

格納容器内溶融炉心冷却性評価のための JASMINE コードの改良

Improvement of JASMINE Code for Evaluation of Molten Debris Coolability in Containment Vessel

*松本 俊慶¹, 岩澤 譲¹, 川部 隆平¹, 安島 航平¹, 杉山 智之¹, 丸山 結¹

¹原子力機構

軽水炉シビアアクシデント時の格納容器内溶融炉心冷却性評価手法の高度化のため、溶融炉心/冷却材相互作用解析コード JASMINE の溶融物床面上拡がりモデルの改良を行った。

キーワード：シビアアクシデント，事前注水，JASMINE，溶融物拡がり，溶融炉心冷却性

1. 緒言

格納容器内に放出された溶融炉心と床コンクリートの相互作用 (MCCI) の防止・緩和対策として事前注水方策が採られている。溶融物は床面で大きく拡がるほど冷却されやすいため、対策の有効性評価上、拡がり面積の予測は重要となる。JASMINE^[1]の溶融物拡がり挙動の予測精度向上を目的としてモデルを改良した。

2. 溶融物拡がりモデルの改良

JASMINE のモデルでは、床面上を拡がる溶融物先端 (図 1) において上下のクラスト (固化層) に挟まれた溶融部が水と接触する。除熱量 (q) から計算した溶融物の先端温度が凝固点となった以降、先端のクラスト厚さ (d_{edge}) は以下の式で増加する。

$$\rho \frac{d d_{edge}}{dt} = \frac{q - h\Delta T}{\Delta H}$$

ここで、 ΔH は溶融物の凝固潜熱、 h は溶融部から先端クラスト内側への熱伝達率である。改良モデルでは拡がりの停止を、 d_{edge} とクラスト引張強度 (τ_{sol}) に基づく疑似的な表面張力 (σ_{edge}) から算出した先端部の最小液深 (h_{min}) を溶融部液深 (h_{pool}) と比較して判定することとした。(ρ_p, ρ_a はそれぞれ溶融物及び流体側密度)

$$\sigma_{edge} = \tau_{sol} \cdot d_{edge}$$

$$h_{min} = \sqrt{\frac{4\sigma_{edge}}{(\rho_p - \rho_a)g}}$$

3. PULiMS 実験解析

スウェーデン王立工科大学による PULiMS 実験^[2]では、水プールに溶融物 ($\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-WO}_3$) を落下させた際のステンレス床面上での拡がりデータが取得された。クラスト引張強度 (τ_{sol}) をパラメータとして PULiMS-E1, E4, 及び E8 から E15 を JASMINE コードで解析し、実験で得られた最終拡がり面積と比較したところ、 $\tau_{sol}=1000 \text{ N/m}^2$ の条件でどの実験ケースに対しても良好に一致した。

4. 結論

拡がり面積の物質依存性の考慮を目的として JASMINE のモデルを改良し、実験の解析結果は良好であった。物性値の適切な設定が必要であるため、他の物質を使った実験データを用いて引き続きモデルの検証を行う予定である。本研究は、原子力規制庁から受託した平成 30 年度原子力施設等防災対策費 (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. (2018), JAEA-DATA/Code 2008-014. [2] P.Kudinov et al. (2017), Nucl. Eng. Des., **314**, pp.182-197.

*Toshinori Matsumoto¹, Yuzuru Iwasawai¹, Ryuhei Kawabe¹, Kohei Ajima¹, Tomoyuki Sugiyama¹ and Yu Maruyama¹, ¹JAEA

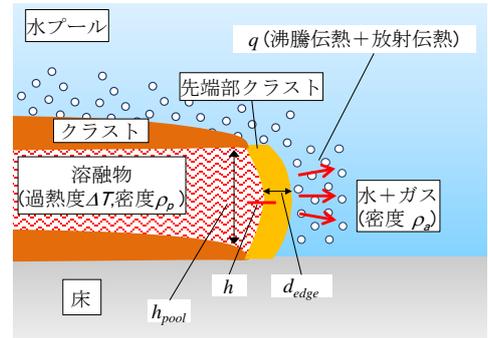


図 1 溶融物先端部のモデル

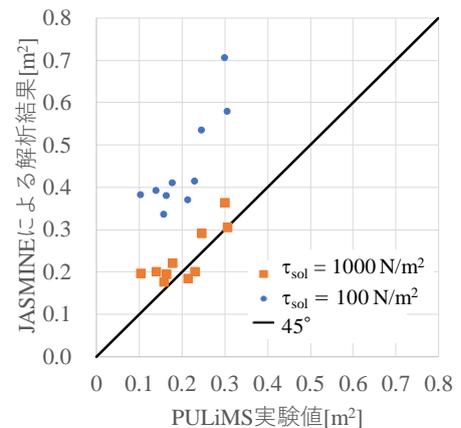


図 2 拡がり面積の比較