

機器・配管および電気計装品の劣化診断

背景・目的

経年経水炉で考慮すべき事項の一つに、機器・配管や電気計装品などの劣化があり、その診断技術の開発が望まれている。

配管等の応力腐食割れ（SCC）に関しては、日本機械学会維持規格に基づき健全性評価を行い、その継続使用あるいは補修・取替を判断することとなっている。SCC き裂に対する超音波探傷法（UT）は概ね確立されているが、ニッケル基合金溶接部に発生するSCC き裂については超音波探傷技術の一層の高度化が望まれている。

電気計装品ケーブルの劣化診断については、絶縁劣化は電気学会推奨案に基づき評価されるが、絶縁体の強さや伸びといった機械的な劣化評価（材質劣化評価）も重要である。原子力発電所で用いられるケーブルは熱と放射線に同時に曝されるため、これらの条件での絶縁体の材質劣化を的確に評価できる指標の確立が求められている。

本課題では、ニッケル基合金溶接部へのフェーズドアレイ法^{*1}等の超音波探傷法の適用性を明らかにする。また、ケーブルの材質劣化の定量的評価に向けた診断手法を確立する。

主な成果

1. ニッケル基合金溶接部の欠陥深さ測定に対するフェーズドアレイ UT法の適用

ニッケル基合金溶接部の深い欠陥に対する測定手法の確立を目的として高パワー UT装置を導入した。本装置により、入射方向、集束位置を3次元的に設定できるマトリクスアレイ探触子などの高性能探触子と高パワーの超音波ビームを組み合わせた測定が可能となった。実機を模擬した溶接部に放電加工法により深さ30mm、40mmの人工欠陥を作製し、本装置を用いて深さ測定を実施した。測定方法や測定条件の最適化を図った結果、深さ40mmまでの欠陥に対して高精度な測定（測定誤差1mm程度）が可能となり（図1）、フェーズドアレイ UT法は、ニッケル基合金溶接部の欠陥深さ測定法として実用レベルの方法であることを明らかにした [Q10031]。また、これらの結果を基に欠陥深さ測定要領を作成した。

2. 熱・放射線同時加速劣化試験によるケーブル絶縁体材料の伸び率低下特性

絶縁体の酸化が材質劣化に関係していると考えられるため、酸化防止剤の添加量を通常濃度、通常濃度の1/2、無添加と変化させた3種類のケーブル絶縁体材料（架橋ポリエチレンシート試料）の熱・放射線同時加速劣化試験（室温、60℃、100℃で100Gy/hのγ線照射）を行い、熱分析から推定した酸化防止剤濃度、酸化度^{*2}、引張り破断伸び率の時間変化を調べた。その結果、酸化防止剤濃度が減少し、有効な濃度以下まで減少すると、酸化度が急激に増加し始め、破断伸び率が急激に減少し始めることを明らかにした（図2）。また、劣化試験条件に依らず酸化度と破断伸び率には相関があり、酸化度を用いて破断伸び率を評価できる可能性があることを明らかにした（図3） [H10014]。

* 1：超音波の位相を制御することにより、高精度な UT 測定を可能とする方法

* 2：赤外吸収スペクトルにおける 1720cm^{-1} 付近の C=O 結合の吸収ピークと 1462cm^{-1} 付近の C-H 結合の吸収ピークとの比を酸化度と定義した。

