

水蒸気爆発の緩和対策に関する検討

Study on mitigation measures for steam explosions

*藤井 正¹、栗原 圭祐¹、森山 清史²

¹日立GE、²マサキテック

軽水炉の重大事故時に炉外で水蒸気爆発が発生する可能性は極めて低いと考えられるが、さらなる安全性向上の観点から、溶融炉心が水中を落下する経路において、溶融炉心の一部を保持・冷却するとともに、溶融ジェットを分裂させることで水蒸気爆発を防止・緩和するコリウムバッファ概念を検討した。

キーワード：水蒸気爆発、溶融炉心、アクシデントマネジメント

1. 緒言

国内BWRでは、アクシデントマネジメントとして、溶融炉心落下前に格納容器下部に注水する。溶融炉心落下時には、溶融燃料-冷却材相互作用により、水蒸気発生に伴う急激な圧力上昇が生じ、特に衝撃波を伴う場合は水蒸気爆発と呼ばれる。模擬溶融物を用いた大規模実験の知見から、水蒸気爆発の発生可能性は極めて低いと考えられるが、さらなる安全性向上の観点から、水蒸気爆発を防止・緩和する対策を検討した。また、水蒸気爆発に関する知見を整理するとともに、対策設備を導入した場合の効果を検討した。

2. 水蒸気爆発の緩和対策

Mark-I改型格納容器を採用したプラントを例に図1に示す対策案を検討した。まず、CRD交換装置の作業架台部分のアルミ製グレーチングを、より耐熱性に優れたステンレス鋼に変更する。また、従来開口状態であったCRD交換装置のレール部分も、ステンレス鋼製グレーチングでカバーする。これにより、水中を落下してくる溶融炉心の一部が格子部に付着して保持・冷却、また分裂による粗混合領域のボイド増加等の効果で、水蒸気爆発の発生エネルギー低減に寄与することが期待できる。

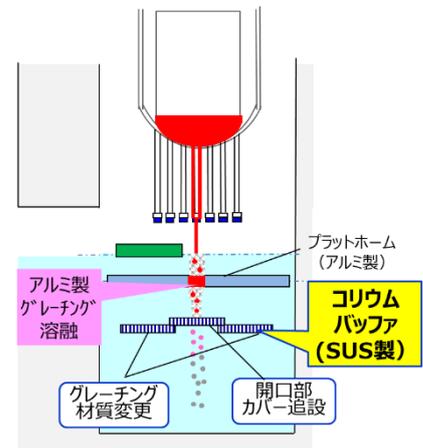


図1 対策設備の概要

3. 実験的知見の整理及び解析検討

1990年代に原研で実施された水蒸気爆発実験(ALPHA/STX)で、分散板で溶融物を分裂させる実験が6ケース実施された[1]。分散板なしでは7ケース全てで水蒸気爆発が起こったのに対し分散板使用の場合6ケース中3ケースで爆発は抑制され、分散による抑制効果が示されている。一方、爆発が起こったケースのうち1ケースでは分散板なしの場合より強い爆発となったが、溶融物の分散が不十分であった等の影響が推定されている。

溶融物がグレーチングで分裂することによる効果をJASMINEコード[2]による解析で調べた。与えられた高さで溶融物ジェットを分裂させて粒子にするモデルを追加し、また、グレーチングとの接触によるトリガリングを考慮した。解析結果は、分裂により水プール下部でのボイド率増加及び高い位置でのトリガリングによる水面への圧力波のベントの効果で水蒸気爆発の負荷が低減することを示した。

4. 結論

水蒸気爆発の防止・緩和対策として、溶融炉心が水中を落下する経路に鋼製グレーチングを設置する設備概念について検討した。既存研究及び解析の結果から、一定の効果が期待できる。

参考文献

[1] Yamano, N. et al., Nuclear Engineering and Design 369, 155, 1995, [2] Moriyama, K. et al., JAEA-Data/Code 2008-014, 2008.

*Tadashi Fujii¹, Keisuke Kurihara¹ and Kiyofumi Moriyama²

¹Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd., ²Masaki Tech LLC.