

浅い水プール底における蒸気爆発のシミュレーション

Simulation of steam explosions at the bottom of shallow water pool

*森山 清史¹, 古谷 正裕²

¹マサキテック, ²電力中央研究所

浅い水プール底で広がる融体層による蒸気爆発実験(スウェーデン KTH の PULiMS)について JASMINE コードを用いてシミュレーションを行った。プールの形状に関する感度解析の結果、水の一次元的運動を仮定した運動エネルギー放出評価法の有効性は、プールのアスペクト比に強く依存することが示された。

キーワード: 重大事故, 蒸気爆発, 浅い水プール, 撃力, 運動エネルギー, エネルギー変換率

1. 緒言

軽水炉の過酷事故時に炉外で発生する蒸気爆発は、溶融炉心が深いサブクール水プールに落下する場合に大規模になる懸念があり、従来より研究の対象とされてきた。最近の Kudinov ら[1]の実験では浅い水プールの底に溶融物が広がる過程で高い確率で蒸気爆発が発生し、比較的大きな機械的エネルギー変換率が報告されている。本研究では浅い水プール底の蒸気爆発を対象に、蒸気爆発解析コード JASMINE[2]を用いたシミュレーションにより機械的エネルギーを検討した。

2. 解析条件及び結果

解析対象に Kudinov ら[1]の PULiMS 実験で最大のエネルギー変換率(0.65-3.3%)を示した E6 を選定した。図 1 は解析体系、表 1 は解析条件及び主な結果である。ケース A は実験体系を模擬した水深 0.2m の条件で、粗混合量を投下溶融物量 (18.8 kg) の 20%、液滴直径 8 mm、粗混合領域 ($r < 0.22$ m, $z < 0.06$ m) のボイド率を 0.1 とし、蒸気爆発モデルのパラメータは推奨値[2]を使用した。B, C では水深を 0.4m に上げ、C ではさらにプール内に壁を設置して横幅を狭めることによりアスペクト比を変えた。

3. 解析結果

ケース A では底の撃力が実験(3.05 kNs)とほぼ一致し、水塊の運動エネルギー $E_k = 38.1$ kJ、エネルギー変換率 0.36% である。水塊の 1 次元運動を仮定して撃力から評価した運動エネルギー[1]: $E_{ki} = I_m^2 / (2 M_{wc})$ は A, B では実際の運動エネルギーの 4 倍程度大きな値(Kudinov ら[1]と一致)となり、プールのアスペクト比が大きい C で比較的实际の運動エネルギーと近い値(約 40% 過大)となった。図 2 に E_k 及び E_{ki} の時間変化を 3 つのケースについて示す。水深が浅い場合は水塊の加速方向が放射状となり、一次元運動の仮定が不適切になると考えられる。

参考文献

[1] Kudinov, P. et al., Nuclear Engineering and Design 314, 182, 2017. [2] Moriyama, K. et al., JAEA-Data/Code 2008-014, 2008.

*Kiyofumi Moriyama¹ and Masahiro Furuya²

¹Masaki Tech LLC., ²Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)

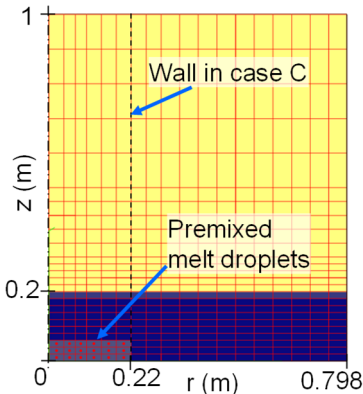


図 1 解析体系

表 1 解析条件および主な結果

Case	Hp(m)	Rp(m)	Im(kNs)	Ek(kJ)	Mwc(kg)	Eki(kJ)	Eki/Ek	η(%)
A	0.2	0.798	3.06	38.1	29.4	159	4.2	0.36
B	0.4	0.798	4.48	45.7	59.2	169	3.7	0.42
C	0.4	0.22	1.85	21.2	59.2	28.8	1.4	0.20

(Hp:水深 Rp:プール半径 Ek:運動エネルギー Im:底面の撃力 Mwc:粗混合領域上の水量 $E_{ki} = I_m^2 / (2 M_{wc})$ $\eta = E_k / Q_{th}$:エネルギー変換率 Q_{th} :投下された溶融物 18.8kg のエンタルピー)

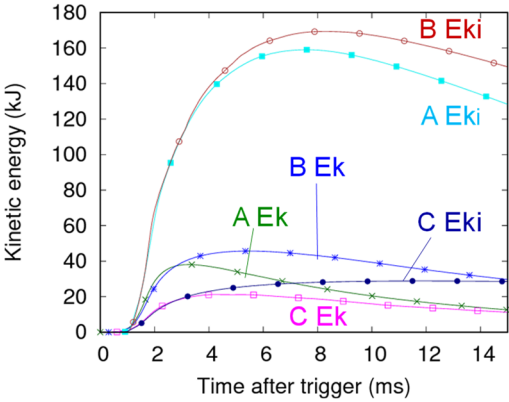


図 2 計算による機械的エネルギー(E_k)と撃力からの評価値(E_{ki})の比較