

## 燃料デブリ等保管容器中での水素拡散・燃焼解析の取り組み

Development status of hydrogen dispersion and combustion simulation in a storage container for fuel debris

\*寺田敦彦<sup>1</sup>, トエ トエ アウン<sup>1</sup>, 日野 竜太郎<sup>1</sup>, 永石 隆二<sup>1</sup><sup>1</sup>原子力機構

福島第一原子力発電所廃炉時に発生する燃料デブリ等の放射性廃棄物の長期保管時の水素安全管理技術に資するため、水素の拡散・燃焼挙動を解析する数値流体力学 (CFD) コードの整備を、保管容器中で想定される水蒸気等の不活性ガス雰囲気かを考慮しながら進めている。本報では、水蒸気が及ぼす水素拡散や燃焼特性への影響を考慮した水素拡散及び燃焼の試解析結果を報告する。

**キーワード**：放射性廃棄物、燃料デブリ、長期保管、保管容器、数値流体力学 (CFD)、水素拡散、水素燃焼

**1. 緒言** 燃料デブリ、含水廃棄物等の保管時に放射線分解によって発生する水素挙動の把握に向けて、水素濃度、温度、圧力の分布状況や燃焼時の保管容器への影響を定量的に予測可能するために、CFD 技術の活用を進めている。工学的な CFD 評価では、複雑な実物理体系を数値モデル化する必要があるが、本報では、崩壊熱によって発生する水蒸気が混在することを踏まえ、水蒸気の容器壁面での凝縮、及び水蒸気雰囲気中で燃焼速度に係るモデル化を行い、水蒸気が及ぼす水素拡散や燃焼特性への影響について試計算を行った。

**2. 水素拡散試解析** 水蒸気雰囲気中の保管容器内で発生した高温の水蒸気、水素の混合ガスが底部から上方に拡散し一部の水蒸気が壁面で凝縮する状況について、OECD/NEA ISP47[1]の TOSQAN 試験条件に沿って、容器内部の圧力や温度、組成等の経時変化を計算した。解析には、ANSYS/FLUENT に壁面凝縮プロセスモデル[2]を組み込んだ。試験では、TOSQAN 試験装置 (内容積約 60m<sup>3</sup>) の円筒容器側壁面の一部を 101.3~107.8°C で温度制御しながら、容器内部に水蒸気 (125~132°C) を 18000 秒間にわたって、流量 (1.11g/s~12.27g/s) を変えながら導入した後、ステージ 4 で He ガス (1.03g/s) を 600 秒間導入した。容器内圧力の経時変化を図 1 に示す。蒸気流量の多いステージ 2 では、実験値をよく再現できているが、ステージ 4 の He ガスが壁面に介在して拡散が主体的と考えられる領域でモデルによる違いが生じることを確認した。

**3. 水素燃焼試解析** 水蒸気雰囲気中の燃焼速度等の特性を素反応を基に整理した火炎伝播速度モデルを用いて、OECD/NEA ISP49[3]の HD22 試験条件に沿って、容器内圧力、温度、火炎挙動を計算した。試験では、THAI 試験装置 (内容積約 90m<sup>3</sup>) の円筒容器内に水素 10vol%、水蒸気 25vol%、空気 65vol% が均一に混合した状態を初期状態として、容器下部で着火して火炎が上方伝播した際の容器内の圧力や温度、火炎伝播速度等の経時変化を計測している。容器内圧力の経時変化を、水蒸気のない結果とあわせて図 2 に示す。火炎による圧力上昇、輻射伝熱や熱容量の影響と考えられる圧力低下等について、概ね実験結果を再現している。

今後、さらに水蒸気や二酸化炭素雰囲気における球状燃焼試験データを基にモデル拡張を行うとともに、狭隘流路中での加速、消炎効果等の検証を進めていく予定である。

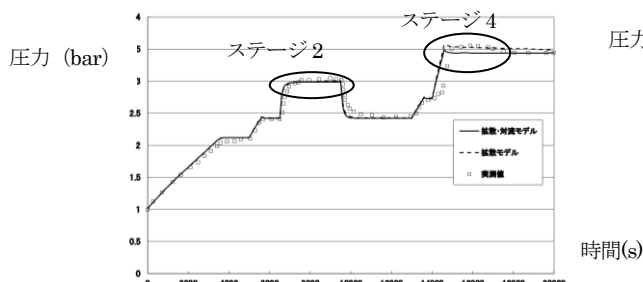


図 1 TOSQAN 容器内圧力の経時変化

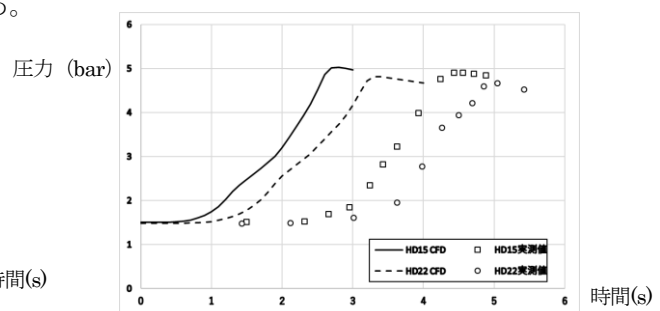


図 2 THAI 容器内圧力の経時変化

## 参考文献

[1] OECD/NEA, ISP47 on containment thermal hydraulics final report, JT03231730, 2007.

[2] J. Malet, et al., "Filmwise condensation applied to containment studies: conclusions of the TOSQAN air-steam condensation tests", NURETH-11, 2005.10

[3] OECD/NEA, ISP49 on hydrogen combustion, NEA/CSNI/R(2011)9, 2012.

\*Atsuhiko Terada<sup>1</sup>, Thwe Thwe Aung<sup>1</sup>, Ryutarō Hino<sup>1</sup> and Ryūji Nagaishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IAEA