

## 重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

## 経年軽水炉の健全性評価

## 背景・目的

軽水炉の長期運転にあたり、科学的根拠に基づく合理的な材料、機器の安全性・健全性評価が強く求められている。一方、軽水炉の長期運転のためには、安全・安定運転に必要な技術基盤の拡充も求められている。

本課題では、軽水炉の安全かつ長期安定

運転の実現に向けて、圧力容器・炉内構造物、機器・配管、ケーブル等に関する劣化機構の解明、健全性評価手法および関連する基盤技術の開発を行い、経年劣化に係る技術基盤の拡充・強化を図る。

## 主な成果

## 1 圧力容器の照射脆化および環境脆化の予測精度向上

圧力容器の高照射量監視試験片の観察を行い、従来の想定と異なる要因による照射脆化は生じていないことを確認した。これに基づき最新の監視試験データを用いて照射脆化予測法の見直しを行い、精度向上を図った

(図1) [Q12007]。また、監視試験のシャルピー衝撃試験片の破断材から加工可能な超小型試験片を用いた破壊靱性試験に対して、国内研究機関によるラウンドロビン試験\*を実施し、試験法の妥当性を確認した。

## 2 配管分岐合流部における流れ加速型腐食による減肉傾向の評価

構造の制約上、肉厚測定による減肉傾向の正確な把握が困難な補強板付きT管やT継手に対して、流動解析によって流れ加速型腐食(FAC)による減肉領域や相対的な減肉量を評価した。その結果、計測が困難なT管補強板下やT継手肩部では高い減肉傾向が

あることがわかった(図2)。現状の肉厚計測位置(図2上)においても減肉の有無は適切に検知できるが、流動解析を活用することにより計測位置周辺の減肉量を推定できることから、減肉管理の高度化に役立つと期待される[L12002]。

## 3 配管減肉現象の予測精度向上

FACに及ぼす溶存酸素濃度の影響を評価した。この結果、脱塩水(pH7.0)およびNH<sub>3</sub>水溶液(pH9.8)中で、炭素鋼のFACを抑制するために必要な溶存酸素濃度はそれぞれ25~30ppb、1~4ppbであり、pHの上昇

により低下することを明らかにした(図3)。また、実験結果を用いて、FAC予測評価式で用いている水中の溶存鉄の拡散係数を評価し、予測精度の向上を図った[Q12008]。

## 4 ケーブル絶縁劣化予測モデルの構築

ケーブル絶縁体の高経年化挙動を推定するために、加速劣化試験環境(高温・高線量率)と実環境(低温・低線量率)の両条件下での絶縁体劣化挙動を統一的に説明することが求められる。これを実現する劣化予測モデルの構築を目指し、酸化防止剤による劣化抑制効果に加え、温度依存性と線量率依存性に対して精度の高い予測ができるよう、高度化を図った。その結果、予測された劣化挙動

は、①低線量率条件では熱の寄与が大きく線量率に対する依存性が少ないこと、②放射線の寄与が大きくなると材料寿命は短くなること、③放射線が非常に強いと材料内部の酸化劣化が抑制されて材料寿命が長くなっていること等、高温・高線量率で生じ易い不均一劣化も含め、既往知見と定性的に符合することを確認した(図4)。

