

## 重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

## 軽水炉の機器・配管健全性評価

## 背景・目的

軽水炉の安定運転には、様々な機器・配管等の経年劣化を予測し、各機器等の機能を維持するための保全技術が不可欠である。

本課題では、軽水炉の構造材料の信頼性

向上や保守点検時の作業員の安全性向上に向け、軽水炉の機器・配管の健全性評価手法を開発することで、軽水炉の安定運転に寄与する。

## 主な成果

## 1 高い安全性を有するSN材の高温強度特性の評価

軽水炉プラントの支持構造物等に使用されている従来材(一般構造用圧延鋼材:SS材)に比べ、優れた溶接性と高い靱性を有する建築構造用圧延鋼材(SN材)を使用可能とするため、原子力発電設備規格材料規格の策定に必要な高温条件(~400℃)および、シビアアクシデント時の構造健全性評価を見越した更なる高温条件(~650℃)に

て、引張特性を評価した。降伏点や引張強さの温度依存性は、鋼種や板厚の違いによらずほぼ同じであり、鋼材のチャージ\*1による違いは小さいことを確認した(図1)。この結果から、SN材の高温強度を室温強度で規格化した値の温度依存性を示すトレンドカーブの近似式を導出し、材料規格への反映を可能とした[Q14006]。

## 2 配管減肉予測ソフトウェアFALSETの検証

軽水炉プラントの配管の肉厚測定結果との比較による予測精度の検証を行っている配管減肉予測ソフトウェアFALSETについて、新たにPWRプラント1基を追加し、PWRプラント4基分の復水・給水系配管(水単相流系統)の肉厚測定データ(合計980点)と

の比較を行った。その結果、残余肉厚の予測精度は、実測値の±10%以内であった(図2)。また、FALSETによる予測を用いることで、減肉率が低い低温系統配管を除くほとんどの配管部位に対して、保守的な管理が可能となることを確認した。

## 3 ステンレス鋼の熱時効評価

一次冷却水配管等に用いられるステンレス鋼は、高経年化に伴う熱時効\*2によって脆化し、破壊靱性が低下することがある。熱時効による脆化を定量化するため、300℃~450℃で最大15000時間の熱処理を施し、破壊靱性値と硬さの測定を行った。時間が増

加するにつれて、破壊靱性値は減少し、硬さは増加する傾向が認められた(図3)。硬さと破壊靱性値の相関を明らかにすることで、ステンレス鋼の硬さを指標として破壊靱性値を予測できる可能性を示した。

## 4 分散剤添加による軽水炉一次系線源低減技術の開発

軽水炉一次系の線源低減技術の開発に向け、線源となる腐食生成物の除去効果が期待される分散剤(PAA:ポリアクリル酸)の添加について、PWR一次系条件におけるPAAの放射線分解挙動を評価した。γ線照射試験によって生成される化合物は主に二酸化炭

素と酢酸イオンであり、軽水炉材料の腐食を促進する因子は確認されなかった。また、PAA水溶液の放射線分解シミュレーションによる結果は試験結果と一致し、生成物の大半はPAAラジカル\*3の主鎖切断によって生じることを明らかにした(図4)[Q14014]。

\*1 溶解炉から取り出される取鍋毎の溶鋼。

\*2 材料がある温度に晒されることで、材料特性が時間経過とともに変化する現象。

\*3 鎖状の多原子分子構造の中に不対電子(原子間の結合が解離して電子軌道中の電子が1つになった状態)を持ったポリアクリル酸。

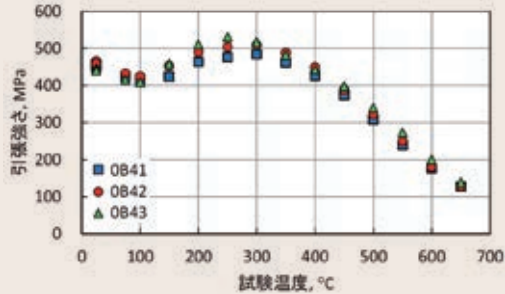


図1 SN材の引張強さに及ぼす試験温度の影響 (SN400B)

