

六ヶ所再処理施設における蒸発乾固発生時の対策について

(2) 重大事故等の蒸発乾固の現象の分析

Measures of evaporation to dryness for Rokkasho reprocessing plant

(2) Analysis of evaporation to dryness

*赤石 悠輔¹, 奥田 遼平¹, 川村 慎¹, 不破 正嗣¹, 瀬川 智史¹

¹ 日本原燃(株),

再処理施設において、冷却機能が喪失した際の、蒸発乾固の進展に伴い発生する現象の特徴、影響等について調査した。従来知見であるルテニウムの揮発の他、有機物を含む溶液の爆発、乾燥・固化物の温度上昇に伴う放射性物質の揮発、貯槽の健全性喪失による臨界、貯槽損傷の可能性について明らかにした。

キーワード：再処理工場、蒸発乾固、放射性物質の揮発、爆発、貯槽損傷、臨界

1. 緒言

蒸発乾固が進展した場合に想定される事象として、高レベル濃縮廃液の場合、沸騰が継続することで溶液中の硝酸濃度が上昇し、かつ、溶液の温度が上昇すると、溶液中に含まれる核分裂生成物のルテニウムと硝酸の反応が促進され、ルテニウムが揮発性の化合物へ変化し、溶液からの放射性物質の放出量が増大することが国内外の研究から明らかとなっている。

一方、蒸発乾固の発生が想定される溶液は、高レベル濃縮廃液の他、溶解液、抽出廃液、プルトニウム溶液、プルトニウム濃縮液及び高レベル混合廃液であるため、これらの溶液が蒸発・濃縮し、乾燥・固化に至り、乾燥・固化した後のさらなる温度上昇の過程においてどのような物理化学的挙動を示すのかについては明らかにされていない。そこで、過去の事故事例、溶液の特徴、扱う化学物質の組み合わせによる反応の有無等について多角的に検討を実施し、蒸発乾固進展時の現象について調査した。

2. 蒸発乾固進展時に想定される現象の整理

2-1. 溶液の濃度上昇の観点

蒸発乾固の発生が想定される溶液は、水分が存在する領域において沸騰が継続することに伴い、遊離硝酸濃度の上昇、遊離硝酸量の減少及び核燃料物質等の濃度上昇が生じる。そこで、ルテニウムの揮発以外に顕在化する可能性のある事象を検討した結果、臨界の可能性のあることを明らかにした。これに対し、遊離硝酸濃度の上昇、遊離硝酸量の減少及び核燃料物質等の濃度上昇をパラメータとして未臨界性を評価したところ、いずれのパラメータ変動を考慮しても臨界に至らないことを確認した。

2-2. 共存する化学物質の観点

再処理施設において扱う化学物質には自己反応性物質の硝酸ヒドラジン及び硝酸ヒドロキシルアミン、可燃物としてのn-ドデカン、TBP等があり、これらの化学物質が混入する可能性のある溶液は抽出廃液及び高レベル混合廃液である。これらの溶液の温度が74℃又は135℃に至ると爆発等へ進展する可能性があるが、抽出廃液の場合、崩壊熱は小さく、これらの温度まで溶液の温度が上昇することはないことから、爆発等へ進展する可能性のある溶液は高レベル混合廃液のみとなる。また、高レベル混合廃液が乾燥・固化した後の水分が存在しない領域においては、硝酸塩（乾燥・固化物）及び可燃性物質の共存による爆発等の発生の可能性がある。これらに対し、高レベル混合廃液の模擬溶液を用いて、蒸発・濃縮から乾燥・固化後の温度上昇の各過程において爆発等の反応が発生するかについての確認試験を実施し、爆発等の反応が発生していないことを確認した。また、仮に爆発等が発生した場合においても機器の健全性を損なうものではないことを評価により確認した。

2-3. 乾燥・固化後の温度上昇の観点

崩壊熱が大きいプルトニウム濃縮液、高レベル濃縮廃液及び高レベル混合廃液では、蒸発乾固の進行により乾燥・固化に至り、乾燥・固化後は、温度上昇に伴う乾燥・固化物中の揮発性の放射性物質の放出の他、貯槽の構造的な健全性が損なわれる可能性がある。

プルトニウム濃縮液を保持する貯槽は、全濃度安全形状寸法管理及び中性子吸収材管理により未臨界を確保しており、プルトニウム濃縮液の乾燥・固化物の温度上昇に伴い中性子吸収材等が損傷することにより臨界に至る可能性があることを明らかにした。

高レベル濃縮廃液及び高レベル混合廃液の乾燥・固化物が温度上昇した場合には、比較的融点が高い酸化セシウム及びその他核種のさらなる放出に至る可能性があり、また、プルトニウム濃縮液、高レベル濃縮廃液及び高レベル混合廃液の乾燥・固化物の温度がさらに上昇した場合には、貯槽損傷の可能性のあることを明らかにした。

3. 結論

過去の事故事例、溶液の特徴、扱う化学物質の組み合わせによる反応の有無等について多角的に検討を実施することで、蒸発乾固が進展した場合に顕在化する可能性のある現象を明らかにした。

*Yusuke Akaishi¹, Ryohei Okuda¹, Shin Kawamura¹, Takatugu Fuwa¹, Satoshi Segawa¹

¹Japan Nuclear Fuel, LTD