

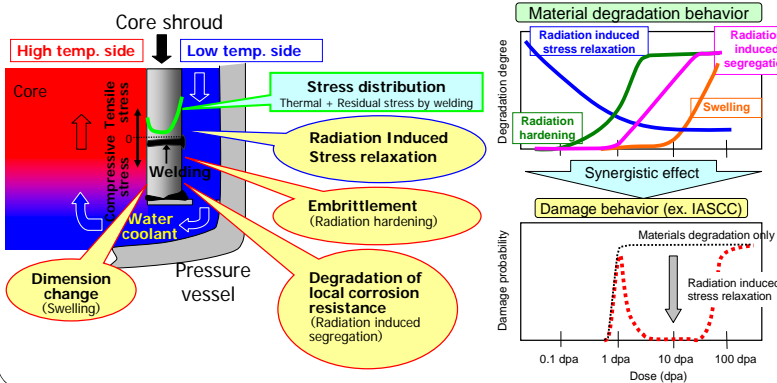
ひずみ付与下でイオン照射したSUS316Lステンレス鋼の腐食特性

近藤啓悦, 三輪幸夫, 大久保成彰, 加治芳行, 塚田隆

日本原子力研究開発機構, 原子力基礎工学研究部門

研究背景と目的

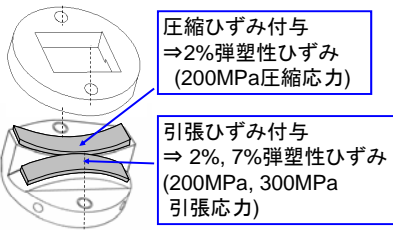
高経年化した軽水炉におけるオーステナイト系ステンレス鋼の損傷事象 ⇒ 照射誘起応力腐食割れ (IASCC)



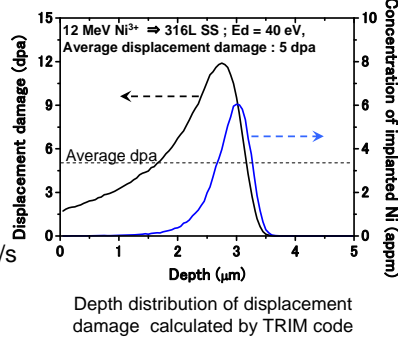
- 照射硬化による脆化と照射誘起偏析による粒界の局部的耐食性劣化などがIASCC発生に関しての要因と考えられている。
- 熱応力、溶接残留応力、スエリングなどにより生じる材料のひずみレベルもまた、IASCC発生に重要な要因となる。
- これらの影響因子は異なる照射量依存性を持つことから、IASCCによる材料損傷は単純な材料劣化に支配されない。
- IASCC発生予測のためには、ひずみ付与下で照射した材料のマクロ/ミクロ特性変化を定量的に評価する必要がある。本研究では、圧縮および引張ひずみを付与したSUS316L鋼のイオン照射後の材料劣化挙動を評価した。

実験方法

- 供試材；SUS316L (溶体化材)
- ひずみ付与下でのイオン照射実験を行うための試験片固定ジグ



- イオン照射実験 (タンデム加速器 @TIARA, JAEA)
- ✓ イオン種：12 MeV-Ni³⁺
- ✓ 照射量：1~45 dpa
- ✓ 照射速度：~1.7 × 10⁻³ dpa/s
- ✓ 照射温度：330°C

