

燃料デブリの経年変化における物理学的メカニズムに関する研究

(2) ウラン系溶融固化体における周期的な温度変動による総クラック長さの変化

Study on physical mechanism in aging phenomenon of fuel debris ((2) Transition of total crack length by cyclic temperature fluctuation in solidified molten materials including uranium)

*鈴木 誠矢¹, 矢野 公彦¹, 岡村 信生¹, 渡部 雅之¹

¹ 日本原子力研究開発機構

燃料デブリの経年変化挙動に関する知見を得るため、 UO_2 または $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ とステンレス鋼 (SUS) を材料に溶融固化体を作製し、周期的な温度変動を加えた前後での総クラック長さの変化を調べた。 UO_2 -SUS系では熱サイクルの回数が増えるとともに総クラック長さが増加したが、 $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ -SUS系では総クラック長さに顕著な変化がみられなかった。

キーワード：燃料デブリ，経年変化，物理学的メカニズム， UO_2 ， $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ ，熱サイクル，総クラック長さ

1. 緒言

福島第一原子力発電所における燃料デブリの取り出し開始は 2021 年度以降と想定されている。取り出し作業期間及び取り出し後から最終処理までの期間は長期にわたる可能性があり、燃料デブリ性状の経年変化を適切に予測してリスクを検討することが重要である。しかし、燃料デブリの経年変化に対する気温変化の影響度など、物理学的メカニズムの影響度を定量的に評価するような既存の知見はない。そこで前報^[1,2,3]では、燃料デブリへの周期的な温度変動（熱サイクル）の影響を評価するための実験手法を構築するとともに、熱膨張率などの物理的性質の観点から燃料デブリの代替材料とした Y_2O_3 -SUS 溶融固化体試料を用いた試験により熱サイクルが多くなることにより総クラック長さが増加することを確認した。本報では、燃料デブリの主成分と考えられる UO_2 または $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ を用いて作製した酸化物-金属の溶融固化体試料に熱サイクルを加え、酸化物相の総クラック長さの変化を測定した。

2. 実験

燃料デブリが影響を受けると考えられる気候変動と自己発熱を考慮し、燃料デブリの長期（数十年）にわたる熱サイクルの範囲を $200\sim 250^\circ\text{C}$ と仮定した。そして、外部加熱ではあるが電気炉で再現した熱サイクルを溶融固化体試料に対して加えて、クラックの発生・伝播を促した。なお、溶融固化体試料は U 酸化物と溶融した SUS の比が $15:85[\text{vol}\%]$ 程度となるように作製した（図 1）。これらに切断・研磨処理等を施して、断面の総クラック長さを測定した。測定は、顕微鏡により得られた酸化物部の合成画像に対して画像処理ツールを用いて、モノクロ画像化、エッジ処理、2 値化処理、フィルタリングを施した後、クラックを自動的に選別して総クラック長さを計測した。

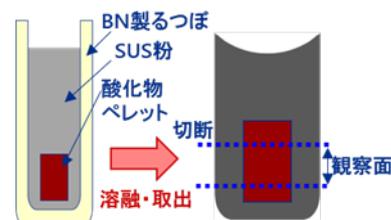


図 1 溶融固化体試料のイメージ図

3. 結果

UO_2 -SUS 系（図 2 上）については、熱サイクル数を増やすにつれてクラック長さが増加することを確認し、試料形状の違いによる影響はあるものの Y_2O_3 -SUS 系と近い結果となった。 $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ -SUS 系（図 2 下）については、クラック長さの増加がみられず、熱サイクル数とクラック長さについて特徴的な傾向は確認できなかった。本試験で用いた $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ には UO_2 と比べて初期に多数のクラックが存在し、それらにクラック進展に必要なエネルギーが分散したため、更なるクラックの発生・伝播に至らなかったと思われる。

4. 結言

今後は、本試験で見られた形状の違い及び既存クラックの有無の影響に関するメカニズムの検討を進めていくとともに、化学的メカニズム等、他のメカニズムとの相互作用を確認していく予定である。

参考文献

- [1].BLAND, Will J.; ROLLS, David. Weathering: an introduction to the scientific principles. Routledge, 2016.
 [2].KIMIYA, Kazukuni. Rock Weathering from a Geological Standpoint. Journal of the Japan Society of Engineering Geology, 1991, 32.3: 120-129. [3].SUZUKI, YANO, WATANABE, KOIZUMI. Study on physical mechanism in aging phenomenon of fuel debris (1) Transition of total crack length by cyclic temperature fluctuation. Atomic Energy Society of Japan 2018 Fall Meeting (1F13).

*Seiya SUZUKI¹, Kimihiko YANO¹, Nobuo OKAMURA¹, Masayuki WATANABE¹.

¹Japan Atomic Energy Agency

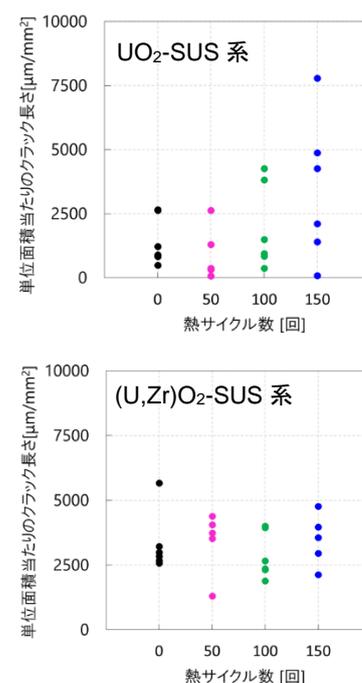


図 2 単位面積当たりのクラック長さに対する熱サイクルの影響