

炉内腐食環境評価モデルの実機適用に向けた高度化

(2) 海水および核分裂生成物共存下における水素発生量評価

Improvement of the Model for Evaluating the Corrosive Environment in a Nuclear Power Plant

(2) Evaluation of Hydrogen Production under the Condition Containing

Sea Water and Fission Products

*原宇広¹, 洞山祐介¹, 柴崎理¹, 山本誠二¹, 高木純一¹

¹東芝エネルギーシステムズ

福島第一原子力発電所の事故以降、海水や核分裂生成物等の不純物を含む環境では純水系と比較して水の放射線分解による水素発生量が増大することが指摘されている。特に燃料デブリ取り出し作業に当たっては、 γ 線だけではなく α 線による放射線分解も考慮する必要がある、安全評価上の重要な課題となっている。本発表では、水の放射線分解モデルを用いて不純物を含む系における水素発生量を体系的に評価した。

キーワード: 放射線分解、水素発生、アルファ線、海水、核分裂生成物

1. 緒言

これまで水の放射線分解による生成物量評価は主に炉内腐食環境評価に用いられてきた。しかし、震災以降、炉内腐食環境評価に限らず、事故炉の安全管理のために水の放射線分解による評価が注目されるようになった。そこで水の放射線分解モデルの実機適用の一環として不純物を含む系における水素発生量評価への適用を試みた。水素発生評価では炉内環境と異なり、水素発生への寄与が高いとされる海水や核分裂生成物中のハロゲンや、燃料デブリから生じる α 線の影響を考慮する必要がある。本研究ではこれらを含む系における反応速度定数等の各種パラメータを整理し、流動を伴わない系での液相水素濃度を水の放射線分解モデルにより求め、ヘンリー則に従い気相中の水素濃度を評価した。

2. 解析結果および考察

本解析では塩素、臭素、ヨウ素を不純物の代表物質として、 γ 線照射、 α 線照射、 $\gamma \cdot \alpha$ 線混合照射それぞれの環境下における水素発生量を水の放射線分解モデルにより評価した。一例として純水系での解析結果を右図に示す。純水への γ 線照射では時間経過とともに液相水素濃度が増加し、 $10^4 \sim 10^6$ 秒程度で平衡濃度へ到達し、気相水素濃度は約1.6%であった。一方、 α 線照射では同等の線量率でも水素濃度は単調増加し、平衡濃度には至らなかった。また、混合照射では $10^5 \sim 10^7$ 秒程度で平衡に達したが、気相水素濃度は18%と α 線単独よりも低い結果となった。 α 線照射では水素のG値が大きく、水素分子を消費するOHラジカルのG値が低いことから水素発生量が増加し、混合照射では γ 線の照射によりOHラジカルが多く生成されることで水素分子が消費され、水素発生が抑制されたと考えられる。

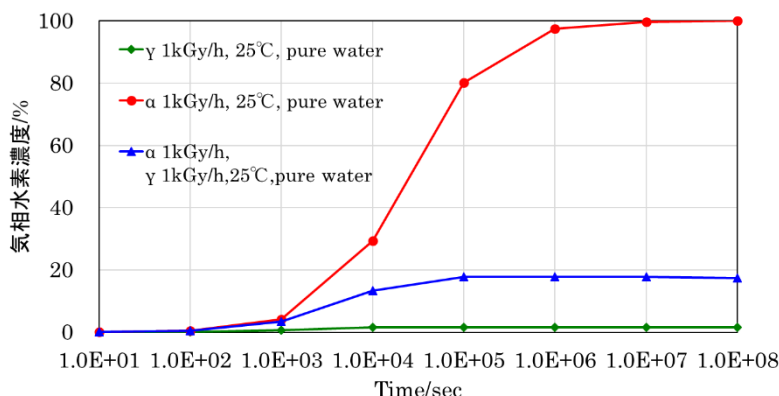


図1. 純水・室温環境における解析結果

不純物を含む系では、ハロゲン存在下における水素発生量を評価し、全条件において水素発生量が増加することを確認した。ハロゲンは水中でOHラジカルと反応し、その反応速度が水素分子との反応よりも早いことからOHラジカルが消費され、水素発生量が増加したものと推測される。

3. 結言

水の放射線分解モデルを用いて、水素発生における放射線種類および不純物の寄与について評価し、 α 線、ハロゲンが水素発生量の増加因子になること、 γ 線・ α 線混合照射では α 線単独照射よりも水素発生が抑制されることを確認した。

参考文献 [1]J.Takagi, et al., “Alpha-radiolysis Simulation to Predict Hydrogen Accumulation under Fuel Debris Condition”, NPC2014, Sapporo, 2014

* Takahiro Hara¹, Yusuke Horayama¹, Osamu Shibasaki¹, Seiji Yamamoto¹ and Junichi Takagi¹

¹Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation