

ナトリウム冷却高速炉における格納容器破損防止対策の有効性評価技術の開発

(8)熱力学計算によるナトリウム存在下のデブリの相平衡状態の評価

Development of Estimation Technology for Availability of Measure for Failure of Containment vessel
in Sodium Cooled Fast Reactor

(8) Estimation of phase equilibrium state of fuel debris under sodium by thermodynamic calculation

*山本 郁夫¹, 宇埜 正美¹, 宮原 信哉², 河口 宗道²

¹福井大学, ²原子力機構

ナトリウム存在下のデブリの相状態について、熱力学計算による評価及び反応モデルの構築を行っている。本報では、Thermo-Calc を用いた熱力学計算により、ナトリウムウラネート系で生成する化合物を予測した。

キーワード：高速炉、メルトスルー、ナトリウム、コンクリート、熱力学計算

1. 緒言 ナトリウム冷却高速炉の安全性向上を図る上では、様々なリスクに対する評価が重要である。リスクの1つとして、熔融炉心物質がメルトスルーした場合を想定すると、冷却材のナトリウムと熔融炉心物質はコンクリートと相互作用することになる（ナトリウム-デブリ-コンクリート相互作用）。このときデブリの化学平衡状態はナトリウムの存在により、軽水炉と異なる可能性がある。本研究では、試験研究で報告されているナトリウムウラネート化合物について、Thermo-Calc SSUB5 による熱力学計算を行った。

2. 計算方法 Thermo-Calc の熱力学データベース、SSUB5 には、 NaUO_3 、 Na_3UO_4 、 Na_2UO_4 、 $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ の4つの化合物が収録されており、ギブスの自由エネルギーの値を用いて安定なナトリウムウラネート化合物を計算することができる。

3. 計算と考察 Thermo-Calc SSUB5 を用いて計算した Na-U-O 状態相図を図1に示す。また、文献[1]（★：不活性雰囲気、450～800℃で、 $\text{Na}+\text{Na}_2\text{O}$ と $\text{U}_{0.7}\text{Pu}_{0.3}\text{O}_2$ との反応条件）による試験結果では Na_3UO_4 が最も生成されやすい化合物と報告されているが、この状態図からも Na_3UO_4 が生成されることが示唆される。従ってナトリウムウラネート系においても Thermo-Calc による熱力学計算は妥当な結果を与えていることが分かる。

ナトリウムウラネート系において生成しやすい化合物を考察するために、温度に対する各化合物の酸素ポテンシャルを計算した。 Na_3UO_4 は、 $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ や Na_2UO_4 の化合物よりも平衡酸素ポテンシャルは低く、低酸素条件では比較的安定と考えられる。そのため酸素供給がある場合には、 $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ や Na_2UO_4 の化合物が生成するようになり、生成されるナトリウムウラネート化合物は反応物や雰囲気等の周囲の酸素条件から影響を受ける。

謝辞 本研究は、文部科学省のエネルギー対策特別会計委託事業による委託業務として、福井大学が実施した平成 25 及び 26 年度「ナトリウム冷却高速炉における格納容器破損防止対策の有効性評価技術の開発」の成果の一部である。

参考文献

[1] M.A.MIGNANELLI and P.E.POTTER, Journal of Nuclear Materials 125(1984)182-201

*Ikuo Yamamoto¹, Masayoshi Uno¹, Shinya Miyahara² and Munemichi Kawaguchi²

¹University of Fukui, ²JAEA

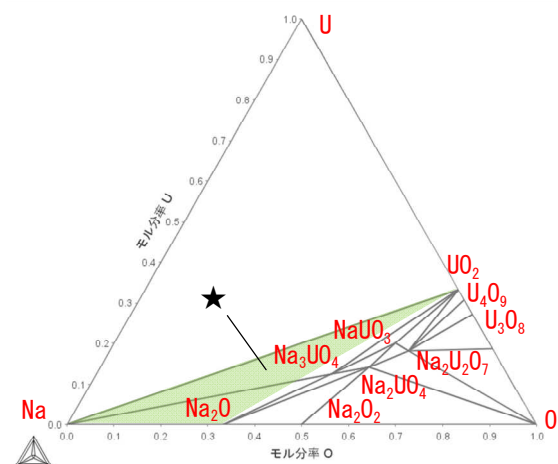


図1 800℃における Na-U-O 相図