

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

(3)溶融固化体における冠水状態での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 phenomenon of fuel debris

(3) Transition of total crack length by cyclic temperature fluctuation under water solidified molten materials

*鈴木誠矢, 荒井陽一, 岡村信生, 渡部雅之

日本原子力研究開発機構

燃料デブリの取出し・保管において、長期間における安全性を評価するため経年変化プロセスの解明は重要な課題の一つである。物理学的メカニズムとして環境温度によるクラックの発生量などの経年変化の影響を調査し、冠水状態で存在する燃料デブリのクラックの発生・進展に係る挙動を明らかにした。

キーワード：燃料デブリ、経年変化、物理学的メカニズム、クラック、温度変化

1. 緒言

福島第一原子力発電所において発生した燃料デブリは、長期間水中に晒された状態にあり、また廃炉のために取出したのちは最終的な処理方法が決定されるまでは安全な状態を維持して保管されることが予想される。したがって、燃料デブリの経年変化を考慮した保管条件の検討のため、保管中における環境温度が燃料デブリの経年変化に与える影響を明確にし、物理学的メカニズムによる燃料デブリの経年変化の定量的な評価手法の確立が必要である。本研究では燃料デブリへの周期的な温度変動（温度サイクル）の影響を評価するための実験手法の構築を目的とし、これまで UO_2 と同程度の熱膨張率及び破壊じん性である Y_2O_3 とステンレスの溶融固化体、 UO_2 -ステンレス溶融固化体、そして $(\text{U,Zr})\text{O}_2$ -ステンレス溶融固化体で温度サイクル試験^[1,2]を実施し、試料中のクラック数や長さの変化への温度サイクルの影響を確認してきた。本報では、冠水状態にある条件を想定した温度サイクル試験を実施し、環境温度が経年変化に与える影響を評価した。

2. 実験

試験温度は長期間水中に晒されていたこと、気候変動及び自己発熱を考慮して $15\sim 65^\circ\text{C}$ と設定した。恒温装置を用いて $50\sim 200$ 回の温度サイクルに晒した後にクラック長さの変化を測定した。また、水中、気中での温度サイクルの影響を比較することで、水中特有のクラック発生・伝播挙動を調査した。試料は Y_2O_3 ペレットとステンレス粉を 1500°C で加熱し、溶融ステンレスの中心にペレットが位置するように作製した。処理後の試料は切断・研磨等の後、顕微鏡により断面画像を観察した。また画像処理解析によりクラック長さを計測した。

3. 結果

温度サイクル数とクラック長さの関係を図 1 に示す。温度サイクルの回数に対する水中、気中で単位面積当たりのクラック長さの変化量は同程度であり、冠水状態がクラック発生に影響しないことを確認した。またクラックの発生挙動は、別途実施した $200\sim 250^\circ\text{C}$ の条件と類似傾向であることから、温度差及びサイクル数に比べて影響度が小さいと判断できる。これより、冠水状態を想定した 100°C 以下の温度範囲内でも本手法により経年劣化を推察できることを確認した。

4. 結言

水中と気相中におけるクラック発生状況は同等であり、気中での物質固有の機械的物性の温度依存性を把握することで、冠水状態におけるクラック発生挙動も予測可能であるとの知見を得た。この結果を受けて、これまで評価してきたパラメータの影響度を纏め、経年変化予測モデルの構築に必要なデータを取得していく。

参考文献

- [1] 鈴木誠矢 他, 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 (1) 周期的な温度変動による総クラック長さの変化, 日本原子力学会「2018 秋の大会」1F13
 [2] 鈴木誠矢 他, 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, 日本原子力学会「2019 秋の大会」2H16

*Seiya Suzuki, Arai Yoichi, Okamura Nobuo, Watanabe Masayuki
 Japan Atomic Energy Agency

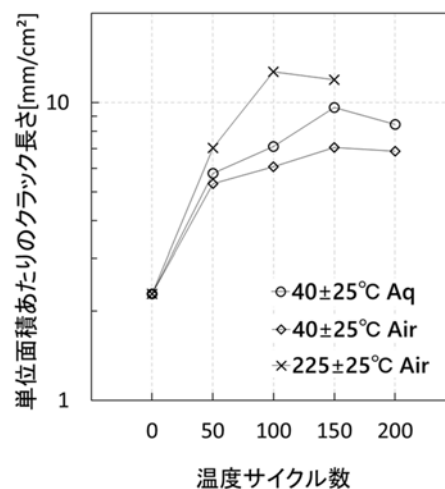


図 1 温度サイクルとクラック長さの関係図