

機器・配管および電気計装品の劣化診断

背景・目的

長期運転経年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。

配管等に応力腐食割れ(SCC)が発生した場合は、日本機械学会維持規格で健全性評価を行い、その継続使用あるいは保守・取替を判断することとなっている。SCC き裂の超音波探傷法(UT)を用いた非破壊検査法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 き裂の検査に関して非破壊検査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、ケーブルの強さや伸びといった機械的な健全性評価(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 UT 法*¹等の非破壊検査法の適用性を明らかにするとともに、ケーブルの熱と放射線による材質劣化を定量的に評価できる分析手法の確立を目的としている。

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

実機を模擬した溶接部等に放電加工法により人工欠陥を作り、フェーズドアレイ UT 法で欠陥深さを測定した。超音波探触子寸法や超音波集束位置といった探傷条件を最適化することで、欠陥開口面側から欠陥深さを 5~20mm の範囲で高精度(誤差平均 1mm 程度)に測定できた。この結果から、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有効な手法であることを明らかとした(図 1)[Q09025]。

2. 熱と放射線劣化させたケーブル材料の劣化診断指標の検討

熱と放射線に曝されたケーブルの材質劣化に関して酸化や微細構造変化を定量的に評価できる手法を選定するため、化学発光法、顕微赤外分光法、X線回折法、ナノ硬さ試験法といった分析手法を用いて物性の変化を評価した。その結果、酸化度評価法としては顕微赤外分光法(図 2)が、微細構造変化の評価法としては X 線回折法が有効な分析手法の1つであることが示唆された。また、新しい手法として化学発光分析法や陽電子消滅法の有効性も示された[H09017]。

*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

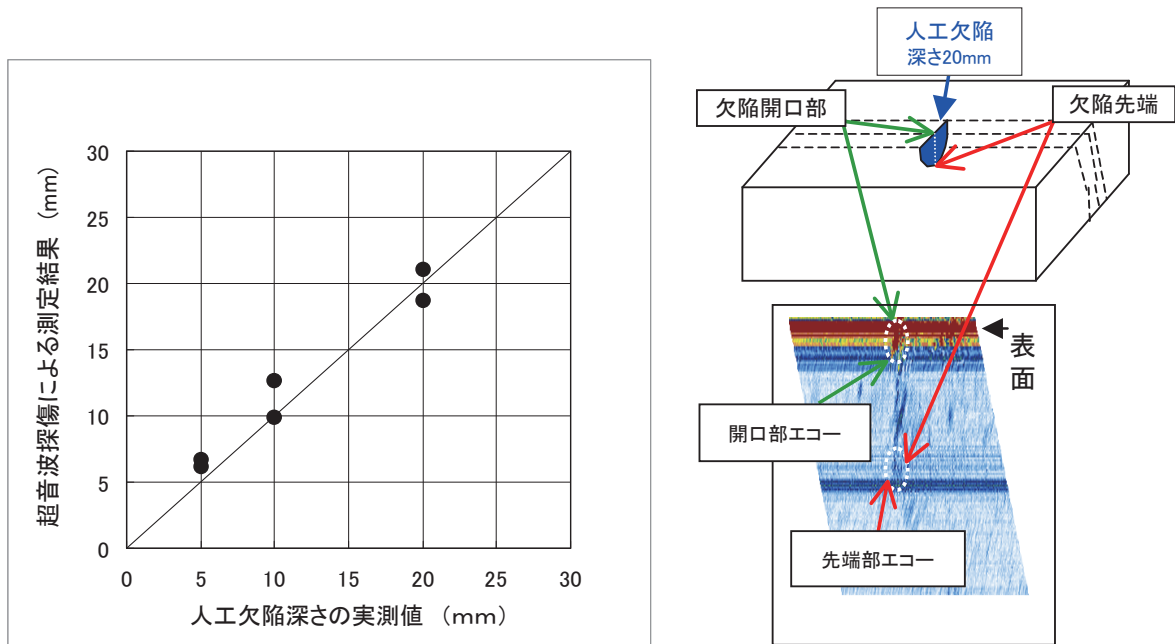


図1 フェーズドアレイ UT 法による深さ測定結果

最適化したフェーズドアレイ UT 法を用いて欠陥の深さ測定を行うと、十分な測定精度(誤差平均 0.92mm、平均二乗誤差 1.58mm)を有した測定を行うことが可能である。

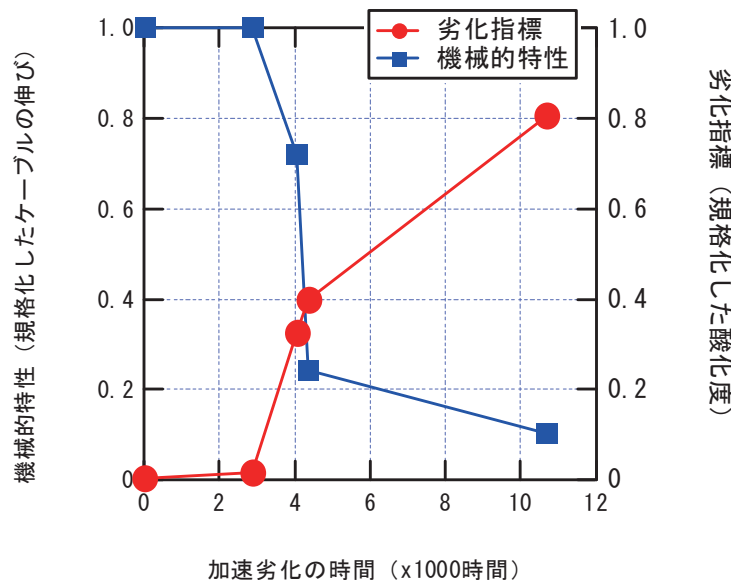


図2 加速劣化させたケーブルの機械的特性(伸び)と劣化指標(酸化度)の時間変化の例

熱と放射線の加速劣化を行ったケーブルの伸びと顕微赤外分光法で測定された酸化度は、加速劣化時間に対する依存性があり、劣化指標の増加と機械的特性の低下の程度がほぼ同じ傾向を示すことから、ケーブルの機械的健全性評価は酸化度に基づく劣化指標を用いて行える可能性がある。