

再結合触媒を設置した放射性物質保管容器内の水素挙動の解析的研究

Analytical Study of Hydrogen Behavior in a Radioactive Material Storage Container with Recombination Catalyst

*寺田敦彦¹, 永石隆二¹

¹原子力機構

含水放射性廃棄物の保管容器の水素安全管理技術の開発に向けて、数値流体力学 (CFD) を用いた水素濃度の予測技術と水素ガス濃度低減技術の開発を進めている。本報ではその研究の一環として、触媒による再結合反応を加えた水素挙動解析を行い、触媒による水素濃度低減効果のシミュレーションの解析結果について報告する。

キーワード：、水素、放射性廃棄物保管容器、再結合触媒、濃度低減、シミュレーション

1. 緒言

1F 廃止措置における燃料デブリ、廃棄物等の放射性物質の長期保管では、保管容器内に水分が含まれていると、水の放射線分解による水素発生に伴う爆発燃焼リスクの低減が重要となる。このための安全管理技術として、容器内の気相中の水素濃度を再結合反応によって低減する固体材料 (触媒) を開発するとともに、計算科学的な数値流体力学 (CFD) によって容器中の水素等の挙動を予測・解析する技術の開発を進めてきた。これらの開発を実効的に結び付けるには、水素挙動解析において、水素等の対流現象に再結合等の反応を連成する必要がある。

そこで本研究では、触媒による再結合反応を加えた水素挙動解析を行い、この結果を触媒 (インテリジェント触媒^{[1])} の性能試験の結果と比較するとともに、触媒の水素濃度低減効果について検討した。

2. シミュレーション

水素再結合触媒による水素濃度低減効果のシミュレーションを行い、九大で実施された実験結果^{[2-3])}と比較した。実験装置の概略を図1に示す。小型矩形容器 (約 28L) 内に触媒を流路が垂直方向となるように設置し、容器の床面に設置した配管から水素を流入して密閉容器内での水素濃度低減状況を水素濃度計、熱電対等で計測している。

シミュレーションには ANSYS/FLUENT を使い、再結合触媒は、微細な流路構造を圧損の等価な多孔質体 (空隙率 0.78) で模擬して、水素処理速度を有限反応速度で与えた表面化学反応モデルとした。ここで、触媒を固定する治具等の機器は模擬していない。水素は床面より 5cm 高い位置に漏洩口 (□0.01 m) から、鉛直方向に最初の 1 分間は 100 %水素を 1 L/min で、その後の 4 分間は水素 0.2 L/min、空気 4.8 L/min の割合で流入させた。

3. 結果・考察

シミュレーション結果を図2に示す。計算値は、水素導入初期に乱流モデルの影響から過小評価がみられるものの、概ね実験値を再現できており、水素流入から 1800 秒迄の計測点での濃度変化から、触媒による水素再結合反応によって濃度が低減されていることが確認できる。また、触媒の流路を水平方向になるように横向きに設置した場合も、垂直方向に設置した場合と同程度の水素処理効果があることがわかった。今後は、換気条件との組み合わせの影響等について検証シミュレーションを進めていく予定である。

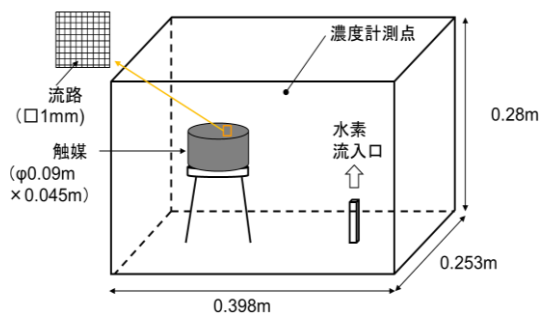


図1 実験装置

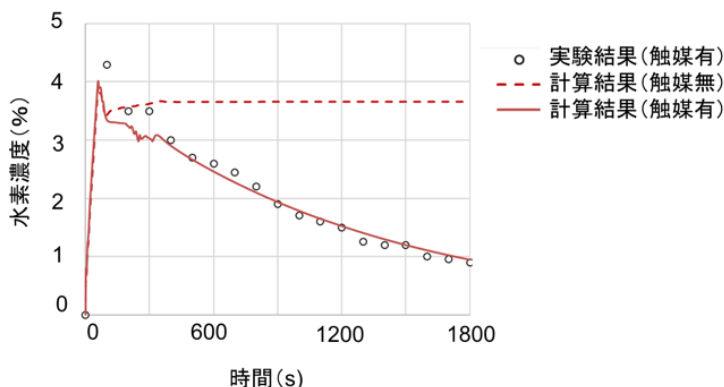


図2 実験装置内の水素濃度の経時変化

参考文献

- [1] H.Tanaka, et.al., SAE Technical paper, 2001-01-1301, 2001
 [2] 井上雅弘 他、“触媒を用いた室内の水素集積防止に関する研究”、安全工学研究発表会、2016。
 [3] 寺田敦彦 他、“廃棄物長期保管容器内に発生する可燃性ガスの濃度低減技術に関する研究開発 (6) 水素濃度低減シミュレーション”、原子力学会 2018 年会、2018。

*Atsuhiko Terada¹ and Ruiji Nagaishi¹. ¹JAEA