

川内原子力発電所 2号炉の 高経年化技術評価 (絶縁低下)

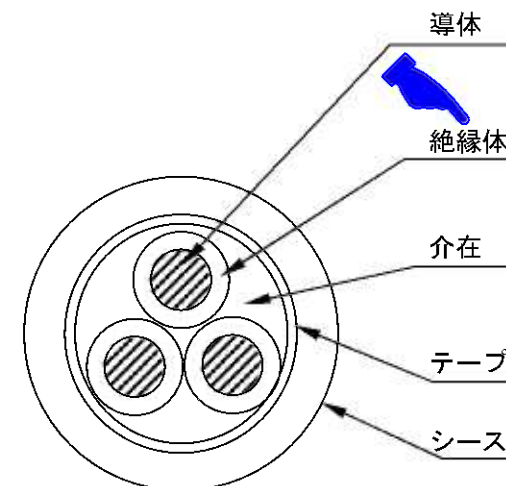
平成 27 年 10 月 5 日
九州電力株式会社

目 次

1. 絶縁低下について	2
2. 評価対象設備	3
3. 川内1号炉との相違点	5
4. 技術評価	7
4.1 電気ペネトレーションの重大事故時環境影響評価	7
4.2 高圧ケーブルの重大事故時環境影響評価	9
4.3.1 低圧ケーブルの重大事故時環境影響評価	11
4.3.2 原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイドによる評価	12
5. 電気・計装設備の絶縁低下の評価結果	15

1. 絶縁低下について

- ・ 電気・計装設備には、絶縁性能を保つために、種々の部位にゴム、樹脂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。
- ・ これらの材料は、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、絶縁性能が低下し、電気・計装設備の機能が維持できなくなる可能性がある。



代表的なケーブルの構造

- ・ 絶縁低下とは、通電部位と大地間、あるいは通電部位と他との通電部位間の電氣的独立性（絶縁性）を確保するための高分子材料が、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、絶縁性が確保できなくなる現象である。
- ・ さらに絶縁低下には水トリ一劣化がある。これは長期間にわたって水が存在する状態でかつ高い電位に絶縁材料がさらされている場合に、水と局所的な電界集中が原因で絶縁材料中に樹枝状に欠陥が発生する現象であり、高圧ケーブルのみに発生が確認されている。
- ・ なお、絶縁低下とは別に、長期間の使用に伴い接点部分の電氣的摩耗等により動作特性が変化する特性変化の可能性があることから、同様に評価している。

2. 評価対象設備

絶縁低下の評価では、電気・計装設備の機能維持に必要な絶縁性能を考慮すべき設備を評価対象として抽出している。抽出した設備を「表1 評価対象電気・計装設備」に示す。

また、新規制基準適合性審査を反映した工事計画認可を踏まえ、設計基準事故環境評価に加え、重大事故の環境評価も実施している。

重大事故時に環境条件が厳しい原子炉格納容器内設置の電気ペネトレーション及び低圧ケーブル並びに原子炉格納容器外に設置され重大事故時の環境評価が必要な高圧ケーブルの評価について「4. 技術評価」に示す。

表1 評価対象電気・計装設備 (1/2)

機器・構造物	評価対象設備	評価対象部位	設計基準事故環境を考慮する設備	重大事故環境を考慮する設備
ポンプモータ	高圧ポンプ用電動機	固定子コイル、口出線他	—	—
	低圧ポンプ用電動機	固定子コイル、口出線	—	—
容器	電気ペネトレーション	ポッティング材、外部リード	○	○
弁	弁電動装置	固定子コイル他	○	○
ケーブル	高圧ケーブル	絶縁体	—	○
	低圧ケーブル	絶縁体	○	○
	同軸ケーブル	絶縁体、内部シース	○	○
	ケーブル接続部	絶縁物他	○	○

電気・計装設備の絶縁低下

表1 評価対象電気・計装設備 (2/2)

機器・構造物	評価対象設備	評価対象部位	設計基準事故環境を考慮する設備	重大事故環境を考慮する設備
電気設備	メタルクラッド開閉装置	ばね蓄勢用モータ他	—	—
	動力変圧器	コイル	—	—
	パワーセンタ	保護リレー他	—	—
計測制御設備	プロセス計測制御設備	伝送器	○※	○※
		信号変換処理部、指示計他	—	—
	制御設備	半導体基板他	—	—
空調設備	電動機	固定子コイル他	—	—
機械設備	制御用空気圧縮装置	固定子コイル他	—	—
	燃料取扱設備	変圧器他	—	—
電源設備	非常用ディーゼル発電設備	固定子コイル他	—	—
	直流電源設備	保護リレー	—	—
	計器用電源設備	変圧器	—	—
	制御棒駆動装置用電源設備	ばね蓄勢用モータ	—	—
	大容量空冷式発電機	固定子巻線他	—	—

