

炉心燃料物質と黒鉛の化学的反応性に係る検討

(1) 熱力学的平衡計算による反応性評価

A study on the chemical reaction between fuel materials and graphite block

(1) Thermodynamic equilibrium calculations

*前田 茂貴¹, 佐藤 勇², 山本 雅也¹, 内藤 裕之¹, 前田 宏治¹

¹JAEA, ²東京都市大

炉心燃料物質を黒鉛上で安定的に冷却・保持できることを確認するため、炉心燃料物質等と黒鉛との化学的反応性について検討した。熱力学的平衡計算により、燃料と冷却材や炉心構造物との混在条件下においても黒鉛ブロックの減肉に寄与する反応はなく、黒鉛ブロックを急速に浸食させることはないとの見込みを得た。

キーワード：高速炉，核燃料，黒鉛

1. 緒言

高速実験炉「常陽」のBDDB (Beyond-Design Basis Accident) 事象において、炉心燃料物質の熱的・機械的影響により原子炉容器が破損した場合、格納容器の破損を防止するため、安全容器内で炉心燃料物質を安定冷却・保持することを措置としている。「常陽」の原子炉容器と安全容器の間には黒鉛ブロックが敷設されており、炉心燃料物質及びナトリウムと黒鉛が接触した際の化学的反応について熱力学的に検討した。

2. 炉心燃料物質等と黒鉛との反応性

原子炉容器破損時、炉心燃料物質が黒鉛ブロックと接触した場合の黒鉛最高温度は熱流動解析コードFLUENT等による解析により1000℃以下と評価している。また、安全容器内の組成を用いて熱力学評価を実施した結果、800℃～1500℃での酸素分圧は 10^{-28} atm以下である。

安全容器内では、炉心燃料物質及び黒鉛に加え、被覆管・ラップ管等の構造物であるステンレス鋼及び冷却材ナトリウムが混在するため、U-C-O (燃料+黒鉛接触条件)、U-Fe-Na-C-O (燃料+構造物+冷却材+黒鉛混在条件) の組み合わせとし、熱力学的平衡計算コードFactSage5.4(データベース: NUCLEA)を用いて温度、酸素分圧をパラメータとして界面に生成する相・化学物質を計算した。

その結果、1000℃ではUとCの反応は生じないが、黒鉛ブロックの減肉に寄与する主な反応として、酸素分圧が 10^{-19} atm以上ではCが酸化し、CO及びCO₂が生成される。

また、酸素分圧 10^{-22} atm以下では、1400℃以上となれば、UCが生成される。

以上より、U-Na-Fe-C-Oの混合状態においても、酸素分圧 10^{-22} atm以下で界面温度を1400℃以下とすれば黒鉛の反応を防止できる見通しを得た。

3. 結論

熱力学評価により黒鉛ブロックの減肉、浸食に影響を与える主な反応が黒鉛ブロックの酸化反応、酸化物燃料の炭化による炭化物燃料生成であることを確認するとともに、これらの反応が生じる温度・酸素分圧を評価した。その結果、「常陽」の安全容器内条件(1000℃以下、酸素分圧 10^{-28} atm以下)において黒鉛ブロックの減肉は無視できる程度と推定した。

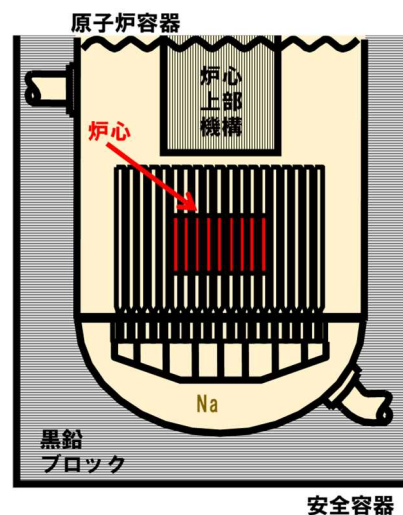


図 「常陽」安全容器内の構造概要

*Shigetaka Maeda¹, Isamu Sato², Masaya Yamamoto¹, Hiroyuki Naito¹ and Koji Maeda¹

¹JAEA, ²Tokyo City Univ.