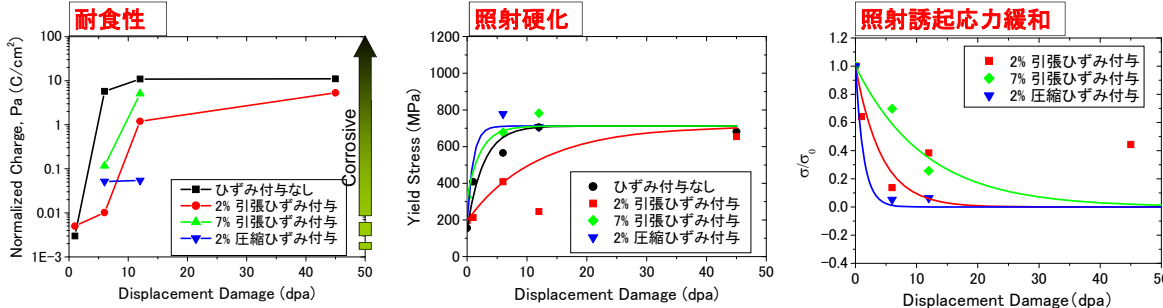


照射後試験

- ✓ 耐食性評価：電気化学的再活性化 (EPR)法；シングル・ループ法
- ✓ 照射硬化：ナノ・インデント
- ✓ 照射誘起応力緩和：X線残留応力測定
- ✓ 微細組織評価：3次元アトムプローブ (3DAP) 透過電子顕微鏡 (TEM) 観察

結果と考察

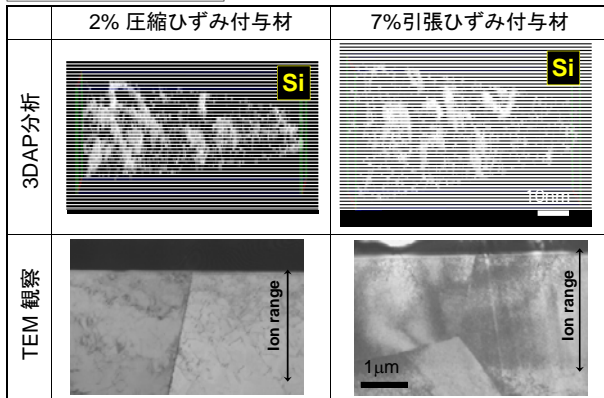
材料劣化の照射量依存性



- ✓ ひずみ付与することにより、材料の照射劣化挙動が変化。
- 圧縮および引張ひずみを付与することにより、照射による耐食性劣化が抑制された。
- 照射硬化は2%引張ひずみ付与材で抑制される。

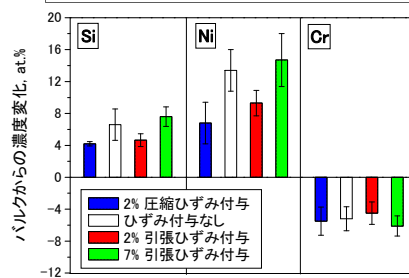
照射による耐食性劣化と微細組織変化 (6dpa照射材)

微細組織観察結果

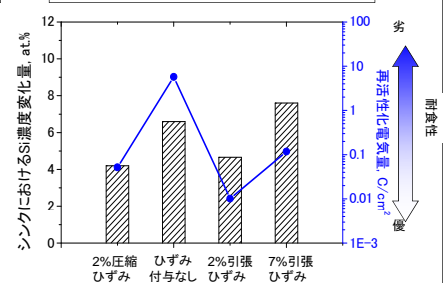


- ✓ 照射によって、粒内の転位、フランク・ループのような点欠陥シークにおいてSiやNiが濃縮、FeやCrが希薄化 (照射誘起偏析)。
- ✓ 圧縮と引張ひずみ付与材で損傷組織の発達が異なり、圧縮ひずみ付与材ではフランク・ループの生成が抑制された。

照射誘起偏析のひずみレベル依存性



照射誘起偏析と耐食性の相関



- ✓ 粒内シークにおける照射誘起偏析は、2%圧縮ひずみ、2%引張ひずみ付与材で抑制される。また、引張ひずみレベルを7%まで増大させると抑制効果が小さくなる。照射によって導入された点欠陥のシークへの拡散挙動が、付与したひずみレベルによって変化した可能性がある。
 - ✓ 粒内シークにおける溶質元素濃度変化量と耐食性劣化度に相関性がある。
- ⇒ ひずみレベルによってミクロレベルでの照射誘起偏析挙動が変化したことが、耐食性劣化の程度を変化させた原因の一つと考えられる。

まとめ

- 圧縮および引張ひずみを付与することによりSUS316Lステンレス鋼の照射による材料劣化挙動が変化した。
- 耐食性劣化挙動が変化した原因の一つに、ひずみ付与により点欠陥シークでの照射誘起偏析挙動が変化したことが考えられた。