

SCC現象の解明と健全性評価

背景・目的

応力腐食割れ(SCC)は軽水炉構造材料の劣化事象の一つである。SCCについては、予防保全技術として応力緩和、冷却水環境改善、材料変更など、および日本機械学会維持規格の考え方に基づく管理として補修、交換、き裂の進展評価などの対策が一通り確立されている。しかしながら経年劣化への対応をより確かなものにするために

は、SCC特性の正確な把握と対策技術や規格・基準の高度化に継続的に取り組んでいくことが必要である。

本課題では、SCC発生モデルの構築に向けて発生機構や発生条件などを明らかにすること、新たな維持規格へ反映するためのSCC進展速度、進展条件を明らかにすることを目的とする。

主な成果

1 低合金鋼のSCC進展特性の解明

炉内構造物の取り付け部や容器貫通部の溶接に使われているニッケル基合金にSCCが生じた場合には、SCCが原子炉压力容器(低合金鋼)に達する可能性が否定できないため、低合金鋼のSCC特性を把握しておくことは重要である。知見が不足している高応力条件でのSCC進展挙動を明らかにすることを目的に、SCC進展試験を高温純水中で実施した。その結果、SCCは試験初期に比較的大きな進展速度を示すが、時間の経過と

ともに進展速度が低下することが明らかになった(図1) [Q11023]。また、応力条件(応力拡大係数: K^*)が一定に保たれる条件で得た進展速度は、SCCの進展に伴い K が増加する条件で取得した進展速度の1/1000程度の値を示した(図2) [Q11023]。この結果よりSCC進展評価を正確に行うためには、評価する部位の K の分布(変化率)に応じた進展速度を用いることが重要であることが示唆された。

2 低炭素ステンレス鋼のSCC発生条件の解明

プラント製造時には材料表面に切削や研磨の加工を施す場合があり、それによって塑性ひずみの分布が生じる可能性がある。また、加工や溶接によって応力が生じる場合は、塑性ひずみに依存した応力分布を伴うことが予想される。これらは、低炭素ステンレス鋼のSCC発生原因の一つとして想定される。当所は、切削加工により周期的な塑性ひずみを試験片に与える方法を考案し、

塑性ひずみ量が増加する場所でSCCの発生が集中することを明らかにした [Q10024]。同様な試験片について、X線回折法により応力分布を調べ、応力は硬さに反比例(塑性ひずみに比例)することを明らかにした(図3)。一連の結果より、塑性ひずみ勾配と応力勾配がともに存在する領域でSCCが発生しやすいことが示唆された(図4) [Q11008]。

* き裂先端への応力集中の度合いを示すパラメータであり、値が大きい程、き裂進展に対する駆動力が大きい。

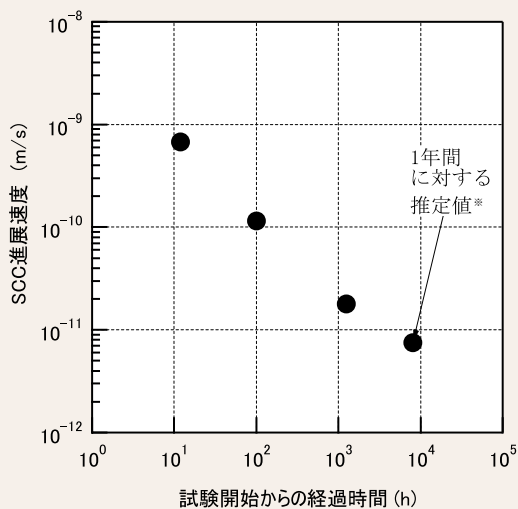


図1 SCC進展速度と試験開始からの経過時間の関係
 SCC進展速度は試験時間経過とともに減少し、1年間における平均の進展速度の推定値は、 $1 \times 10^{-11} \text{m/s}$ 程度と推定される。(※ 1年間の推定値は100時間の進展速度と100時間以降の進展速度の加重平均値である。)

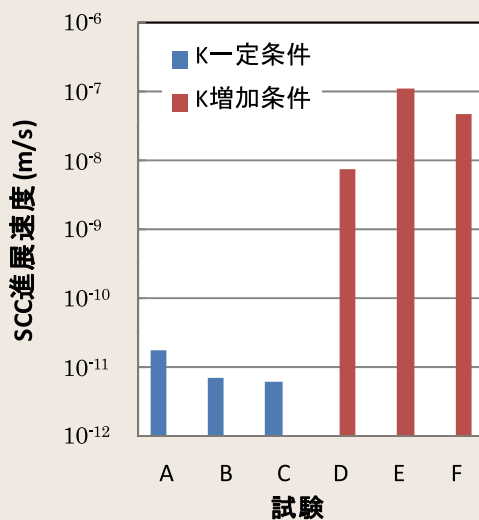


図2 SCC進展試験結果
 応力拡大係数(K)が一定の条件で取得したSCC進展速度は、Kが増加する条件で取得したSCC進展速度の約1/1000となった。

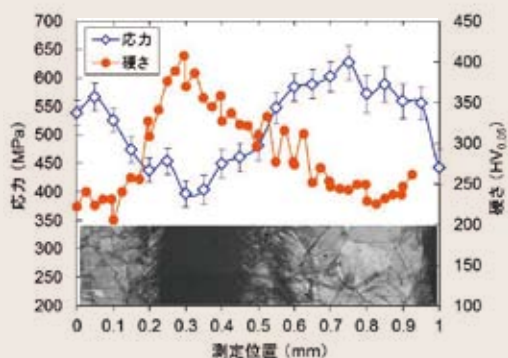


図3 SCC発生試験片のひずみと応力の分布
 図中下にある試験片表面の組織写真の色の濃い部分ほど塑性ひずみが大きい。高塑性ひずみ領域ほど硬いが、応力は同部位では低くなる。

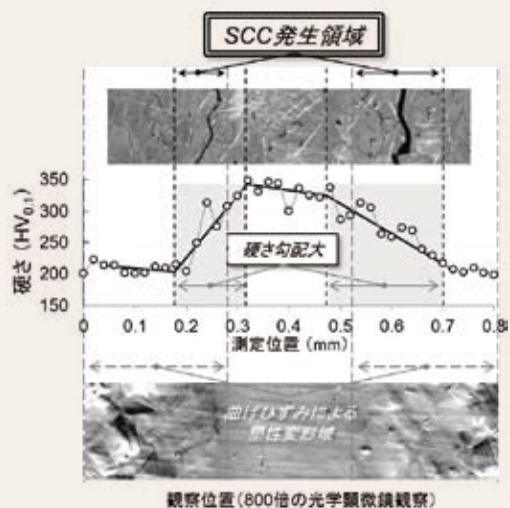


図4 SCCが発生しやすい部位
 試験片の硬さと塑性ひずみには相関関係があり、硬さは塑性ひずみ量を示している。塑性ひずみの勾配があり、かつ図3のように応力勾配が生じる部位で、割れが発生しやすい。