\* 複数の試験機関が同一の試料を用いて測定を行う試験。

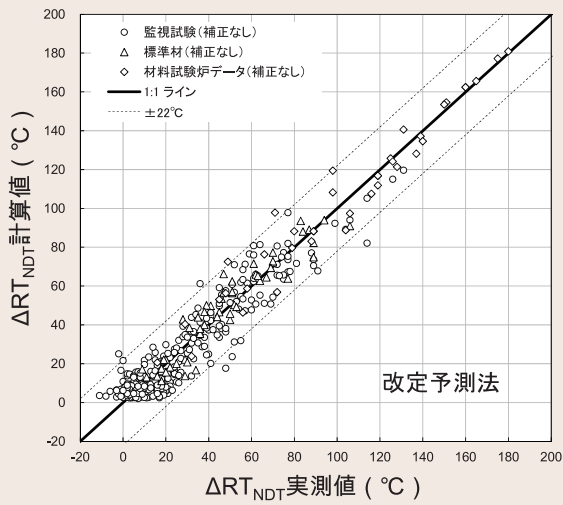


図1 監視試験による脆化量の実測値と改訂予測法による脆化量の計算値の比較

高照射の監視試験データの他に試験炉照射データも含めて脆化量が大きな領域まで十分な精度で予測が可能となった。

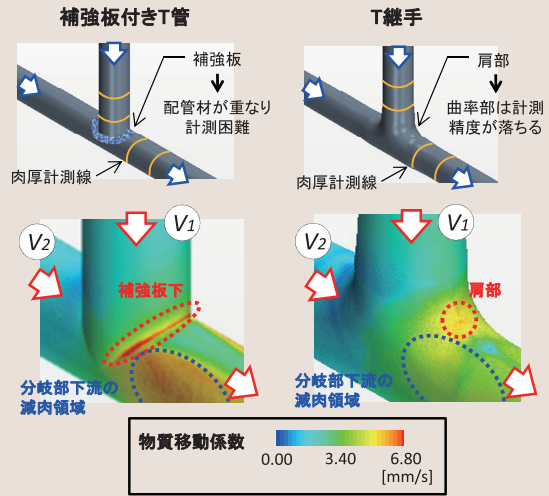


図2 補強板付きT管とT継手の減肉傾向

補強板付きT管とT継手では、構造の制約上、肉厚測定が困難な箇所がある。流動解析を用いたFACの流動因子である物質移動係数を算出し、減肉傾向を調べた。その結果、測定困難な箇所において高い減肉傾向(赤点線部)があるものの、肉厚計測を実施可能な分岐部下流(肉厚計測線)においても比較的高い減肉傾向があることを明らかにした。

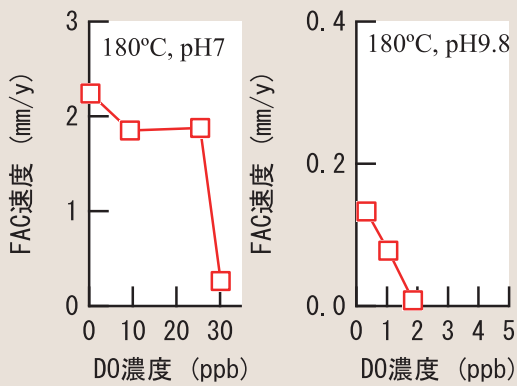


図3 FAC速度に及ぼす溶存酸素(DO)濃度の影響

供試材：炭素鋼 (STPT480、Cr濃度は0.001wt%)、温度：180°C、試験片の内径：2.4mm (初期値)、流速：3.8～5.1m/s、水溶液のpHはアンモニアにより調整した。

180°C、脱塩水 (pH7.0) およびNH<sub>3</sub>水溶液 (pH9.8) 中での炭素鋼のFACに及ぼすDO濃度の効果を評価した。この結果、FAC停止に必要なDO濃度はpH7.0で25～30ppb、pH9.8では1～4ppbであり、pHの上昇によりFAC抑制に必要なDO濃度は低下することを明らかにした。

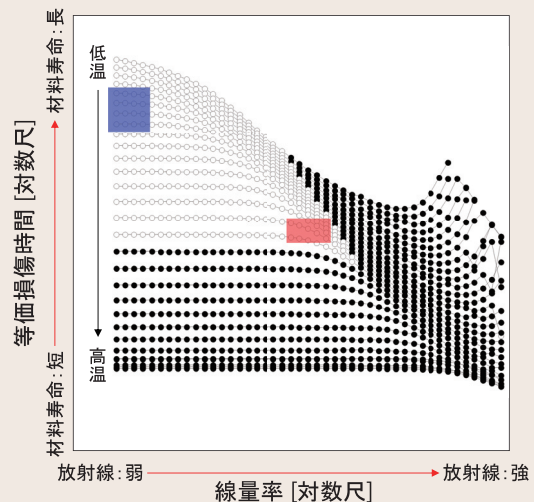


図4 等価損傷時間—線量率依存性

図中赤枠は加速劣化試験想定、青枠は実機環境下想定条件を示す。材料寿命に達した時の材料内部の劣化が均一な場合は○、不均一な場合は●で表示している。各仮想温度条件でのシミュレーション結果のプロットをつなげて表示している。低温から高温になるに従い、U字型の線量率依存性曲線が図面下側に移動する。