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

(3)平衡炉心の運転サイクル初期/末期の BWR プラントの解析

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

(3) Analysis of BWR plant at BOC/EOC of equilibrium core.

'東海大 *布川 大樹 ', 辻 光世 ', 亀山 高範 '

機構論的コード RELAP/SCDAPSIM⁽¹⁾を搭載し、グラフィカルな入出力⁽²⁾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、代表的な事故要因を基に、過酷事故解析を行った。BWR プラントの平衡 炉心の運転サイクル初期と末期で過酷事故時の挙動の差異を明らかにした。 キーワード:RELAP/SCDAPSIM、シビアアクシデント、BWR

1. 背景·目的

福島第一原子力発電所事故後、炉心溶融を防止する措置が求められ、その措置を講じるために過酷事故の進展の予測する解析が不可欠である。

東海大学では Severe Accident Reactor Simulator (SARS)^[3]を導入し、異常過渡から過酷事故までの解析を可能とし、前回報告^[3]では、公開文献^[4]との解析結果の比較し、妥当性を確認した。

過酷事故の解析では、最も厳しい条件が求められ、運転サイクル初期(BOC) /末期(EOC)では、燃焼度・出力分布が異なるため、それらを考慮した解析が 重要である。

本研究では、SARS を用いて BWR プラントの平衡炉心 BOC/EOC にて過酷 事故の解析を実施し、炉心損傷の進展を明らかにする。

2. 解析方法

解析には RELAP5/SCDAPSIM mod3.5^[1]を搭載し、グ ラフィカルな入出力が可能な SARS を使用する。解析対 象は、9×9-B型燃料集合体で構成される平衡炉心 BOC/EOC の BWR5 とし、崩壊熱は米国原子力学会 1979 年の標準データ^[5]を用いる。図1に軸方向出力分布を示 す。解析ケースは、①再循環入口配管の大破断 LOCA と 外部電源と非常用ディーゼル発電機が喪失する場合 (LOCA 時注水機能喪失)と②外部電源と非常用ディー ゼル発電機が喪失する場合(全電源喪失)を選定した。

3. 解析結果

解析ケース①②の結果を表1にまとめる。ケース① の炉心損傷レベルの分布の時間変化を図2に、炉心損 傷割合の時間変化を図3にそれぞれ示す。大破断LOCA 発生後、1.8秒後に水位が設定点L3を下回るため、原 子炉はスクラムした。その直後から炉心は露出し、被 覆管温度が上昇した。EOC炉心は、図1の局所出力に 対応した崩壊熱により炉心上部から温度が上昇し、598 秒後から広範囲の被覆材が高温の蒸気と酸化し、混合 酸化物の融点(2830K)を超過し、1270秒後に炉心溶 融に至った。BOC炉心も同様に崩壊熱により被覆管温 度が上昇するが、炉心下部から炉心溶融が開始し、高 温の蒸気の上部への流入が妨げられ、炉心上部で酸化 速度が減少し、EOC炉心と比較して損傷が抑えられた。 破断後2500秒時点でBOCでは約25%の炉心が損傷し たのに対し、EOCでは約65%の炉心が損傷し、損傷レ ベルの分布と領域割合の差異が大きかった。

ケース②でも同様の比較を実施した。炉心損傷は、 BOC で 5490 秒後、EOC で 5300 秒後から開始し、7500 秒時点では BOC で約 55%、EOC で約 44%が損傷した。 溶融開始位置は両者共に上部であり、ケース①と比較 し、損傷レベルの分布と領域割合の差異は小さかった。 以上の結果より、平衡炉心 BOC/EOC 出力分布による

事故進展への影響は、事象の時間進展により大きく変化することを明らかにした。



0.0

0.0

E 3.0

喧 2.0

山 西 古 1.0 -вос

-EOC

0.5

出力割合

図1 軸方向出力分布.

1.0

1.5

HU

叵

衣 一 胆阳争 以胜忉和木			
解析ケース	パラメータ	BOC	EOC
① LOCA 時	損傷開始時刻[秒]	375	333
注水失敗	炉心損傷割合[%]	25.1	65.1
(2500 秒時点)	水素生成量[kg]	168	329
	炉心溶融割合[%]	12.6	29.1
② 全電源喪失	損傷開始時刻[秒]	5490	5300
(7500 秒時点)	炉心損傷割合[%]	54.9	44.0
	水素生成量[kg]	182	210
	炉心溶融割合[%]	45.7	32.6
500秒 100	00秒 1500秒	2000秒	2500秒
B SCENAP Components SCENAP	Cumponints. SCDAP Components	SEDAP Comporents	SCDAF Components





参考文献[1] SCDAP/RELAP5/MOD3.2 CODE MANUAL VOLUME III USER'S GUID AND INPUT MANUAL (INEEL,1997)、[2]日本原子力学会「2015 年秋の年会」D19、D20 (NEL,2015)、[3]日本原子力学会「2016 年春の年会」1117、1118 (東海大学,2016)、[4]浜岡原子力発電所 3 号機の原子炉設置許可変更申請書添付資料十(中部電力㈱,平成 27年)、[5] American National Standard for Decay Heat Power in Light Water Reactors ANSI/ANS-5.1-1979.

*NUNOKAWA Daiki¹, TSUJI Mitsuyo¹, KAMEYAMA Takanori¹ ¹Tokai Univ.