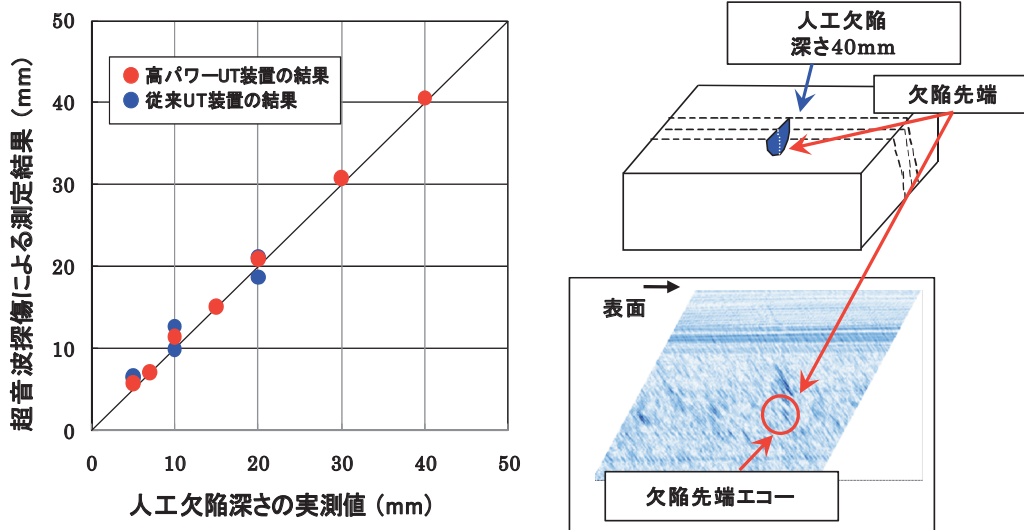


図1 フェーズドアレイ UT法による欠陥深さ測定結果

高パワー UT 装置を用いて欠陥深さ測定を行うことにより、浅い欠陥から深い欠陥まで高精度（測定誤差 1mm 程度）の測定が可能となった。

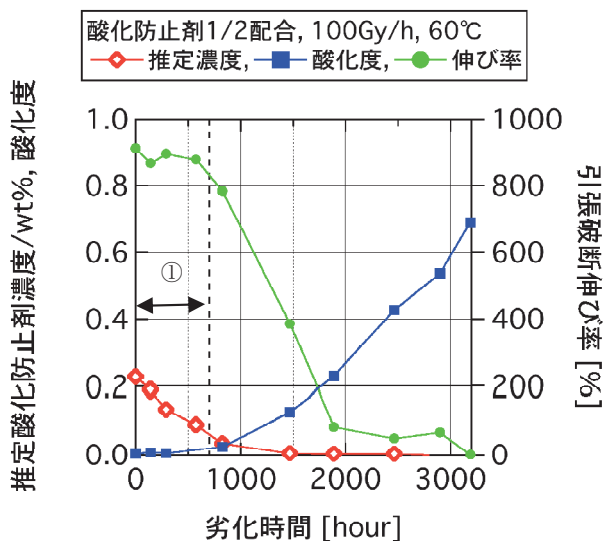


図2 酸化防止剤濃度、酸化度、破断伸び率の経時変化の例

時間経過と共に酸化防止剤濃度は減少し、その濃度が有効な濃度以下となる（①の期間を超える）と、酸化度および破断伸び率が急激に変化し始めている。

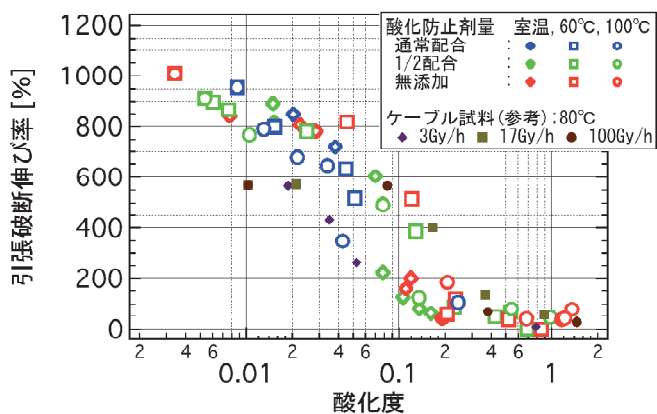


図3 酸化度と破断伸び率の関係

劣化試験条件に依らず酸化度と伸び率には相関があり、酸化度を用いて破断伸び率を評価できる可能性がある。ケーブル試料の伸び率は「JNES-SS-0903 原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書」から引用、酸化度は同試料を当研究所で分析した結果である。