粒子法を用いた燃料溶融挙動解析手法の開発
（6）多成分解析における溶融モデルに関する検討

Development of Analytical Method for Behavior of Fuel Melting by Particle Method
(6) Consideration of Melting Model for Multi-component Analysis

*永武 拓[1]，高瀬 和之[1]，吉田 啓之[1]
[1]日本原子力研究開発機構

シビアアクシデント解析における不確かさの低減を目的とし、炉心溶融の際の挙動評価のため、燃料棒等の炉心構成要素の溶融挙動を評価出来る手法を、粒子法を基に開発している。本報では、成分間の化学反応を考慮した溶融モデルについて組み込むとともに妥当性について検討した結果を報告する。

キーワード：シビアアクシデント，燃料溶融，粒子法

1. 緒言

シビアアクシデント解析手法の高度化のためには、溶融燃料の移行等で起こる現象を評価する必要があるが、これらを実験でのみ把握することは困難である。本研究では燃料要素の溶融挙動を数値的に明らかにするため、粒子法（MPS 法[1]）をベースに、燃料溶融挙動解析コードPOPCORN[2]を開発している。本報では、成分間の化学反応を考慮した溶融モデルの組み込みを行った。

2. 溶融モデル及び機能確認解析

燃料溶融挙動は、ジルコニウム(Zr)の酸化や UO_2-Zr 間の物質の移行に影響を受ける。ここでは最も溶融挙動に影響を与えると考えられる酸素の移行に着目し、酸素分率の移行を拡散方程式で予測するモデルを導入した。同様に Zr 被覆管表面で起こる酸化反応についても、表面粒子に酸素分率の変化等の変化を計算する機能を導入した。図１に、機能確認解析の体系を示す。初期温度は 1800℃、UO_2 発熱量は 50MW/m^3 とした。また、各物質の融点を U：1132℃、UO_2：2865℃、Zr：1855℃、ZrO_2：2715℃とした。図２に固相率の計算結果を示す。赤色は固相、青色は溶融して液相と評価された粒子である。UO_2 と接している Zr は酸素の拡散により酸化し、融点が上がることで溶融しない。また、表面も周囲の空気との酸化反応により同様に溶融しない。一方、酸化が進まず周囲より融点が低い、Zr 内部が最初に溶融する（図２左）。その後表面が溶融し、溶融した Zr あるいは ZrO_2 が下方へ移行する（図２右）。本解析により、多成分解析における化学反応を考慮した溶融解析が可能であることを確認した。

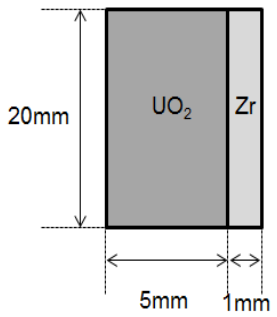

図１　計算体系

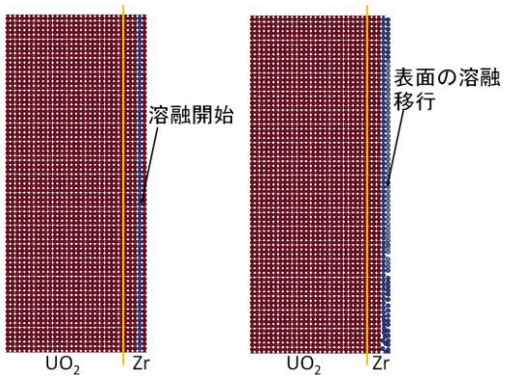

図２　計算結果

参考文献

[1] Koshizuka, S. and Oka, Y., Nuclear Science and Engineering, 123, 421-434 (1996)

[2] Nagatake, T. et al., ICONE23-1914, (2015)

*Taku Nagatake[1], Kazuyuki Takase[1] and Hiroyuki Yoshida[1]

[1]Japan Atomic Energy Agency