

シビアアクシデント時の燃料破損・溶融過程解析手法の高度化（1） （その3）炉内構造物の溶融要素過程解析モデル整備

Advanced multi-scale modeling and experimental tests on fuel degradation in severe accident conditions (1)

(No.3) Development of elementary degradation process model of internal structure

*倉田正輝³、藤 健彦¹、田中正博²、山下 晋³、永江勇二³

¹日鉄住金テクノロジー株式会社、²新日鐵住金株式会社、³日本原子力研究開発機構

燃料集合体と制御棒の初期段階における崩壊挙動について、共晶反応と水蒸気反応を考慮した有限体積法による解析モデルを検討した。模擬燃料棒・制御棒を雰囲気中の水蒸気量を調整した環境下で誘導加熱する実験結果と比較し、モデルの妥当性を検証した。

キーワード：計算流体力学、溶融・凝固、多成分流、水蒸気反応

1. 緒言

シビアアクシデントにより生成するデブリの状況予測に際しては、崩壊手順の理解が重要である。受託事業では、崩落現象を支配する共晶反応と水蒸気反応の2つの要因について、実験・解析両面から検討を加えている。本報では、解析モデルの概要と実験比較検証結果を述べる。

2. 解析モデルと検証

気 - 固液 2 相の混相流で、固液内で複数の溶質成分を持たせる有限体積法のモデルとした。制御棒中の Fe と減速材中の B 間の反応(共晶温度 1573K)、ジルカロイ中の Zr と制御棒中の Fe 間の反応(共晶温度 1210K)を考慮した。溶融・凝固解析は VOF (Volume of Fluid)-埋込境界法に依った。水蒸気反応は界面に垂直な方向の酸化膜成長速度を実験式に従って簡易モデル化し、発生水素も算出する文献[1]の方法を導入し、水蒸気有無の影響を評価した。9 本で構成される模擬燃料棒の、水蒸気量を調整した雰囲気下での誘導加熱実験の結果と比較し、定性的な現象の一致を確認した。図 1,2 に解析系と結果例を示す。

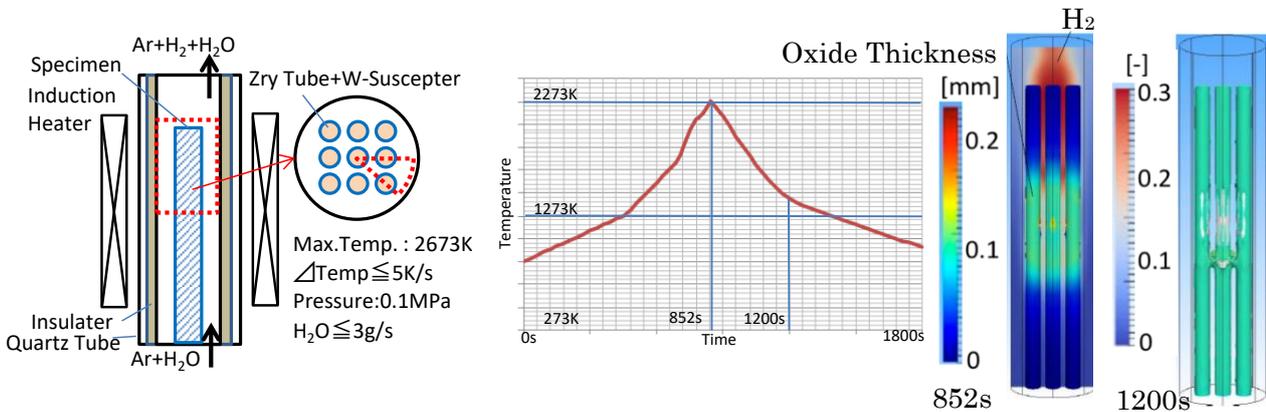


図 1 解析の系と加熱温度履歴例

図 2 解析結果例

3. 結論

共晶反応と水蒸気反応の2つのシビアアクシデント初期段階の現象を支配する要因を組み込んだモデルを作成し、基礎実験結果との比較で検証した。手法は大規模モデル JUPITER への組み込みを進めている。

謝辞 本研究の成果は、平成 29 年度原子力の安全性向上に資する共通基盤整備のための技術開発事業(シビアアクシデント時の燃料破損・溶融過程解析手法の高度化)の一部である。

参考文献 [1] H.T.Kim, B.W.Rhee and J.H.Park; Journal of Nuclear Science and Technology, (2007) 44:11, 1385-1394

*Masaki Kurata³, Takehiko Toh¹, Masahiro Tanaka², Susumu Yamashita³, and Yuji Nagae³

¹Nippon Steel & Sumikin Technology², Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation, ³Japan Atomic Energy Agency