燃料デブリ用収納缶の開発
（8）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

Development of Fuel Debris Canister

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

*和田 陽一[4]，内山 秀明[1]，松岡 寿浩[2]，楢崎 千尋[3]，宮本 和[4]，菊地 義春[4]，上野 学[4]
[1]ＩＲＩＤ，[2]ＩＲＩＤ/三菱重工，[3]ＩＲＩＤ/東芝，[4]ＩＲＩＤ/日立ＧＥ

燃料デブリ移送時の安全評価として、福島第一原子力発電所での燃料デブリ移送時の収納缶内の水質環境を想定し、海水成分、ヨウ素およびコンクリートからの溶出成分を含む体系における水の放射線分解による水素発生量を解析的に評価する方法を検討し、実験結果との比較から評価式の妥当性を確認した。

キーワード：燃料デブリ，収納缶，ガンマ線，放射線分解，水素発生，G 値

1. 緒言

福島第一原子力発電所（1F）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って発生する水素への対策が課題となっている。1F 燃料デブリ用収納缶特有の海水成分、ヨウ素およびコンクリートから溶出する成分が共存する水質での水素発生量の影響を検討する必要がある。収納缶内のガンマ線により水が放射線分解したときの水素発生量評価方法を検討した。

2. 計算方法

気液二相条件での水の放射線分解による水素発生量は、収納缶の形状・寸法、水量及び気相部体積、水質、放射線の種類、吸収線量率など多くのパラメータの影響を受ける。そこで、①液相だけでのガンマ線による水の放射線分解を水の放射線分解モデル[1]で解き平衡濃度を計算し、②次に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気液分配する、という２段階の方法[2]の適用を検討した（図１）。なお、この際、水素発生の G 値は純水の初期 G 値 0.45 とした。

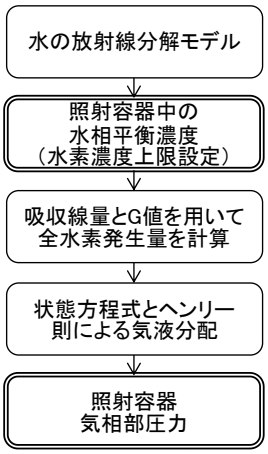

図１　水素発生量評価の流れ

3. 結果および考察

評価の一例として、海水成分（塩化物イオンとして 2.8×10^{-3} mol/L）およびヨウ化物イオン（10^{-4} mol/L）が溶解した水と、空気が気液比（=気相部体積/液相部体積）約 10%で存在しているときの水素発生量の計算結果を図２に示す。それぞれ、Δゲージ圧は容器内圧の変化量（水素分圧＋酸素分圧）、Δ水素分圧が水素分圧の計算結果である。水素濃度は水中の水素濃度の計算結果である。本燃料デブリ用収納缶の開発で得た実験結果を示すゲージ圧（試験開始時大気圧を基準とした内圧変化量）と計算によるΔゲージ圧を比較すると、水素発生による容器内圧変化の吸収線量依存性の実験値を本評価方法によって保守的に評価できた。

1F 燃料デブリ用収納缶条件を想定し、海水成分やヨウ素の共存体系ならびにコンクリートからの溶出成分の水素発生量への影響を実験した結果に対して、誤差要因を考慮すれば純水での水素の G 値 0.45 を用いて評価可能であると考えられる。

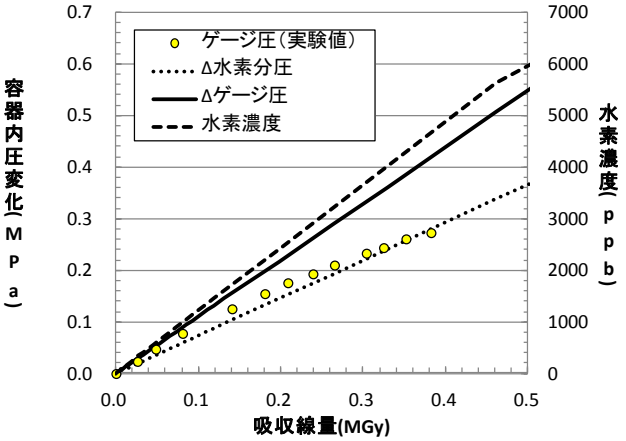

図２　水素発生量の計算結果と実測値との比較の例
（ヨウ化物イオン濃度 10^{-4} mol/L，気液比約 10%）

この成果は、経済産業省／平成 26 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. (2015), J. Nucl. Sci. Technol., DOI:10.1080/00223131.2015.1074876, Published online: 06 Oct
[2] 和田陽一他４名，(2015)：“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 回学術講演会要旨集，1-D-1-4

* Yoichi Wada[1,4], Hideaki Uchiyama[1], Toshihiro Matsuoka[1,2], Chihiro Narazaki[1,3], Nodoka Miyamoto[1,4], Yoshiharu Kikuchi[1,4], and Manabu Ueno[1,4]
[1]International Research Institute for Nuclear Decommissioning. [2]Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. [3]TOSHIBA CORPORATION, [4]Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.