

# ナトリウム-水反応現象解析コード SERAPHIM の高度化 非構造格子用解析手法の適用

Advancement of Sodium-water Reaction Phenomenon Analysis Code SERAPHIM

Application of Unstructured Mesh-based Numerical Method

\*内堀 昭寛<sup>1</sup>, 渡部 晃<sup>2</sup>, 高田 孝<sup>1</sup>, 大島 宏之<sup>1</sup>

<sup>1</sup>原子力機構, <sup>2</sup>エヌデーデー

高速炉蒸気発生器における伝熱管破損時事象の評価を目的として、ナトリウム-水反応現象数値解析コード SERAPHIM の開発を進めている。複雑形状に対する模擬性向上のため SERAPHIM へ非構造格子用解析手法を新たに適用し、基本的な妥当性を確認した。

**キーワード**：ナトリウム冷却高速炉，蒸気発生器，ナトリウム-水反応，数値解析，非構造格子

**1. 結言** ナトリウム (Na) 冷却高速炉蒸気発生器の伝熱管破損時に Na 側で生じる圧縮性多成分多相流及び Na-水化学反応を対象とする機構論的数値解析コード SERAPHIM を開発している。本解析コードは従来構造格子を対象としていたが、伝熱管の存在する複雑形状体系に対して模擬性を向上するため非構造格子用解析手法を新たに適用し、妥当性確認の一環となる解析を実施した。

**2. 解析手法及び解析結果** SERAPHIM[1]は独自に開発した圧縮性を含む多流体モデルや Na-水化学反応モデルを有している。本件では主として、同多流体モデルの質量・運動量・エネルギー保存式、並びに、質量・運動量保存式の解法として圧縮性多相流に適用できるよう修正した HSMAC 法を非構造格子用に修正・定式化し、SERAPHIM へ組み込んだ。解析手法妥当性確認の一環として、伝熱管破損時の要素現象として最も重要である不足膨張噴流に対する解析を実施した。本解析では常圧空気で満たされた 3 次元領域を対象とし、解析領域の一端には高压空気の噴出口を設けた

(図 1a)。図 1b に解析結果 (噴流中心線より上半分のマッハ数分布) を示す。解析で得られた噴流内衝撃波の形状や噴流内圧力分布が実験結果[2]と良好に一致することを確認した。

本解析に加え、伝熱管 (単管) の存在する液体 Na 領域中に水蒸気が噴出する現象 (図 2a) を対象とした試解析を実施した。図 2b に示す通り、噴出した水蒸気が伝熱管周りを上昇するとともに化学反応により高温領域が形成される解析結果を得た。気相温度は最大で 1300°C 程度まで上昇しているが、これは従来の実験知見[3]に整合している。

**3. 結言** 要素現象として最も重要な不足膨張噴流を再現可能であることを確認し、また、水蒸気と液体 Na の流動及び化学反応により形成される温度場を再現可能である見通しを得た。

## 参考文献

- [1] Uchibori, A., et al., Mechanical Engineering Journal, Vol.3, 2016.  
 [2] Kuehner, J. P., et al., AIAA, 2002-2915.  
 [3] 栗原他, 原学会 2011 春の年会, H21.

\*Akihiro Uchibori<sup>1</sup>, Akira Watanabe<sup>2</sup>,

Takashi Takata<sup>1</sup> and Hiroyuki Ohshima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>2</sup>NDD Corp.

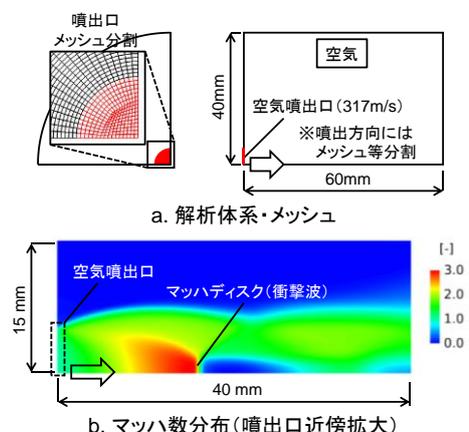


図 1 不足膨張噴流解析体系及び解析結果

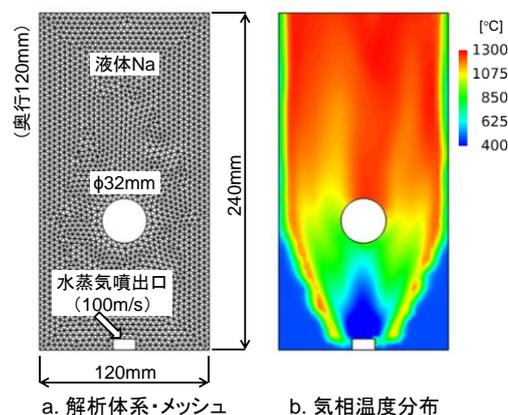


図 2 液体 Na 中水蒸気噴出現象試解析体系及び解析結果