

燃料デブリ処分で発生するガスの移行に関する予察的評価

Preliminary evaluation for migration of gas generated at the disposal of fuel debris

*島田 太郎¹、西村 優基¹、武田 聖司¹

¹ 日本原子力研究開発機構 安全研究センター

東京電力福島第一原子力発電所で発生した燃料デブリの処分に向け、発生するガスが核種移行に与える影響について予察的に評価を行った。

キーワード：燃料デブリ、福島第一原子力発電所、地層処分、緩衝材、ガス移行

1. 緒言：福島第一原子力発電所事故で生じた燃料デブリの処分において、水の放射線分解等によるガス発生が懸念される。仮に地層処分と同様の処分形態を想定すると、オーバーパック（OP）が腐食による閉じ込め機能喪失までの期間では、ガス発生量は容器内の水分残存量に制約され、OP 健全性に大きな影響がないと確認されたが、OP 機能喪失後は内部に地下水が流入することにより再びガスが発生して、核種の移行を促進する可能性がある^[1]。そこで、本報告では、これまでに評価したガスの発生速度及び発生量に基づき、燃料デブリ処分環境下におけるベントナイト緩衝材中のガス移行について予察的に解析を実施した。

2. 解析：地層処分されることを仮定して、第2次取りまとめにおける硬岩系岩盤（処分深度：1,000 m、横置き方式）を対象に GETFLOWS^[2]を用いて解析を行った。OP が坑道の中心に一定間隔で横置きされる状態を想定し、X-Z 平面座標系で、解析領域を X 方向は 5 m（処分坑道離間距離 10 m の半分）、Z 方向は 1,200 m とした。OP と緩衝材の界面でガスが発生することから、緩衝材の最も内側 0.01 m 幅のメッシュをガス発生域とした。ガス発生速度は処分開始から OP 腐食が終了すると仮定した 19,000 年後まで金属腐食に伴い水素ガスが発生するとともに、OP 閉じ込め機能喪失を仮定した 4000 年後から地下水の OP 内側への流入による水の放射線分解に伴い水素ガスの発生が加わるものとした。評価にあたっては、内圧上昇に伴って間隙が構造力学的に変化する流路拡幅の影響を定量的に把握するため、流路拡幅を考慮するケースとしないケースを設定して、間隙圧力及び岩盤へ押し出される排水量などを評価し、HLW を想定した評価結果と比較した。

3. 結果：図1にケース別の累積排水量の比較を示す。燃料デブリ処分時の緩衝材中において、間隙圧力の初期値からの上昇は最大 10%程度となり、岩盤へ押し出される累積排水量は HLW と比較して約 25%増加した。また、すべてのケースで金属腐食が終了する 19,000 年では緩衝材内側の間隙圧力が低下して間隙水が逆流する結果となった。HLW では 19,000 年以降ガス発生が完全になくなるため、燃料デブリよりも累積排水量の減少量が多い。さらに、流路拡幅を考慮するとその累積排水量の増加は約 16%に抑制されるとともに、流路拡幅時にわずかに累積排水量が減少した。図2に流路拡幅の効果が表れる OP 閉じ込め機能が喪失する直後の 50 年間の間隙水排水速度の変化を示す。圧力上昇に伴って流路が拡幅することにより圧力が急減して逆流するが 1 年程度で回復している。排水速度が大きく上昇する期間は 20 年程度となった。以上の結果から、上昇する排水速度の継続期間は OP 機能喪失後 20 年程度であり、処分の時間スケールと比較して短かく、排水量の増加量も大きくないことから、燃料デブリのガス発生に伴う間隙水の岩盤へ押し出しの影響は限定的であると示唆された。

参考文献：[1] 西村ほか、原子力学会秋の大会 2016, 1D07

[2] 登坂ほか、地下水学会誌 38(3), 1996.

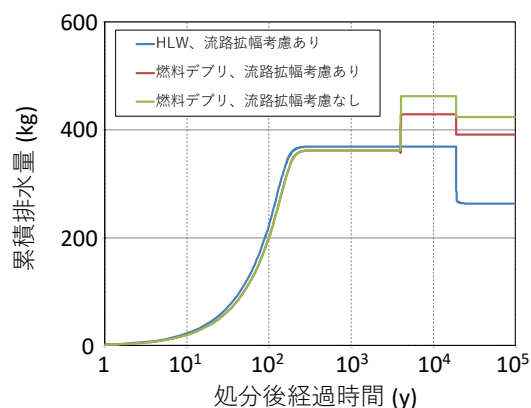


図1 ケース別の累積排水量の比較

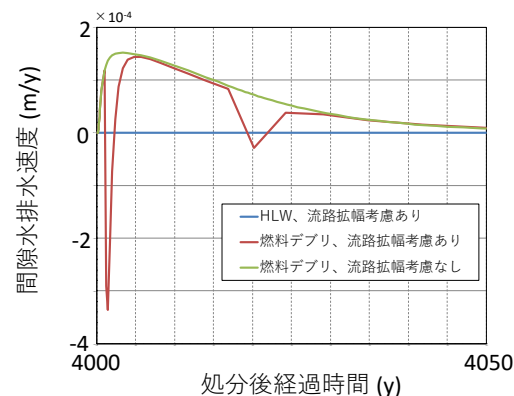


図2 ケース別の排水速度の比較

*Taro Shimada¹, Yuki Nishimura¹ and Seiji Takada¹,

¹ Nuclear Safety Research Center, Japan Atomic Energy Agency,

本研究は原子力規制委員会原子力規制庁「平成 28 年度燃料デブリの処理・処分に関する予察的検討」として実施したものである。