

【SIMMERのV&V】

- Verification: 理論解、基礎的なベンチマーク問題、小規模模擬実験の検証解析を行うことにより、個別モデルを検証
- Validation: 炉心平均燃料温度を遷移過程解析の評価指標として重要現象（損傷炉心の核的挙動、構造壁の熔融破損、FCI、燃料スロッシング、燃料流出）を抽出、各現象を模擬した試験解析でSIMMERを遷移過程に適用することの妥当性を確認

【即発臨界超過による最大エネルギー評価】

- 即発臨界超過による発生エネルギーが最大となるのは全炉心規模で損傷した炉心での燃料集中である。この燃料集中に直接影響を与える重要現象である燃料スロッシングとFCIに対するSIMMERの妥当性確認を以下のように実施

- ・ 燃料スロッシング: 燃料スロッシングを特徴づける以下の物理現象に着目した試験解析でSIMMERの妥当性を確認
 - > スロッシング挙動の流力的解析機能: 水を模擬流体としたスロッシング挙動試験解析
 - > 高密度の炉心物質の流動解析機能: 鉛ビスマスの気液二相プール流動試験解析
 - > 核発熱を伴う燃料の沸騰挙動: SCARABEE炉における核発熱 UO_2 沸騰炉内試験解析
- ・ FCI: 約3,000°Cの熔融アルミナ・熔融スチールの混合物とナトリウムのFCIを発生させたTHINA試験解析で妥当性を確認

- 即発臨界によるエネルギー放出の解析では、実スケールでの実機模擬度の高い実験データで検証されていないことによる不確かさを包絡する保守的な想定を用いた解析を実施

- ・ 燃料スロッシング: 2次元r-z体系により炉心中心への燃料集中を強要
- ・ FCI: 2カ所同時のFCI発生による炉心中心への燃料集中を仮定

(参考) 重力コンパクションを想定した簡易評価で得られる反応度挿入率(10~20\$/s)は、右図に示すSIMMERによる解析で得られる結果を下回る。外側炉心燃料の内側炉心への移動、熔融炉心のスロッシングによる反応度増減が評価されていないことが要因

- 遷移過程の解析では基本ケースも含めて燃料集中を促進する以下の保守的な条件を適用

- ・ 燃料ペレットが崩落、堆積した炉心物質の流動性は極めて低く、大きな反応度挿入率となる大規模な流動が生じることはないと考えられるが、通常の流体と同様に流動するものとして扱う。
- ・ 損傷燃料ペレットのスウェリング(燃料に固溶しているFPガスによる固体状態での膨張)は考慮せず焼結密度で沈降するものとする。

【機械的エネルギー発生量評価】

- 即発臨界超過により、高温・高圧となった炉心は、炉心上方の構造材を熔融浸食しつつ上部プレナムへ膨張。上部プレナムのナトリウムが上方向に加速され、機械的エネルギーが発生

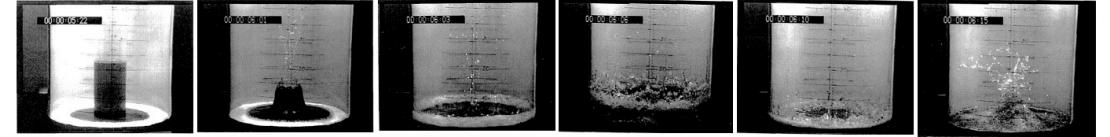
- この過程における以下の機械的エネルギー発生量の低減メカニズムに関して試験解析によるSIMMERの妥当性を確認

- > 炉心内の圧力と温度の平坦化と燃料からスチールへの熱損失: CABRI TP-A2試験解析
- > 炉心物質が炉心上部の構造物を通る際の流動抵抗、熱損失: VECTORS試験解析
- > 上部プレナム内に生成される蒸気泡界面への凝縮: Omega試験蒸気泡成長解析

