

## き裂進展に対する照射欠陥の影響

Effect of irradiation defects on crack growth

\*大野 健太郎<sup>1</sup>, 中筋 俊樹<sup>1</sup>, 阮 小勇<sup>1</sup>, 森下 和功<sup>1</sup>, 渡辺 淑之<sup>2</sup>

<sup>1</sup>京都大学, <sup>2</sup>QST

照射誘起応力腐食割れの発生や進展の予測は原子力発電所における高経年化対策の課題の一つであり、予測の精度向上が望まれている。本研究では、金属材料中に照射欠陥が形成された場合の内部応力の上昇を計算し、き裂先端近傍に形成された照射欠陥による内部応力が応力腐食割れに与える影響を調査した。

**キーワード**：照射誘起応力腐食割れ, 内部応力, 照射欠陥, 炉内構造物, 応力拡大係数

### 1. 緒言

原子力発電所の構造物はその運用に伴って経年劣化が進行し、特に多くの中性子照射を受ける炉内構造物では、照射誘起応力腐食割れ (IASCC) が発生することが問題となっており、き裂進展速度評価の精度を高めることは原子力発電所の高経年化対策において非常に重要である。また、近年 Dudarev らによって、中性子照射によって導入された照射欠陥が材料の内部に応力(内部応力)を発生させることが理論計算より示された<sup>[1]</sup>。そこで、本研究では、金属材料中に照射欠陥が形成された場合の内部応力の上昇を分子動力学法を用いて計算し、照射欠陥による内部応力が応力腐食割れに与える影響を検討した。

### 2. MD シミュレーション

材料は純鉄とし、 $10a_0 \times 10a_0 \times 10a_0$  の bcc セル(総原子数:2000)に自己格子間原子および原子空孔を導入し MD を用いて緩和体積および欠陥周辺の応力場を求めた。ポテンシャルは Mendelev<sup>[2]</sup>のものを使用した。欠陥を導入したときの体積を $\Omega_{\text{def}}$ 、欠陥のないセルの体積を $\Omega_{\text{per}}$ とすると、緩和体積 $\Omega_{\text{rel}}$ は $\Omega_{\text{rel}} = \Omega_{\text{def}} - \Omega_{\text{per}}$ で表される。

### 3. 結果

純鉄中に SIA が一つ形成された場合の緩和体積は約  $1.26\Omega_0$  であった。き裂と  $\langle 110 \rangle$  方向の SIA が引張応力に垂直な面の同一線上に形成された場合に引張応力方向に生じる圧縮応力 $\sigma$ の大きさを図 1 に示す。横軸は欠陥からき裂先端までの距離  $r$ 、縦軸は生じる応力 $\sigma$ である。応力は距離の-3 乗に比例し、欠陥までの距離が $1.0 \times 10^{-9}\text{m}$ の時、約 200MPa の応力が発生する。腐食が伴うき裂進展の速度は、腐食反応が生じる箇所の応力場の影響を受ける。今後は、照射欠陥による内部応力の影響による応力場の変化が腐食反応に与える影響を検討していく。

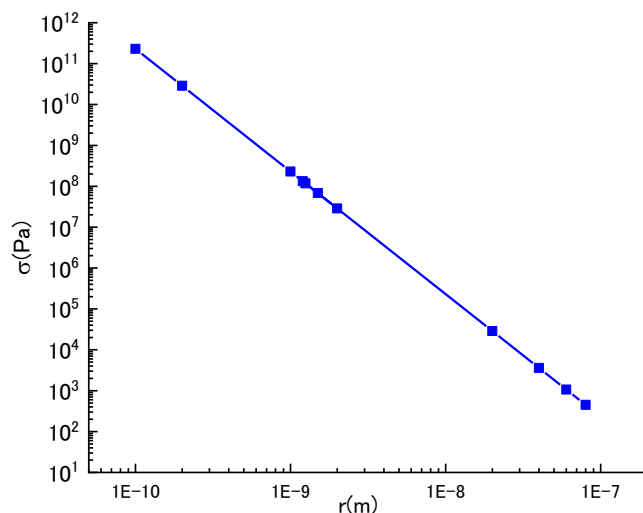


図 1 欠陥までの距離と生じる応力

### 参考文献

- [1] A multi-scale model for stresses, strains and swelling of reactor components under irradiation, S.L Dudarev, Nucl Fusion 58(2018)
- [2] Mendelev, Han, Srolovitz, Ackland, Sun and Asta, Phil Mag A, 83, 3977-3994 (2003)

\*Kentaro Ono<sup>1</sup>, Toshiki Nakasuji<sup>1</sup>, Xiaoyong Ruan<sup>1</sup>, Kazunori Morishita<sup>1</sup> and Yoshiyuki Watanabe<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kyoto Univ., <sup>2</sup>QST