

溶融炉心プールのスロッシング運動に伴うエナジェティックスに関する検討

Investigation of Energetic Power Excursion Caused by Sloshing Motion of Molten Core Pool

*守田 幸路, 福田 真之, 劉 維, 帶刀 勲

九州大学

高速炉の炉心損傷事故において溶融プールのスロッシング運動によって燃料凝集が生じるとエナジェティックスが発生する可能性がある。この場合の放出エネルギーの上限値を支配するメカニズムについて検討した。

キーワード：炉心損傷事故，再臨界，溶融炉心プール，スロッシング運動，エナジェティックス

1. 緒言 高速炉の炉心損傷事故における遷移過程では、溶融プール内での燃料凝集を伴うプール運動（スロッシング）によって核的な反応が増幅され、即発臨界を超過する可能性がある。本研究では高速炉安全解析コード SIMMER-III [1]を用いた核熱流動解析の結果から、溶融プールの運動によってエナジェティックスが発生する場合の放出エネルギーの上限値を支配するメカニズムについて検討した。

2. 理論的考察 本検討では、即発臨界を超過した核反応の増幅は、熱膨張による燃料の急速な分散によって停止すること、その時点までの積分出力である放出エネルギーは、出力上昇に伴う溶融プール内の局所的な圧力上昇による燃料分散と関係付けられるものと仮定した。また、熱力学的な考察から、この時の圧力上昇率 dp_e/dt を次式で燃料の物性と発熱率に関係付けた。

$$\frac{dp_e}{dt} \propto \left(\frac{1}{v_s^2} + c \right)^{-1} \frac{\alpha_s}{c_v} Q_n \quad (1)$$

ここで、 v_s 、 α_s 、 c_v は、それぞれ、液体燃料中の音速、断熱過程での熱膨張率、定積比熱、 Q_n は即発臨界時の燃料の体積発熱率、 c はモデルパラメータである。

3. 解析結果 本解析では、初期に円柱状（半径 805 mm、初期高さ 320 mm）の MOX 燃料プール（3200 K、富化度 19%、約 5.9 ton）を対象とし、プール外縁方向に初速度を与えることでスロッシング運動を発生させた。即発臨界超過時の放出エネルギーに対する燃料の分散効果を分析するため、初速度を 1 m/s、3200 K での燃料物性（ v_s 、 α_s 、 c_v ）を用いたケースを基準とし、燃料物性及び Q_n を変化させるために初速度をパラメータとした解析を行った。その結果、本解析条件では、燃料の熱膨張効果によって放出エネルギーが約 1/360 に抑制されること（図 1）、熱膨張によって燃料が急速に分散する条件では放出エネルギーに対する燃料ドップラー効果は小さいこと、放出エネルギーは dp_e/dt に概ね反比例して減少すること（図 2）が明らかとなった。

4. 結言 溶融プールのスロッシングによってエナジェティックスが発生する際に放出されるエネルギーの上限値は、燃料の熱膨張によって大きく支配されることを確認した。

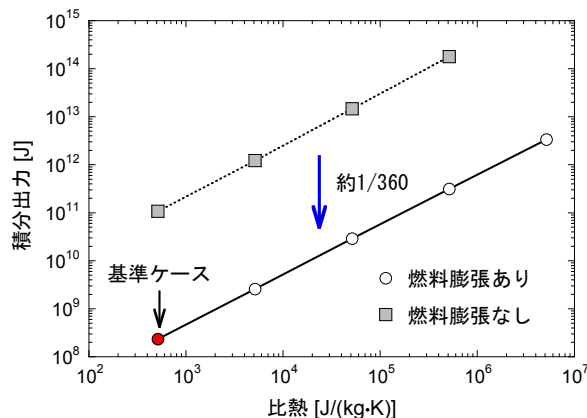


図 1 液体燃料の比熱と積分出力の関係

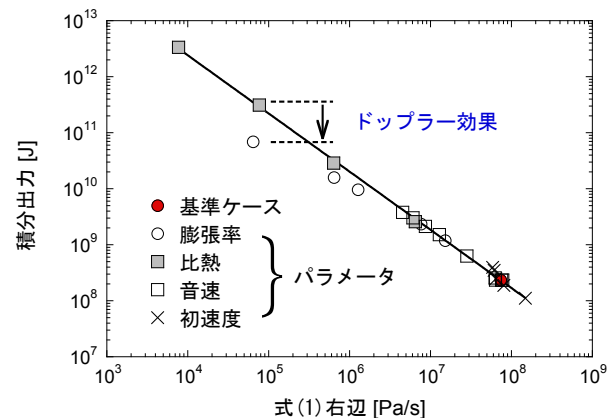


図 2 式(1)右辺と積分出力の関係

参考文献 [1] H. Yamano et al., JNC Report, JNC TN9400 2003-071, 2003.

謝辞 本研究は原子力規制庁から九州大学への委託研究「高速炉の損傷炉心プールのスロッシング挙動に関する水流動試験」として実施した。電力中央研究所の遠藤 寛氏（九州大学 客員教授）には貴重なご意見を頂き、ここに謝意を表す。

*Koji Morita, Masayuki Fukuda, Wei Liu and Isao Tatewaki; Kyushu Univ.