

再処理工場の重大事故に係る重要現象に関する評価手法の高度化

(2) 水素爆発に関する現象解析の精緻化計画

Enhancement of Analysis Method for Important Phenomenon of Severe Accidents at Reprocessing Plant

(2) Accuracy Enhancement Plan for Phenomena Analysis of Hydrogen Explosion

*玉内 義一¹, 小玉 貴司¹, 大柿 一史¹, 林 光一²

¹日本原燃, ²青山学院大学

水素爆発の影響評価において、安全余裕を有する重要なパラメータである、水素爆発発生時の圧力、放射性物質の気相への移行率、経路及び経路上の除染係数について、精緻化するための課題の整理を行った。

キーワード：水素爆発、重大事故、再処理工場

1. 緒言

水素爆発時の放射性物質の放出量の挙動を評価するためには、水素の爆発時の燃焼挙動、水素爆発の発生圧力、ガス流速等により気相に移行する放射性物質質量、放出経路の同定、放出経路上の放射性物質の沈着挙動といった物理現象及び数値を精緻化することが重要である。これらの項目を精緻化するための課題の整理及び対応方針を報告する。

2. 水素爆発発生時の現象と放射性物質の挙動に関する課題

2-1. 放射性物質の気相への移行

水素の燃焼に伴い、機器内の溶液が気相にエアロゾルとして移行する。移行率等の報告^{[1],[2]}においては、小型容器を使用した試験を基礎としているため、スケールの影響等について検討できていないこと等の課題が残されている。また、再処理施設の機器内の構造は複雑であり、水素の燃焼挙動に大きな影響を与える。移行メカニズムはガスの流れ方向等に依存することから、移行メカニズム自体の解明及び整理を進めることが必須である。その上で、移行量を圧力、流速等から推定する手法を一般化することが望ましい。

2-2. 放射性物質の経路上の除去

放出経路の健全性は爆発時の圧力に依存すること、エアロゾルの移行時の沈着等の度合いは圧力、流速、系統の構造等に依存することから、放出経路の決定及び放出経路上の除染係数の評価においても、水素燃焼時のピーク圧力又は圧力時刻歴が重要である。また、評価対象となる溶媒の物性を扱えることも重要である。

3. 重要現象の課題への対応方針

上記の2.において整理した課題と対応方針を表1にまとめる。

第1表 課題と対応方針

項目	重要現象/項目	対応方針	検討項目	具体的内容	実施状況
移行率(2-1)	1. 圧力	詳細解析	化学反応	・2ステップモデル等の導入	実施中
	2. ガス流速		ATF	・ATF導入、実験比較による妥当性確認	
	3. 伝播挙動		AMR, VTS	・AMR, VTS導入、実験比較による妥当性確認	
	4. エアロゾルの発生 (エントレイメント)	詳細解析	解析コード適用性 検討	・解析コードの移行量と試験の比較 ・実規模試験による適用性確認	計画中
	5. エアロゾル粒径	実規模 試験	粒径、表面積依存性 等	・実規模試験による各種パラメータの測定 ・一般化の検討	計画中
	6. 機器の構造特徴	詳細解析	1~3の現象/項目	1~3と同様	実施中
除去効率(2-2)	7. 重力沈降、泳動、沈着等	実規模 試験	経路内除去効率	・実規模試験による経路内除去効率の測定 ・解析との比較の検討 (1~3がインプット)	計画中
	8. 粒子径の変化 (エントレイメント)		粒径測定		

ATF(Artificial Thickening Flame), AMR(Adaptive Mesh Refinement), VTS(Variable Time Step)

例えば、移行メカニズムは、実規模試験等を行うことにより必要なデータを取得し、一般化を検討する。放射性物質の経路上の除去効率は、水素燃焼時の物理現象を把握することで精度を向上できる。インプットとしてガス流速、エアロゾル粒子径分布、圧力等を整理し、粒子形状の変化、化学反応を考慮した硝酸系の事故進展解析が可能な解析コードにより評価する。同時に、工学規模の水素爆発時の経路内除去効率測定試験を実施する。これらを比較することにより、経路上の除去効率を精緻化可能である。

4. 結論

水素爆発に関する現象解析の精緻化計画を報告した。今後、進捗、各項目について結果を詳細に報告する。なお、本稿は計画時の構想を示しており変更が生じる可能性がある。

参考文献

- [1] Y. Tamauchi et al., Study on Airborne Release Fraction in Hydrogen Explosion by Comparison between Overpressurization and Hydrogen Explosion, Global 2019, September 2019.
 [2] M. Epstein and H.K. Fauske, Applications of the turbulent entrainment assumption to immiscible gas-liquid and liquid-liquid systems, Trans IChemE, Vol. 79, Part A, May 2001.

*Yoshikazu Tamauchi¹, Takashi Kodama¹, Kazushi Oogaki¹ and A. Koichi Hayashi²; ¹JNFL, ²Aoyama Gakuin Univ.