

福島第一原子力発電所の事故初期における中性子検出事象に関する確認試験

Confirmatory examination of neutron detection events in the early phase of FDNP accident

*坂本 寛¹, 坂口 知聡¹, 遠藤 洋一¹, 佐々 勝明¹, 溝上 暢人², 平井 睦², 溝上 伸也²

¹NFD, ²東電 HD

福島第一原子力発電所の事故初期に正門付近において中性子が検出された原因は未だ不明である。検出の原因を試験的に確認するため、事故初期を模擬した照射済燃料試料の加熱試験を実施した。その結果、事故初期の 1500 °C 程度までの温度領域で放出された自発核分裂性核種が原因であることが示唆された。

キーワード：福島第一原子力発電所，事故進展，中性子検出，照射済燃料，同位体

1. 緒言

これまでに多くの調査や解析が実施され、より確からしい炉内状況、燃料デブリの状態、核分裂生成物の放出経路等についての情報が取得されているが、現時点でも多くの未解明事象が残されている。3/13 早朝、及び、3/14 夜から 3/15 未明の中性子検出もその一つであるが、検出場所は原子炉建屋から約 1 km 離れた場所であること、検出された時間帯が実測・解析により予測される炉心損傷/熔融時期と一致することから、炉心損傷/熔融と関連した事象である可能性が指摘されている^[1]。しかし、具体的な中性子源は不明であることから、本試験では事象解明の最初の取り組みとして、自発核分裂により中性子を放出するアクチノイド(An)核種の燃料ペレットもしくは燃料マトリクスからの放出に注目した照射済燃料試料の加熱試験を実施した。

2. 手法

国内商用炉で約 2000 日間照射された燃料棒から被覆管を含めた厚さ 2 mm のディスク状試料を乾式切断により取得して、外観観察、放射線測定 ($\beta \cdot \gamma$ 線、中性子線) の後に、0.9 %H₂-Ar ガス雰囲気において昇温速度約 5 °C/min、最高温度約 1280 °C もしくは 1440 °C、保持時間約 2 h で加熱した。加熱は炉心管内で試料の上部に長さ 300 mm の Ta 製トラップ板を配置した縦型電気炉で行い、雰囲気ガスは炉心管下部から上部にガス流量 1.2 L/min で供給した。なお、蒸発/放出核種のトラップ板への回収を促進するため、試料位置から 300 mm 上部で約 150 °C 低くなる温度勾配を形成した。試験後は、試験後試料の外観観察、放射線測定、回収したトラップ板の付着物の ICP-MS 測定、 α 線測定、 γ 線測定を行った。

3. 結果

約 1280 °C まで加熱した試料では加熱による外観上の変化はなく、An 核種の放出もごく微量であった。一方、最高温度 1440 °C まで加熱した試料では、図 1 に示す様に燃料被覆管が粉碎する等の外観上の変化が大きく、かつ、An 核種の放出も増加した。この結果から、An 核種の放出は Cs と同様に比較的低温である 1500 °C 程度までの温度領域で起こることが確認された。また、各核種の付着量と自発核分裂の確率から中性子放出への寄与を比較したところ、Cm の同位体の寄与が支配的となった。今後、放出機構解明のため、燃料被覆管の役割や An 核種の放出形態などを明らかにしていく。

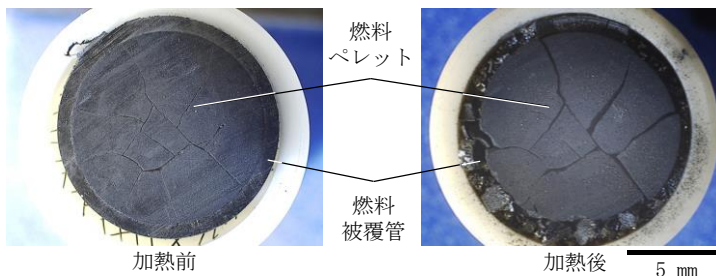


図1 加熱前後の試料外観

参考文献

[1] 東京電力ホールディング株式会社、「福島第一原子力事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果のご報告 -第 6 回進捗報告-」、2022 年 11 月 10 日

* Kan Sakamoto¹, Chisato Sakaguchi¹, Yoichi Endo¹, Katsuaki Sasa¹, Masato Mizokami², Mutsumi Hirai², Shinya Mizokami²

¹NFD, ²TEPCo HD