹, 安藤 伸裕², 馬場 巖³, 児玉 茂雄³

¹(株)原子力安全システム研究所, ²シー・エス・エー・ジャパン, ³(株)原子力エンジニアリング

弊社(INSS)で既にプラント情報がほぼ整備されている RELAP5-3D コードを用い, 原子炉停止機能喪失(ATWS, Anticipated Transient Without Scram)時の, 炉心条件および解析条件の違いによる ATWS 緩和措置の有効性評価の差異について検討した。

キーワード: 加圧水型軽水炉, RELAP5-3D, ATWS, 主給水流量喪失, 負荷喪失

1. 緒言

INSS では, ATWS 事象を RELAP5 (Mod. 3.2)を用い, ATWS 緩和措置の効果を調べる目的で解析を実施[1]してきた。また, RELAP5-3D コード[2]を用い, 主給水流量喪失事象発生時に ATWS が重なった場合, 炉心条件および解析条件の違いによるプラント挙動への影響についても検討してきた[3]。本論文では炉心動特性モデルを1点炉近似(1P)モデルとした場合と3次元(3D)モデルとした場合との解析結果の違いについて検討を行った。

2. 解析モデルと解析条件等

炉心動特性モデルが 1P モデルの場合のノード図を図 1 に示す。本解析では 3 ループ PWR を対象とした。3D モデルの場合は過去実施した解析モデル[4]を使用した。解析ケースはレファレンスとして ATWS ではないケースを含め 5 ケース実施したが, 本報では 1 ケースのみ記述する。主な解析条件を表 1 に示す。なお, 1P モデルで使用する軸方向出力分布には, 3D モデルの初期値と同じ出力分布を使用した。

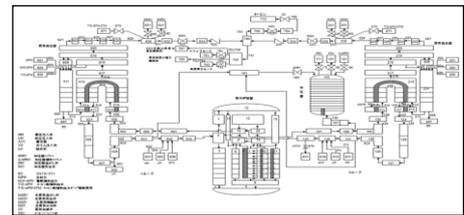


図 1 ノード図(掲載は 2 ループ分のみ)

表 1 主要過渡解析条件

原子炉停止機能	喪失(ATWS)
プラント状態	定格
用いる炉心	実炉心と同等
蒸気発生器狭域水位低設定点	7%
主蒸気逃がし弁	作動
主蒸気安全弁	作動
加圧器逃がし弁	作動
加圧器安全弁	作動
加圧器スプレイ	不作動
加圧器ヒータ	不作動
外部電源	あり
補助給水作動遅れ	ATWS 緩和措置 作動設定点+60s

3. 解析結果と考察

表 2 に事象のクロノロジーと原子炉最高圧力評価結果を示す。

図 2 に原子炉圧力最高値の時間推移を示す。

表 2 事象のクロノロジーと原子炉最高圧力評価結果

使用した炉心モデル	3D	1P
主給水流量喪失	0 秒	
蒸気発生器狭域水位 7 %到達 = ATWS 緩和設備作動時刻	33 秒	33 秒
原子炉トリップ信号発信	ブロック	
主蒸気隔離弁 閉止 = ATWS 緩和設備作動時刻+17 秒	50 秒	50 秒
補助給水ポンプ起動 = ATWS 緩和設備作動時刻+60 秒	93 秒	93 秒
原子炉最高圧力とその時刻	18.0MPaG @ 112 秒	18.0MPaG @ 114 秒

いずれの炉心モデルでも主蒸気隔離弁の動作および補助給水は, ATWS 事象収束に有効な手段であること, また, 炉心モデルの違いによる解析結果の影響は小さいことを解析的に確認した。

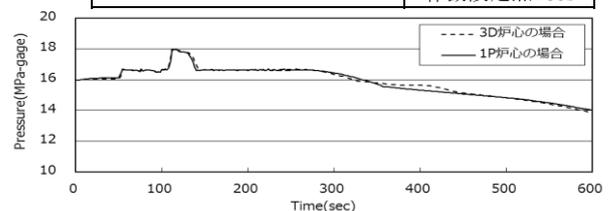


図 2 原子炉圧力最高値の時間推移

4. まとめ

整備した 1P と 3D の炉心モデルの核的フィードバック(減速材温度係数, ドップラ係数)を等価としたことから, 1P と 3D の炉心モデル解析結果には定性的にも定量的にも良い一致が見られ, とともに原子炉冷却圧力バウンダリにかかる圧力の最高値は制限値(20.59MPaG)を下回り炉心健全性を維持できることを解析的に確認した。

参考文献

- [1] 柳千裕ほか, INSS JOURNAL, Vol.23, (2016), 130-134.
 [2] The RELAP5-3D Code Development Team, RELAP5-3D Code Manual, INEL-EXT-98-00834 Revision 2.3, (2005)
 [3] 柳千裕ほか, INSS JOURNAL, Vol.25, (2018), 143-148.
 [4] 佐々木泰裕ほか, INSS JOURNAL, Vol.16, (2009), 254-268.

*Chihiro Yanagi¹, Nobuhiro Ando², Iwao Bamba³, Shigeo Kodama³

¹Institute of Nuclear Safety System, Inc., ²CSA of Japan Co., Ltd, ³Nuclear Engineering, Ltd