

ナトリウム冷却高速炉の炉心崩壊事故時における 溶融炉心物質の再配置挙動に関する研究

(4) 試験条件が低水深プール中での融体の分散・堆積に与える影響

Studies on Relocation of Molten Core Materials
in the Core Disruptive Accident of Sodium-cooled Fast Reactors

(4) Effects of Test Conditions on Dispersion and Sedimentation of Molten-metal in a Shallow Water Pool

*江村 優軌¹, 磯崎 三喜男¹, 松場 賢一¹, 今泉 悠也¹, 神山 健司¹

¹ 日本原子力研究開発機構

ナトリウム冷却高速炉の炉心崩壊事故時における溶融炉心物質と冷却材の熱的相互作用及び炉内構造物への炉心物質の堆積挙動を解明するため、炉心入口プレナムを想定した低水深の水プール中に溶融した低融点合金を落下させる模擬試験を実施している。本件では、溶融物質の初期温度及び冷却材領域の容積等が試験結果に及ぼす影響について報告する。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，炉心崩壊事故，溶融炉心物質再配置，燃料－冷却材熱的相互作用，衝突噴流

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉の炉心崩壊事故において、制御棒案内管等を通じて噴流状に流出した溶融炉心物質は、微細化途上で制御棒案内管の接続先である入口プレナム部の底板に衝突する可能性がある。そのため、炉内構造物の存在が溶融炉心物質の微細化等の再配置挙動に与える影響を調べることを目的[1]として、溶融炉心模擬物質として低融点合金の溶融物（融体）、模擬冷却材として水を用い、水プール中において噴流衝突が予想される距離[2]に底板（水平平板）を設置した体系（「低水深プール」と呼称）での試験を実施している。前報では、融体が噴流状態で底板に衝突した後、底板に沿って径方向へ分散する際に微細化し固化することを報告した[3]。本報では、融体の温度条件及び冷却材容積の制限が底板上における融体の径方向分散に与える影響について報告する。

2. 試験体系

前報と同様に、低融点合金（密度：約 $8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、融点：約 78°C ）の融体を低水深プール中にノズルを通じて自重で落下させ、底板上での融体分散を高速ビデオカメラで撮影した。初期冷却材温度を 30°C 、初期融体温度を 350°C または 500°C とした。この温度条件は、融体と冷却材との接触境界面に安定な蒸気膜が形成されない実機条件を模擬している。また、底板上部に容器を設置することで、冷却材領域の容積が制限される条件での試験も実施した（図1）。

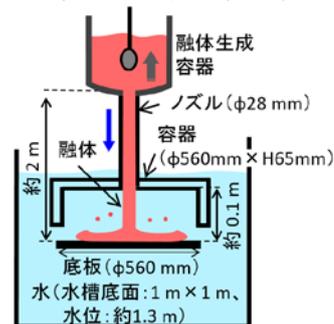


図1 試験装置概要

3. 試験結果及び考察

各試験条件において、前報と同様、融体が噴流状態で底板に衝突した後には微細化した。底板上で分散過程及び堆積形状に大きな差異が生じた。融体温度が高い場合（ 500°C ）には、低い場合（ 350°C 、図2）と比べて融体と底板の衝突地点付近における蒸気泡の発生と収縮、及び径方向への融体分散が激しくなったことが試験映像から確認でき、微細化した融体の固化物は底板上に薄く堆積した（堆積量約半分、図3）。この結果から、融体と底板の衝突地点付近における融体と水との熱的相互作用は、融体の径方向への分散を促進すると考えられる。一方で 350°C の温度条件で容器を設置した場合には、明確な蒸気泡の発生を確認できず、同温度条件で容器を設置しなかった場合と比べて融体が底板に衝突してから底板円周上に至るまでの分散速度が低下した（約 0.7 倍）。本試験の範囲では、容器の設置効果は冷却材容積の制限よりむしろ、蒸気泡の発達抑制として顕著に現れた。

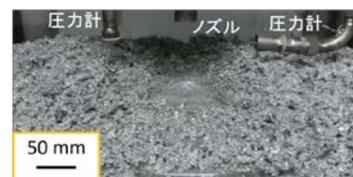


図2 堆積形状（ 350°C 、容器無し）



図3 堆積形状（ 500°C 、容器無し）

4. 結論

底板上における融体の径方向分散は、衝突地点近傍での熱的相互作用によって促進され、融体温度及び冷却材容積の制限のために設置した容器は、熱的相互作用に伴う蒸気泡の発達挙動に影響を与えることを把握した。

参考文献

[1] 神山ら, 2016年秋の大会予稿集, 3H10, 日本原子力学会(2016)、[2] Matsuba et al., Nuclear Safety and Simulation, Vol.4,4(2013)、[3] 今泉ら, 2016年秋の大会予稿集, 3H11, 日本原子力学会(2016)

*Yuki Emura¹, Mikio Isozaki¹, Ken-ichi Matsuba¹, Yuya Imaizumi¹, and Kenji Kamiyama¹

¹Japan Atomic Energy Agency