原子炉事故解析に向けたマルチフィジクス粒子法コードの開発
(3)共晶モデルの開発

Development of a multi-physics MPS code for the severe accident simulation

(3)Implementation of a developed eutectic model

*稲垣　健太 [1]

[1] 電中研

原子炉事故で発生しうる物質の溶融凝固や移動、大変形を伴う複雑な現象を解析するためのマルチフィジクス粒子法コードを開発している。本研究では炉内で発生する燃料および構造物などの共晶反応を取り扱うためのモデルを開発し、コードに実装した。

キーワード：原子炉事故、シミュレーション、粒子法、共晶

1. 緒言

当所では原子炉事故で発生しうる物質の溶融凝固を含む複雑な現象の解析を可能とするマルチフィジクス粒子法解析コード[1]を開発している。これまでに物質単体の溶融凝固を伴う移動過程の解析が可能となった。実際の原子炉事故事象においては、溶融の多くが共晶反応によって発生するため、これらの影響を適切に取り扱うための共晶反応モデルの開発が必要である。

2. 手法

共晶反応を取り扱うために、系に含まれるすべての物質のそれぞれの濃度を、各粒子の持つ変数として定義した。これらの濃度の時間変化については Mustari ら[2]の手法と同様に Fick の第 2 法則を粒子法の Divergence モデルで離散化して評価した。次に各粒子位置において、既存のマルチフィジクス粒子法と同様の溶融判定を実施した。このとき溶融温度は状態図などの情報に基づき、濃度の関数として与えた。

3. 解析結果

仮想的な Fe-U 状態図（図１）に基づいて、Fe 坩堝中に溶融 U を配置した解析を実施した。温度は一様に 1200℃とした。解析結果を図２に示す。U が Fe 中に拡散して共晶反応により Fe が溶融する様子が再現された。また、中間相（UFe_2）の生成も再現された。今後、液相と固相の境界の進展速度などについて、高精度化を進める。

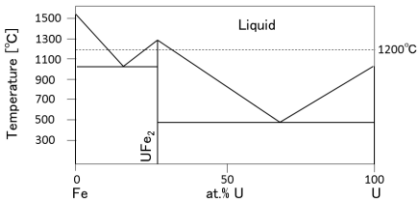

図１　仮想的な Fe-U 状態図

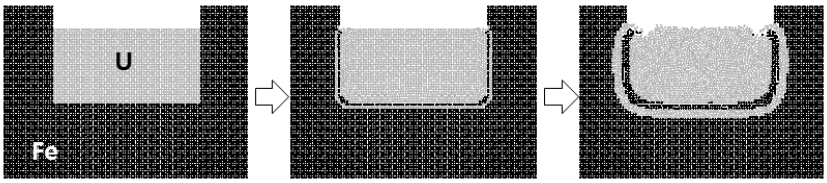

図２　一様温度下における共晶溶融反応解析例（黒：固相、灰色：液相）

参考文献

[1] 稲垣健太 “過酷事故シミュレーションへ向けたマルチフィジクス粒子法の開発”, 日本原子力学会和文誌（2015）

[2] A.Mustari, Y.Oka, M.Furuya, T.Watanabe and R.Chen, “3D simulation of eutectic interaction of Pb-Sn system using Moving Particle Semi-implicit (MPS) method”, Annals of Nucl. Energy 81 (2015) 26-33.

*Kenta Inagaki[1]

[1]Central Research Institute of Electric Power Industryhimbashi Univ., [2]Atom Research Lab.