

# BWR 炉内構造物の IASCC 亀裂進展速度モデルに関する適用性の検討

Study on Applicability of Crack Growth Rate Models in IASCC Evaluations for BWR Internal Components

\*林 貴広<sup>1</sup>, 久保 達也<sup>1</sup>, 齋藤 利之<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東芝

BWR 炉内構造物の照射誘起応力腐食割れ (IASCC) の評価に用いる亀裂進展速度評価式について、近年海外で提唱されているモデルや新たに検討したモデルを用いて亀裂進展解析を行い、適用性を検討した。最新の知見や試験データを踏まえモデルを適正化することで、より精度の良い IASCC 評価が可能となると考えられた。

**キーワード**：炉内構造物、照射誘起応力腐食割れ、亀裂進展速度、オーステナイト系ステンレス鋼

## 1. 緒言

既存の IASCC 亀裂進展速度評価式の構築後に取得された知見や試験データを踏まえて亀裂進展速度モデルを検討した。検討したモデルと併せて、近年海外で提唱されているモデルを用いた IASCC 亀裂進展解析を行い、適用性の検討を行った。

## 2. IASCC 亀裂進展速度モデルの検討

公開されている中性子照射を受けたステンレス鋼の亀裂進展速度データのうち、BWR 炉内構造物の評価条件に整合する試験条件で取得されたデータを対象とし、以下に示す亀裂先端のすべり酸化・溶解機構に基づく SCC 亀裂進展速度モデル<sup>[1]</sup>をベースに、IASCC 亀裂進展解析に適用可能なモデルを検討した。

$$\frac{da}{dt} = \left[ \frac{M \cdot i_0}{Z \rho F (1-n)} \cdot \left( \frac{t_0}{\epsilon_f} \right)^n \cdot \left( \frac{1}{\delta_0} \right)^n \right]^{1/(1-n)} \cdot \left\{ \alpha (1-v^2) \cdot 2K \cdot \left( \frac{dK}{da} \right) \left( \frac{1}{E \cdot \sigma_y} \right) + \beta \left( \frac{\sigma_y}{E} \right) \cdot \ln \left[ \left( \frac{\lambda}{r} \right) \left( \frac{K}{\sigma_y} \right)^2 \right] \right\}^{n/(1-n)} \quad (1)$$

$\alpha$ : 亀裂深さ,  $M$ : 原子量,  $Z$ : 反応価数,  $\rho$ : 密度,  $F$ : ファラデー数,  $i_0$ : 電流減衰曲線最大値,  $t_0$ : 電流減衰開始時間,  $\epsilon_f$ : 被膜破壊ひずみ,  $\delta_0$ : 亀裂開口基準距離,  $v$ : ボアソン比,  $K$ : 応力拡大係数,  $n$ : 腐食環境と材料の感受性パラメータ,  $E$ : 縦弾性係数,  $\sigma_y$ : 耐力,  $\alpha \cdot \beta \cdot \lambda$ : 無次元係数

上記モデルのパラメータの検討では、中性子照射による材料特性の変化を考慮し、強度やすべり酸化・溶解プロセスに関連するパラメータを照射量の関数として表現した。試験データとのフィッティングにより関数の定数を設定することで、照射量に対する亀裂進展速度の依存性を表現できるモデルとした。図 1 に、検討対象とした試験データと式(1)による亀裂進展速度の評価結果(実線)を示す。上記のモデル化により、照射量や応力拡大係数の増大に伴い亀裂進展速度が上昇する傾向を精度よく表現できることが分かった。本モデルに加え、米国機械学会 (ASME)<sup>[2]</sup>および NUREG レポート<sup>[3]</sup>で提唱されている亀裂進展速度モデルを用いた亀裂進展解析を行い、適用性を検討した。

## 3. 結論

最新の知見や試験データに基づき IASCC 亀裂進展速度モデルとその適用性を検討した。亀裂進展速度モデルを適正化することで、より実態に近い、精度の良い IASCC 評価が可能となると考えられた。

[1]久保ら, JSME M&M2003 予稿集(2003). [2]E. Eason and R. Pathania, PVP2015-45323, ASME PVP Conference (2015).

[3]O. K. Chopra, NUREG/CR-7027, ANL-10/11 (2010).

\*Takahiro Hayashi<sup>1</sup>, Tatsuya Kubo<sup>1</sup> and Toshiyuki Saito<sup>1</sup>

<sup>1</sup>TOSHIBA Corporation

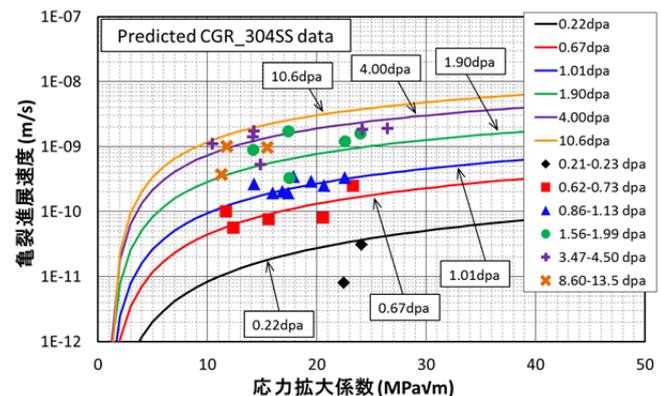


図 1 304 系ステンレス鋼の亀裂進展データに対する IASCC 亀裂進展速度モデルの評価結果 (例)