

格納容器内先行注水による溶融炉心冷却挙動に関する研究

(3) JASMINE コードにおける溶融炉心床上拡がり挙動モデルの改良

Study on Molten Core Coolability under Precautionary Water Injection into Containment Vessel

(3) Improvement of Melt Spread Model in the JASMINE code

川部 隆平, 松本 俊慶, 杉山 智之, *丸山 結

原子力機構

シビアアクシデント時の溶融炉心の格納容器床上での拡がり冷却挙動を解析するため JASMINE コードの溶融物プールのモデルを改良し、スウェーデン王立工科大学で行われた PULiMS 実験を解析した。

キーワード: シビアアクシデント、JASMINE コード、格納容器内溶融炉心冷却性、溶融物の拡がり、PULiMS

1. 緒言

軽水炉のシビアアクシデント時に圧力容器外へ流出した溶融炉心の冷却性を評価するには、伝熱量を支配する溶融物の拡がりを正確に求める必要がある。このために格納容器床上に存在する水層に落下してきた溶融物の熱的・動的挙動を解析できる JASMINE コード^[1]の溶融物プールのモデルを改良した。

2. 改良した解析モデル

2-1. 仮定: 対象とする形状・現象は軸対称で近似できるとする。格納容器には水が先行注水されており、そこに落下した溶融炉心は、床面との境界及び水との境界にクラストを形成する。固相の理論密度は液相よりも大きい、床材又は溶融物中に生じるガスを閉じ込めることにより、上面クラストは溶融物上に浮遊すると仮定する(図1参照)。床面は、断熱又は一定温度を保持するとする。

2-2. 計算式: 溶融物の流動は半径方向一次元浅水方程式により計算する。クラストと溶融部との境界の凹凸による流動抵抗の増加を、粗さ係数の導入により考慮できるようにした。溶融物の冷却性については、溶融物・クラスト間の対流熱伝達とクラスト内の熱伝導及びクラスト・水間の膜沸騰・核沸騰熱伝達を考慮する。

3. PULiMS 実験との比較

3-1. 実験体系と手順: 比較の対象としたのはスウェーデン王立工科大学で行われた PULiMS 実験^[2]である。この実験では模擬溶融物として $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-WO}_3$ 共晶混合物(融点 1143 K, 密度 6876 kg/m^3)を用いた。高周波加熱するつばで溶融した模擬溶融物を、20 mm径の出口ノズルを有する漏斗を介して水プールに落下させた。水プールの初期深さは 200 mm、底は厚さ 10 mmのステンレス板であり、上部空間は大気に開放されている。

3-2. 実験結果と解析結果の比較: 実験において観察された固化後の溶融物の拡がり大きさと面積を、解析による値とを比較した結果を表1に示す。また、実験後の固化物の縦断面写真では、上中下部の組織が明確に識別でき、上面クラストが浮遊するとした三層構造モデルが妥当であることを示した。

表1 実験結果と解析結果の比較のまとめ

実験条件(溶融物量, 初期温度)			実験結果(溶融物拡がり)		解析結果(溶融物拡がり)		面積の比較 解析/実験
番号	質量(kg)	過熱度(K)	寸法(m)	面積(m ²)	寸法(m)	面積(m ²)	
E1	23.4	136	0.43 × 0.32	0.14	0.61	0.292	2.1
E4	46.9	70	0.711 × 0.471	0.30	0.81	0.518	1.7
E6	78.1	179	0.663 × 0.854	0.43	0.80	0.505	1.2

4. 結論

実験観察結果及び測定結果との比較から、解析では拡がり面積を過大に評価することが分かったが、改良モデルで採用した上面クラスト、溶融物、底クラストからなる三層構造モデルが妥当であることを確認した。本研究は、原子力規制庁から受託した平成 27 年度原子力施設等防災対策委託費(シビアアクシデント時格納容器内溶融炉心冷却性評価技術高度化)事業の一部である。

参考文献

[1] K. Moriyama, et al.(2008), JAEA-DATA/Code 2008-014

[2] A. Konovalenko, et al., NUTHOS-9, Kaohsing, Taiwan, Sep. 2012, N9P0303

Ryuhei Kawabe, Toshinori Matsumoto and Tomoyuki Sugiyama, *Yu Maruyama, JAEA

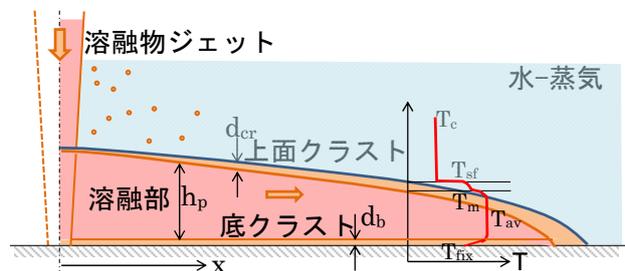


図1 溶融物の拡がりクラストの形成の模式図