鉄鋼材料の高温引張試験方法に関するJIS規格に適合するひずみ速度条件 (降伏前:  $0.00007\text{s}^{-1}$ 、降伏後  $0.0014\text{s}^{-1}$ ) で、厚さ40mmのSN400Bについて、チャージの異なる3種の鋼材を用いた引張試験を実施し、いずれも同等の引張特性を有することを示した。

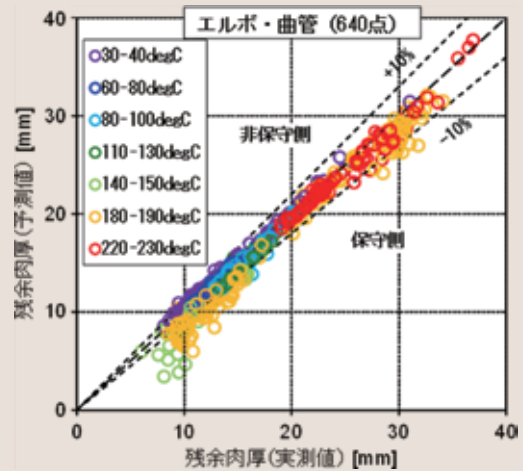


図2 PWR 4プラントの曲管におけるFALSETによる残余肉厚の予測精度

PWR 4プラントの復水・給水系統の980点のデータの中で、エルボ・曲管640点に対して残余肉厚の予測精度を検証し、予測した配管部位の99%は、実測値の非保守側+10%よりも小さな予測値となることを示した。

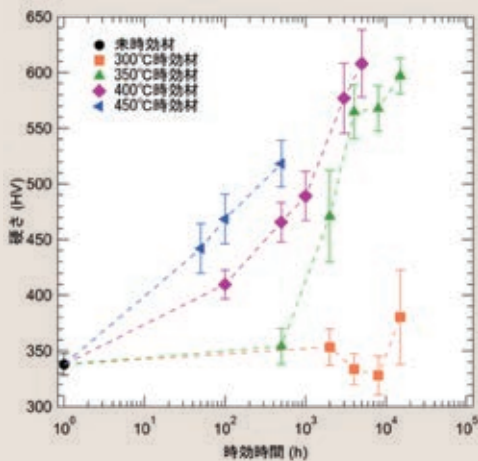


図3 ステンレス鋼のフェライト相の硬さと時効条件の関係

時効温度が高いほどフェライト相の硬化が早く進行する傾向を示した。300°C時効材については、8000時間までは未時効材とほぼ同等の硬さであったが、15000時間で硬化の開始が認められた。

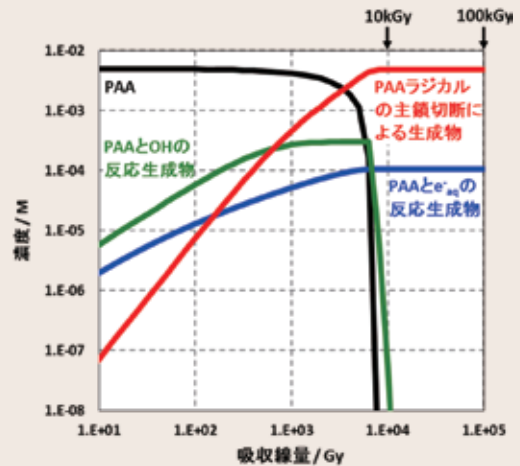


図4 PAA水溶液の放射線分解シミュレーションの結果(PAA 500ppm、300°C、中性pH)

吸収線量が数kGyまではPAAラジカルの主鎖切断が支配的であり、5kGyを超えるとPAAが枯渇する。それ以上の吸収線量では、分子量の緩やかな変化が確認されていることから、酸化数の増加と減少が同時に起こる不均化反応が支配的な段階に移行するものと考えられる。