

## 将来の高速炉許認可における SIMMER コードの検証について

## 即発臨界超過による発生エネルギー評価

今回の「常陽」の適合性審査では SIMMER コードの使用が無条件で認められたものではないが、原子炉の設計と事故シーケンスの特徴を踏まえて、不確かさの影響評価を含めて適切に保守的な解析が行われたことが、規制庁による要素評価との比較を含めて認められたものと考えている。

即発臨界超過による発生エネルギーの解析で SIMMER コードが取り扱う現象の不確かさが大きいことの理由として、第 68 回規制委員会 (R4.2.24) において、「検証実験に制約があり、実炉心規模へのスケールアップ適用性に不確かさがある」とされているところ、将来的にも実炉心規模での即発臨界超過を伴うような試験の実施は困難と考えられる。

従って、即発臨界超過によるエネルギー発生挙動に関して、今回の審査で提示した分離効果試験による SIMMER コードの検証研究 (水を用いたスロッシング挙動試験<sup>[1]</sup>、高密度流体の二相流動試験<sup>[2]</sup>、核加熱による溶融燃料の沸騰挙動試験<sup>[3]</sup>、臨界集合体試験施設による臨界試験<sup>[4]</sup>) に加え、より実機模擬性を高めた試験の実施とこれを用いた SIMMER の検証研究を進めることになる。

高速炉の安全研究 (新たな実験研究、SIMMER 自体の高度化) は今後も国内外で継続されることから、将来の設置許可申請時においてはその時点での最新の知見 (SIMMER の改良版、新たな実験データ) を活用しつつ対象となる原子炉の設計の特徴を踏まえた BDBE の解析を行う。

## FAIDUS (内部ダクトつき燃料集合体) による再臨界排除

将来の高速炉においては、炉停止失敗を伴って炉心損傷に至る BDBA に対して、FAIDUS<sup>[5]</sup> (内部ダクトつき燃料集合体) を採用し、溶融した炉心物質を内部ダクトを通して炉心外へ排出することにより即発臨界超過によるエネルギー発生を実質的に排除する設計方策が有力なオプションとして検討されている。

これまでにカザフスタン国立原子力研究所の IGR 炉内試験施設を用いた EAGLE 試験計画<sup>[6-8]</sup>において、炉心物質を核加熱して溶融炉心状態を実現し、FAIDUS による即発臨界超過の排除を対象とした実証性の高い試験的知見が取得されてきた。これに基づいた SIMMER の検証研究 (実施例としては参考文献<sup>[9]</sup>参照) を推進することで、FAIDUS が採用された場合に即発臨界超過によるエネルギー発生を実質的に排除できることを示す。

## 参考文献

- [1] W. Maschek, A. Roth, M. Kirstahler, L. Meyer, “Simulation Experiments for Centralized Liquid Sloshing Motions”, KfK 5090 (1992).
- [2] K. Mishima, T. Hibiki, et al., “Visualization and measurement of gas–liquid two-phase flow with large density difference using thermal neutrons as microscopic probes.” Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. 424, 229–234 (1999).
- [3] J. M. Seiler, D. Wilhelm, G. Kayser, “Synthesis on research on boiling pool thermal hydraulics at CEA and KfK,” IWGFR/89, Technical Committee Meeting on Material-Coolant Interactions and Material Movement and Relocation in Liquid Metal Fast Reactors, O-arai, Ibaraki, Japan, June 6-9. 1994.
- [4] 石田他、“SIMMER-III 及び-IV による FCA VIII-2 燃料スランピング実験解析”, JAEA Research 2015-002.
- [5] H. Niwa, et al., “Role and approach to the recriticality elimination with utilizing the in-pile test reactor of IGR,” 2nd Int. Conf. on Non-Proliferation Problems, Kurchatov Kazakhstan, Sep. 1998.
- [6] K. Konishi, et al, “The EAGLE project to eliminate the recriticality issues of fast reactors – Progress and results of in-pile tests.” Proc. NTHAS5, Jeju, Korea, Nov 26-29, 2006.
- [7] K. Konishi, et al., “Overview on the EAGLE experiments program aiming at resolution of the re-criticality issue for the fast reactors,” Int. Conf. Nuclear Power of Republic Kazakhstan, Sep. (2007).
- [8] 神山他、“高速炉の炉心安全性向上のための試験研究 EAGLE プロジェクト-炉外試験の進捗および融体流出試験結果”JNC TN9400 2004-030, 核燃料サイクル開発機構 (2004).
- [9] J. Toyooka, et al., “A Study on mechanism of early failure of inner duct wall within fuel subassembly with high heat flux from molten core materials based on analysis of an EAGLE experiment simulating core disruptive accidents in an LMFBR,” Trans. At. Energy Soc. Jpn., Vol. 12, No. 1, pp. 50–66 [in Japanese] (2013).