

燃料デブリ用収納缶の開発

(12) γ 線照射下での水の放射線分解による水素発生量の解析的評価 (その2)

Development of Fuel Debris Canister

(12)Analytical Evaluation of Hydrogen Production Amount by Gamma-Radiolysis of Water (2)

*石田 一成¹, 内山 秀明², 松岡 寿浩³, 岩嶋 智也⁴, 宮本 和¹, 松下 雄一¹, 上野 学¹

¹IRID/日立GE, ²IRID, ³IRID/三菱重工, ⁴IRID/東芝エネルギーシステムズ

気液二相がある密閉容器内での水の放射線分解による水素発生量を、液相中での水の放射線分解とヘンリー則による気液分配の2段に分けた解析モデルにより検討した。水素発生G値を純水の初期G値0.45を用いて評価することにより燃料デブリ用収納缶の開発(11)の実験値を保守的に評価できることが分かった。

キーワード：燃料デブリ, 収納缶, γ 線, 放射線分解, 水素発生, G値

1. 緒言

福島第一原子力発電所の廃止措置に向けて燃料デブリの収納・移送・保管技術を確立するため、燃料デブリ用収納缶の開発を行なっている。収納缶を移送する際に、収納缶内の水の放射線分解による水素への対策が課題となっている。本研究では、気相部ガス種、水質、放射線の種類、吸収線量率を考慮した解析方法により算出した容器内圧力変化の解析値と実験値（燃料デブリ用収納缶の開発（11）で測定した容器内圧力変化値）を比較評価した。

2. 計算方法

液相中での水の放射線分解とヘンリー則による気液分配の2段に分けた解析モデルにより、水素発生量を評価した（図1）。気相部ガス種、水質、放射線の種類、吸収線量率の影響を考慮して液相だけの γ 線による水の放射線分解を水の放射線分解モデル^[1]で計算して液相の水素平衡濃度を計算した。ここで、気相に空気や窒素が存在する場合には放射線分解により生成した硝酸による液相pHの変化を考慮した。次に、吸収線量とG値を用いて水素発生量を時間比例で計算し、平衡濃度になるまで状態方程式とヘンリー則により発生水素を気液分配することで気相の水素分圧を計算した。この際、水素と酸素が2:1で気相に移行すると仮定して容器内圧力変化を求めた。液相での水素発生のG値は純水の初期G値0.45とした。

3. 結果及び考察

水素発生による容器内圧力変化の解析値と実験値(試験開始時大気圧を基準とした内圧変化値)を比較した。図2に一例として、海水成分が溶解した水(塩化物イオン濃度 2.8×10^{-3} mol/L, ヨウ化物イオン濃度0 mol/L)と窒素置換した気相が気液比で900%存在する場合の解析値と実験値(燃料デブリ用収納缶の開発(11)のケース(b)における気相部ガスが窒素のケース)を示す。ここで、試験後の液相のpHが3.1であったことを考慮して水素平衡濃度を計算した。吸収線量が1MGy以下の領域では、容器内圧力変化の解析値は実験値より大きくなり、本解析方法により保守的に水素発生量を評価できることが分かった。他のケースについても同様に保守的に評価された。

この成果は、経済産業省/平成27年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金(燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発)」で得られたものの一部である。

参考文献

[1] Wada Y., et al., J. Nucl. Sci. Technol., 53, p.809 (2016)

[2] 和田 陽一 他, “密閉容器内の放射線分解による水素発生”, 日本保全学会 第12回学術講演会予稿集, 1-D-1-4

*Kazushige Ishida¹, Hideaki Uchiyama², Toshihiro Matsuoka³, Tomoya Iwashima⁴, Nodoka Miyamoto¹, Yuuichi Matsushita¹ and Manabu Ueno¹

¹Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd., ²International Research Institute for Nuclear Decommissioning, ³Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., ⁴Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation

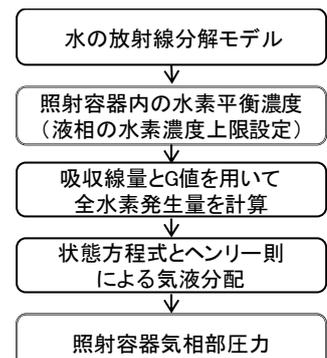


図1 水素発生量評価の流れ

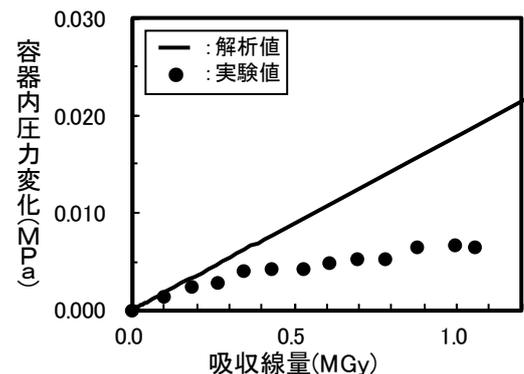


図2 水素発生に伴う容器内圧力変化の解析値と実験値の比較例
 (塩化物イオン 2.8×10^{-3} mol/L, 気相部窒素置換) ヨウ化物イオン0 mol/L, 気液比900%)