

東京電力福島第一発電所事故におけるセシウムの化学的挙動に関する検討

(3) Cs のステンレス鋼への化学吸着挙動の物質移動モデルによる解析

Investigation of in-reactor cesium chemical behavior in TEPCO's
Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident

(3) Analysis of Cs chemisorption behavior onto stainless steel by mass transfer model

*西岡 俊一郎^{1,2}, 中島 邦久^{1,2}, ミラジ ファウラ^{1,2}, 鈴木 恵理子¹, 逢坂 正彦^{1,2}

¹原子力機構, ²IRID

実験により得られたステンレス鋼への Cs の吸着速度の温度・雰囲気依存性について、物質移動モデルを用いた解析を行い、気相中の Cs 濃度等が吸着速度に影響を与えることを明らかにした。

キーワード：セシウム、ステンレス、化学吸着、モデル

1. 緒言

福島第一原発（1F）廃炉に際して重要となる炉内の Cs 分布評価へ資するため、Cs と鋼材との化学反応を考慮した化学吸着モデルを構築するための研究を進めている。最初のステップとして、現状の SAMPSON 等のシビアアクシデント（SA）解析コードに組み込まれているモデル（以下、Bowsher モデル[1]）の検証を行った。Bowsher モデルでは Cs 化学吸着の反応速度が温度のみの関数として示されているが、我々が再現実験を行い検証した結果、気相中 Cs 濃度等の違いによって反応速度-温度依存性が Bowsher モデルから外れる傾向が見られた(本シリーズ発表(2)にて報告)。また、我々の過去の研究により、鋼材中 Si 濃度が Cs 吸着挙動に影響することが示唆されており[2]、温度以外にこれらの要素を考慮できるモデルが必要であることが明らかになった。そこで本研究においては、化学反応を考慮した化学吸着モデル構築の一環として、Cs の鋼材への化学吸着の反応速度-温度依存性について、SA 解析コードへの反映が比較的容易な Bowsher モデルに物質移動の理論を導入することにより、気相中 Cs 濃度や鋼材中 Si 濃度の影響等を検討した。

2. モデル式

Bowsher モデルに、物質移動理論を導入したモデル式を以下に示す。

$$\frac{1}{A} \frac{dM_d}{dt} = v_d C_g = H \sqrt{k'' C_B D_s} C_g \quad (1)$$

ここで、A は試験片表面積、M_d は Cs 化学吸着量、t は試験時間、C_g は気相中の CsOH 濃度、v_d は反応速度定数、H は溶解度係数、k'' は二次反応の反応速度定数、C_B は固相中の Si 濃度、D_s は固体中の Cs の拡散係数を表す。C_B 及び C_g は実験条件から、H、k''、D_s は実験結果からのフィッティングにより求めた。反応速度定数 v_d への気相中 Cs 濃度の影響については、気相中 Cs 濃度と固相中の Cs 濃度の比である溶解度係数 H を Cs 濃度の関数としてフィッティングすることにより考慮した。

3. 検討結果

図 1 に、Bowsher の実験条件及び本研究での再現実験条件から(1)式のモデルを用いて計算した反応速度定数 v_d を、実験値とともに示す。本研究のモデルを用いて計算される反応速度定数 v_d は、気相中 Cs 濃度・鋼材中 Si 濃度の異なる条件で行ったそれぞれの実験値をよく再現した。このことから、本研究のモデルを用いて、Bowsher モデルを用いている SA 解析コードで計算した 1F 炉内の Cs の鋼材への吸着量を補正可能であると考えられる。

—謝辞—

本研究は、経済産業省「平成 27 年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金(総合的な炉内状況把握の高度化)」の一部として実施した。

参考文献 [1] B.R. Bowsher et al., AEEW-R 1863 (1990). [2] 鈴木恵理子、他、原子力学会 2017 秋の大会 2P06

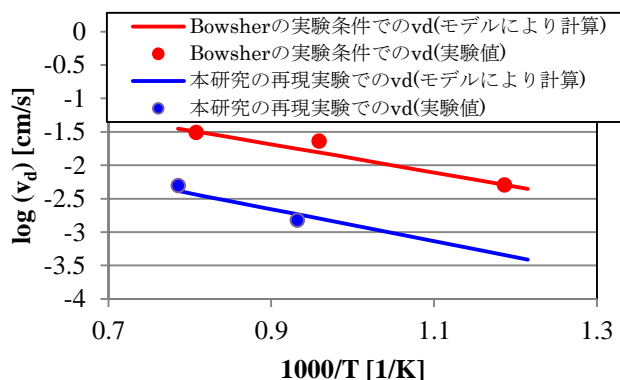


図 1. (1)式のモデルにより計算される反応速度定数 v_d と実験値との比較

*Shunichiro Nishioka^{1,2}, Kunihisa Nakajima^{1,2}, Faoulat Miradji^{1,2}, Eriko Suzuki¹, and Masahiko Osaka^{1,2}

¹JAEA, ²IRID