- 即発臨界超過によるエネルギー発生の不確かさ、エネルギー低減メカニズムの不確かさの影響評価を実施し、発生する機械的エネルギーは最大でも約3.6MJであると解析

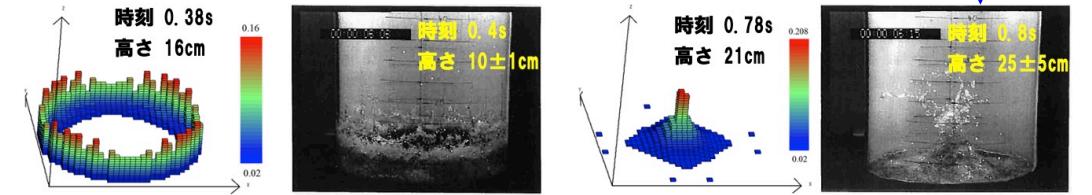
■ 試験と解析結果の概要

スロッシング挙動試験は半径22.2cmの円筒容器内の中心から14.5cm位置に幅7.5cm、高さ1cmの円環状の粒子ベッドを設置し、円筒容器中心位置に設置された直径5.5cm、高さ20cmの円柱状の水柱を崩壊させる。



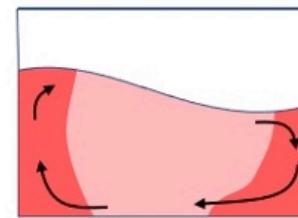
円筒容器(直径約40cm) 水柱の崩壊が進行の中心で円筒形の水柱の崩壊を開始
水は容器底面を広がり、側面が水が跳ね上がり、最高高さとなる。
側面から容器中心に向かって逆流
水が容器中心に集中して最高高さとなる。

- 試験と解析の比較を行った結果を以下に示す。



側面最高高さ到達時
中心位置最高高さ到達時
スロッシング挙動試験解析結果

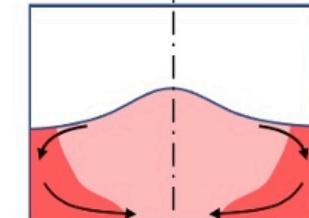
【基本ケース(最適評価)】



現実の3次元流動を解析(反応度挿入率: 約30\$/s)

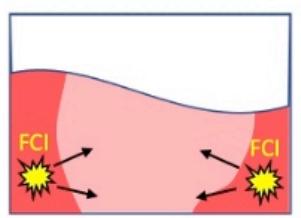
【不確かさの影響評価ケース】

燃料スロッシング

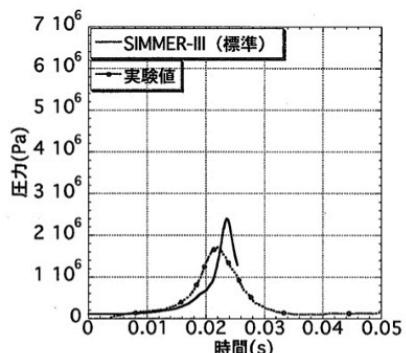
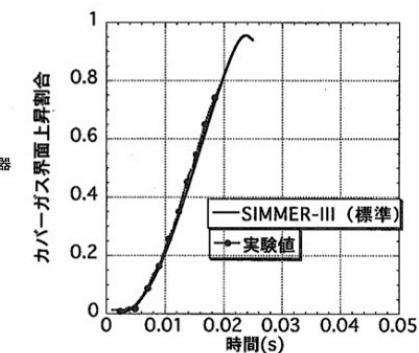
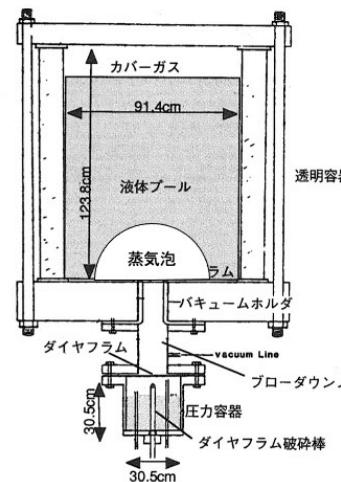


2次元円筒座標系により炉心中心への燃料集中を強要(反応度挿入率: 約80\$/s)

FCI



2カ所同時のFCIによる炉心中心への集中を想定(反応度挿入率: 約40\$/s)



IV-12試験(2.136MPa, 215°C、蒸気体積率16.7%)解析結果

Omega試験における蒸気泡成長解析結果