

原子力発電部会セッション

原子力発電所の運転期間と機器・構造物の経年劣化影響評価

Evaluation for the Effects of Nuclear Power Plant Operating Period on Ageing Deterioration of Components / Structure

(3) 電気計装設備（ケーブル）の劣化影響評価について

(3) Ageing Management Technical Evaluation for Insulation Degradation of Electric / Instrumentation Equipment

*石井 伸弘¹¹東京電力ホールディングス株式会社 原子力設備管理部

1. はじめに

原子力発電所の安全性を確保するためには、通常運転環境内での経年劣化による絶縁低下に加え、環境条件が著しく悪化する事象（異常状態環境）が発生したとしても、その性能を維持して、安全系の電気・計装設備の機能が脅かされることのない（耐環境性能を有する）ようにしておく必要がある。電気・計装設備の絶縁低下については、設置環境における温度・放射線の影響が主要因となり、経時的に絶縁体の劣化が進行していく事象である。

電気・計装設備の絶縁低下に対する対応は、各種規格（「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」（以下「電気学会推奨案」という。）や「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド（JNES-RE-2013-2049）」（以下「ACAガイド」という。）等）に基づく経年劣化に対する試験・評価や定期的な絶縁抵抗測定等による保全活動を踏まえて、必要に応じて取替えを実施することで、健全性の維持に取り組んでいる。

なお、長期健全性試験（環境認定試験）の健全性評価年数はプラント運転中の厳しい環境に晒されている状態（稼働率100%）を想定し、保守的に健全性を評価し、その年数に基づき取替え等の管理を行っている。一方、プラント運転中に比べ停止中は、温度・放射線ともに低い状況であり、停止中における劣化速度は、運転中に比べると遅いと考えられる。

以上の経緯を踏まえて、耐環境性能を有する電気・計装設備のうち、最も普遍的な設備であるケーブルを代表例として、これまでの高経年化対策における経年劣化への対応を整理するとともに、プラントの長期停止状態がケーブルの経年劣化に及ぼす影響について確認し、取りまとめた。

2. 電気・計装設備に想定される主要な劣化事象への対応

2-1. 電気・計装設備の絶縁低下について

電気・計装設備には、その諸機能を達成するために、種々の部位にゴム、プラスチック等の高分子材料及びプロセス油等の有機化合物材料が使用されている。これら材料は、環境的（熱・放射線等）、電氣的及び機械的な要因で劣化するため、絶縁特性が低下し、電気・計装設備の機能が維持できなくなる可能性がある。絶縁低下は、通電部位と大地間、あるいは通電部位と他の通電部位間の電氣的独立性（絶縁性）を確保するため介在されている高分子絶縁材料が、環境的（熱・放射線等）、電氣的及び機械的な要因で劣化するため、電気抵抗が低下し、絶縁性を確保できなくなる現象である。

原子力発電所の安全性を確保するためには、通常運転環境内での経年劣化による絶縁低下に加え、環境条件が著しく悪化する事象（異常状態環境）が発生したとしても、その性能を維持して、安全系の電気・計装設備の機能が脅かされることのない（耐環境性能を有する）ようにしておく必要がある。そのため、異常状態環境内で機能要求される電気・計装設備の絶縁低下を全て高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として抽出している。

2-2. ケーブルの絶縁低下に対する影響因子

ケーブルの主要な影響因子は通常環境においては、熱・放射線であり、事故時の環境においては、蒸気暴露の観点に加わってくる。これは、耐環境性能が必要なケーブルは通常運転中には熱や放射線に曝されて劣化し、更に、冷却材喪失事故等の事故による蒸気暴露、高温、高放射線環境下においても機能維持が必要となるためである。例えば格納容器内の事故時の温度、放射線レベル等の監視のための信号を伝送するケーブルなどについては、このような状況において健全性を確保すべく、検証がされている。

2-3. 電気・計装設備の絶縁低下への対応

耐環境性能が必要な電気・計装設備の絶縁低下に対する対応は、各種規格（「電気学会推奨案」や「ACAガイド」等）に基づく経年劣化に対する環境認定試験を行い、その試験条件と実機環境における評価期間を比較し、必要に応じてその評価期間内に取替えを実施することで健全性の維持を図っている。

また、ケーブル全般に関する現状の保全活動として、定期的な絶縁抵抗測定や機能試験等を実施し、点検で有意な絶縁低下が認められた場合には、取替え等の設備対策を行うこととしている。

3. 長期停止の影響（電気・計装設備の絶縁低下）

実測した運転中及び停止中における布設箇所の平均温度・放射線量率のデータは表1の通りであり、運転中に比べて停止中は、温度・放射線とも低い状況であることが分かる。絶縁低下の主要因は温度・放射線であるため、プラント停止中の劣化進展は運転中に比べて小さい。（図1参照）

長期健全性試験（環境認定試験）に基づく健全性評価年数は、プラント停止中を考慮せず、常にプラント運転中の厳しい環境に晒されている状態（稼働率

100%)を想定し、保守的に健全性を評価し、その年数に基づき取替え等の管理を行っている（図1(b)黒線参照）。仮に、10年間の停止期間の劣化を、これまでに実施された劣化状況評価の結果へ追加的に考慮し、影響を評価しても、健全性評価結果に影響を与えるものではないことを確認した。

表1. 最も環境の厳しいケーブル布設環境の比較

プラント	実布設環境条件			
	温度		放射線量率	
	通常運転中	停止期間中	通常運転中	停止期間中
高浜発電所 1号機 (格納容器内)	50[°C]	24[°C]	0.0130 [Gy/h]	0.001 [Gy/h] 以下
東海第二 発電所 (格納容器内)	65.6[°C]	25[°C]	0.250 [Gy/h]	0.001 [Gy/h] 以下

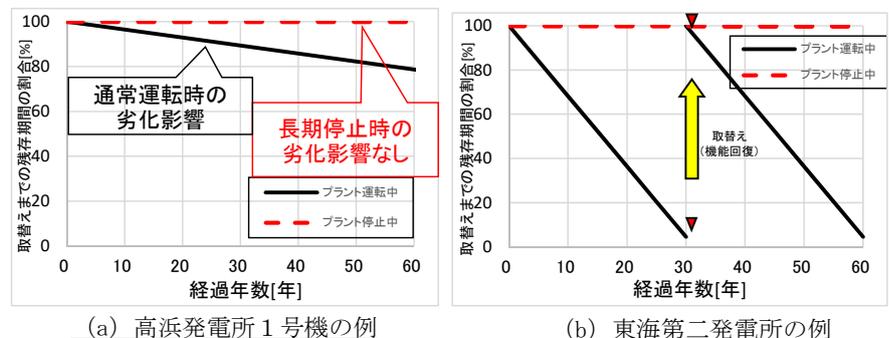


図1. 運転中・停止中におけるケーブル劣化進展状況の模式図

4. まとめ

ケーブルを含む電気・計装設備は、絶縁低下に対する技術評価及び保全活動を適切に実施している。

難燃 PH ケーブル（高浜発電所 1 号機）及び難燃 PN ケーブル（東海第二発電所）を例として、通常運転中の劣化に 10 年間の停止中の劣化を考慮して劣化状況評価に与える影響を検討した結果、停止時の劣化は極めて小さく、劣化状況評価の結果に有意な影響は与えないことを確認した。なお、電気・計装設備は取替えが可能であり、これまでも適宜取替えがなされているものである。そのため、停止中の劣化を踏まえた取替え対応を適切に行うことで、停止中の劣化影響が問題になることはない。

*Nobuhiro Ishii

†Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc., Nuclear Asset Management Department.