

炉心燃料物質と黒鉛の化学的反応性に係る検討

(3) 二酸化ウランと黒鉛の示差走査熱量分析 (その 2)

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

(3) Differential scanning calorimetry of the uranium dioxide and graphite (2)

*内藤 裕之¹, 山本 雅也¹, 前田 茂貴¹, 榎松 繁², 佐藤 勇³, 前田 宏治¹

¹ JAEA, ² NDC, ³ 東京都市大

試料最高温度 1500°C の高温条件及び構造材物質混合条件において二酸化ウラン (UO₂) と黒鉛ブロックの示差走査熱量分析 (以下、「DSC 分析」) を実施した結果、酸化鉄や UO₂ からのわずかな酸素の供給では黒鉛の重量減少は非常に小さいことを確認し、高速実験炉「常陽」において、炉心燃料物質が漏えいする安全容器内の条件下では黒鉛ブロックの侵食は無視できる程度であることを確認した。

キーワード: 高速炉, 核燃料, 二酸化ウラン, 黒鉛

1. 緒言

「常陽」の BDBA (Beyond-Design Basis Accident) 事象では、格納容器の破損防止措置として安全容器内で炉心燃料物質を冷却・保持する。「常陽」の原子炉容器と安全容器の間には黒鉛ブロックを敷設しており、炉心燃料物質を黒鉛上で安定に冷却・保持できることを確認するため、UO₂ と黒鉛ブロックとの反応について検討している。本報告では、前回の報告^[1]に引き続き、試料最高温度を 1500°C までの高温とした条件、UO₂ 試料中に鉄等の構造材物質が混在する条件で反応を調べた。

2. DSC 分析

2-1. 条件・方法

黒鉛板と UO₂ 試料を重ね合わせ、昇温して 1 時間保持し (Ar ガス雰囲気中 (酸素濃度<0.1ppm))、加熱に伴う重量変化及び示差熱を測定した。試料最高温度は 1200°C 及び 1500°C (UO₂ と炭素 (C) との反応による炭化ウラン (UC) の生成が懸念される温度条件) とした。UO₂ 試料については、構造材物質が混在した場合の影響を調べるため、表に示すように焼結体のほかに鉄粉や還元処理した鉄粉およびステンレス (SUS) 粉を混合させた成形体試料も試験した。

2-2. 結果

図に示すように試料最高温度を 1200°C とした還元なし鉄粉を混合した成形体においては 1000°C 付近から C の酸化反応と考えられる発熱反応が観察され、UO₂ 試料および黒鉛板の有意な重量減少 (数%程度) も確認された。一方、試料最高温度を 1500°C とした焼結体、1200°C としたその他の成形体においては C の明確な反応は確認されず、黒鉛板の有意な重量減少も確認されなかった。

2-3. 考察

1500°C の焼結体では、DSC 分析後に実施した金相観察や EPMA 分析でも U と C の化合物の形成は確認されず、UC 生成による黒鉛ブロックの侵食はほとんどないと考えられる。また、1200°C の鉄粉を混合した成形体では原料粉が含む酸素に起因と考えられる黒鉛板の重量減少が見られたものの、1200°C の還元処理した鉄粉および SUS 粉では重量変化が確認されなかったことから、構造材の鉄等が混在した条件下においても構造材等がわずかに酸化している程度では黒鉛の酸化反応は無視できる程度であった。よって、BDBA の事象進展時の「常陽」の安全容器内では、炉心構造材は Na 中で還元雰囲気にあることから、安全容器内での黒鉛ブロックの侵食は無視できる。

3. 結論

試料最高温度 1500°C までの本試験条件において、鉄等の構造材物質が混在する条件で反応を調べた結果、黒鉛の重量変化は黒鉛の酸化反応のみであり、酸化鉄や UO₂ からのわずかな酸素の供給では黒鉛の重量減少は非常に小さいことを確認した。「常陽」の安全容器内条件下でも黒鉛ブロックの侵食は無視でき、黒鉛ブロックが炉心燃料物質を安定に冷却・保持できると推測される。

参考文献

- [1] 内藤 他, 日本原子力学会「2019 年秋の大会」予稿集, 1I15.
[2] A.T.D.Butland and R.J. Maddison, J.Nucl.Mater., 49(1973), pp.45-56. (黒鉛)
[3] J.K. Fink, J.Nucl.Mater., 279(2000), pp.1-18. (二酸化ウラン)

*Hiroyuki Naito¹, Masaya Yamamoto¹, Shigetaka Maeda¹, Shigeru Kurematsu², Isamu Sato³ and Koji Maeda¹

¹JAEA, ²NDC, ³Tokyo City Univ.

表 試験条件

試料最高温度	UO ₂ 試料	構造材混合	備考
(1200°C)	(焼結体)	(—)	※前回報告
1500°C	焼結体	—	
1200°C	原料粉成形体	鉄粉	
1200°C	還元粉成形体	還元処理鉄粉	
1200°C	還元粉成形体	SUS粉	

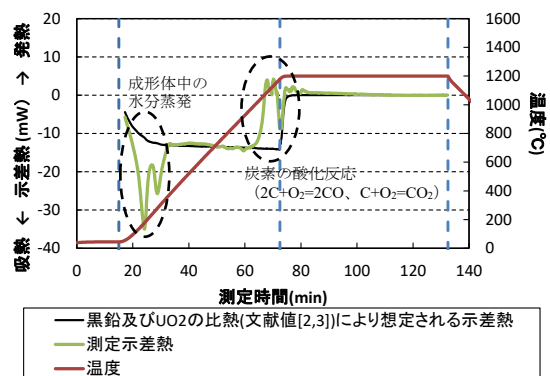


図 熱分析結果 (1200°C、還元なし鉄粉混合成形体)