

高レベル濃縮廃液の沸騰乾固事故の研究 (4) 熱収支式の数値解および気相移行成分の放出速度変化の把握

Study on the boiling and drying accident of HLLW
(4) Numerical solution of the heat-balance equation and examination
of the released velocity of gaseous components

*衣旗 広志¹, 小玉 貴司¹, 熊谷 幹郎², 鈴木 和則², 林 慎一郎², 松岡 伸吾²

¹日本原燃株式会社, ²株式会社 UI 技研

前報(3)では、冷却機能喪失後の HLLW の温度上昇に係る熱収支式を導出するとともに、熱収支式の解に必要な水および硝酸放出速度を求めた。本報告では、熱収支式の数値解および気相移行成分の放出速度変化の把握を行った。

キーワード: ルテニウム, 高レベル濃縮廃液, 再処理

1. 緒言

前報(3)で導出した冷却機能喪失後の HLLW の温度上昇に係る熱収支式を解き、冷却機能喪失後の HLLW の温度 θ の経時変化を求めた後、前報(1)¹, (3)の θ と気相移行成分 (NO₂, NO, O₂, H₂O および HNO₃) の放出速度の関係をj用いて、気相移行成分の放出速度変化の把握を行った。

2. 数値値の導出

水の蒸発速度 $Y_W(t)$ および硝酸の蒸発速度 $Y_N(t)$ を前報(3)で導出した冷却機能喪失後の HLLW の温度上昇に係る熱収支式に代入すると、(1)式を得ることができる。

$$[\Gamma(t) + \lambda_W M_W(0) \xi_W'(\theta) + \lambda_N M_N(0) \xi_N'(\theta)] d\theta/dt = R_h - R_S - R_{loss} - R_\gamma \quad (1)$$

(1)式左辺の ' は θ に関する微分を表す。この式を時間に関して前進差分で差分化し、左辺の係数および右辺の値を t_n の時点の値で近似すると、 θ^{n+1} を与える(2)式を得ることができる。

$$\theta^{n+1} = \theta^n + \frac{[R_h - R_S(t_n) - R_{loss}(t_n) - R_\gamma] \Delta t}{\Gamma(t_n) + \lambda_W M_W(0) \xi_W'(\theta^n) + \lambda_N M_N(0) \xi_N'(\theta^n)} \quad (2)$$

具体的には、75.4s 毎に貯槽温度、壁温度（内部と表面）を計算する。時間ステップ n まで計算が完了しているとして、 θ^n での NO₂, NO 生成速度を計算し吸熱速度を算出、壁の熱伝達方程式を解いて表面温度を求め、熱損失速度を算出、その時点の貯槽内の水量、硝酸量から熱容量 Γ を算出、その時点の温度から水の蒸発速度 $M_W(0) d\xi_W(\theta)/d\theta$ および硝酸の蒸発速度 $M_N(0) d\xi_N(\theta)/d\theta$ を算出、式(1)左辺の係数を算出。以上より時間ステップ $n+1$ までの温度上昇量を計算し θ^{n+1} を算出。所定の温度または時間に到達したら計算を終了する。

3. 気相移行成分の放出速度変化の把握

図 1 に HLLW の壊変エネルギー密度 5 kW m⁻³ の場合における気相放出成分のモル流量の経時変化を示す。冷却機能喪失後の HLLW の θ の経時変化および前報(1)¹, (3)の θ と気相移行成分の放出速度の関係をj用いて求めている。

参考文献

[1] 高レベル濃縮廃液の沸騰乾固事故の研究 (1) 模擬廃液を用いた NO₂, NO および O₂ 生成挙動の検討, 日本原子力学会 2019 春の年会 予稿集 3D07

*Hiroshi Kinuhata¹, Takashi Kodama¹, Mikio Kumagai², Kazunori Suzuki², Shin-iti Hayashi², Shingo Matsuoka²

¹Japan Nuclear Fuel Limited, ²UI Sciences Inc.

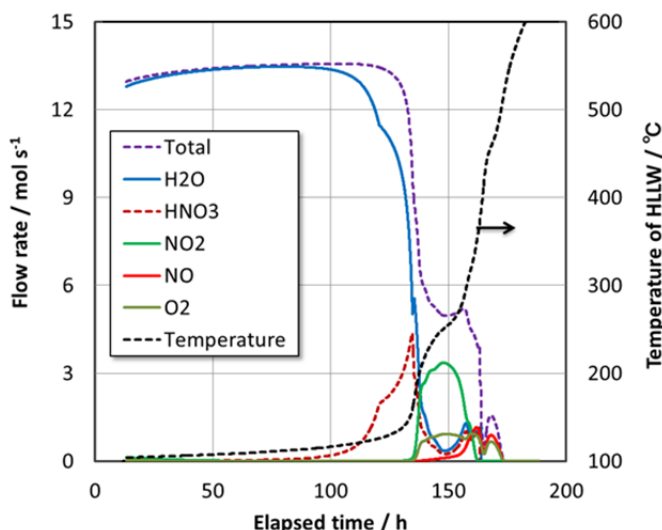


図 1 気相放出成分のモル流量の経時変化