※設計基準事故等を考慮するが定期取替品のため高経年化対策実施ガイドに基づき高経年化技術評価の対象外としている。

3. 川内1号炉との相違点

川内1号炉と川内2号炉の主な設備等の相違点「表2 1号炉と2号炉の主な相違点」に示す。

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、新知見「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド（ACAガイド）」に経年劣化評価手法が取りまとめられていることから、低圧ケーブル及び同軸ケーブルについては、ACAガイドに従ったケーブルの長期健全性評価を実施している。

今回、使用状況が厳しい原子炉格納容器内で多く使用されている低圧ケーブルのACAガイドに従った長期健全性評価について「4. 技術評価」に示す。

表2 1号炉と2号炉の主な相違点 (1/2)

		1号炉	2号炉	差異理由
電気ペネトレーション	ピッグテイル型外部リード絶縁物	・シリコーンゴム	・シリコーンゴム ・エチレンプロピレンゴム	設備の相違
ケーブル	高圧ケーブル	代表機器、非代表機器 1号炉と2号炉では製造メーカーが異なる		製造メーカーの相違
	低圧ケーブル対象機器	・KKケーブル ・難燃PHケーブル	・KKケーブル （新知見を踏まえた評価） ・難燃PHケーブル （新知見を踏まえた評価）	ACAガイドに基づく評価の追加
		なし	・FPTFケーブル	設備の相違
	同軸ケーブル対象機器	・難燃三重同軸ケーブル	・難燃三重同軸ケーブル1 ・難燃三重同軸ケーブル2 （新知見を踏まえた評価）	ACAガイドに基づく評価の追加 設備の相違
	ケーブル接続部対象機器	・電動弁コネクタ接続1 ・電動弁コネクタ接続2	・電動弁コネクタ接続	設備の相違

表2 1号炉と2号炉の主な相違点 (2/2)

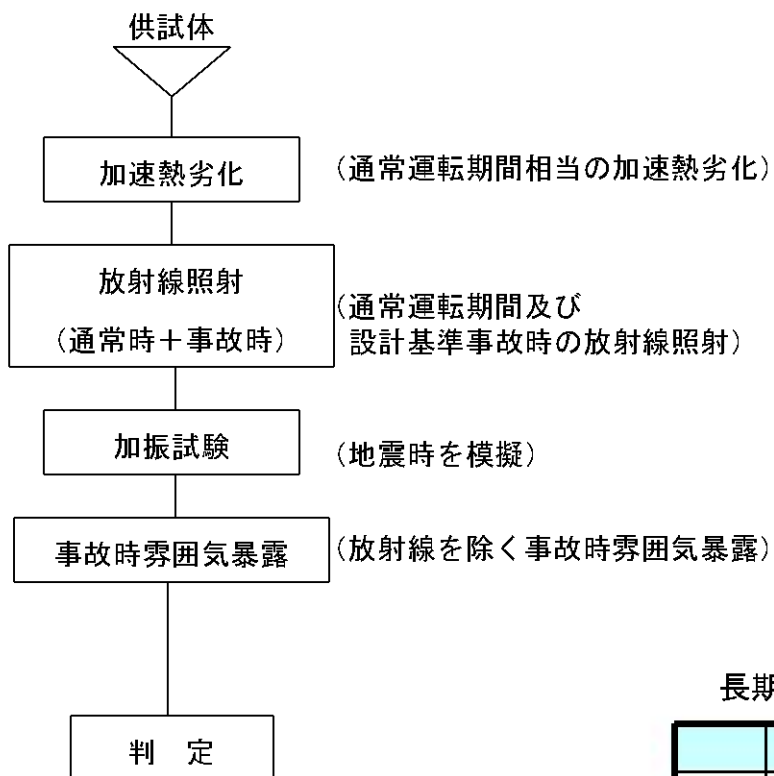
		1号炉	2号炉	差異理由
電気設備	コントロールセンタ 対象機器	・代替交流電源盤	なし	1号炉に記載 (共用設備)
		なし	・事故後サンプリング コントロールセンタ	2号炉に記載 (共用設備)
計測制御設備	プロセス計測制御設備 対象機器	・モニタリングステーション ・モニタリングポスト	なし	1号炉に記載 (共用設備)
	制御設備 対象機器	・衛星携帯電話設備	なし	1号炉に記載 (共用設備)
		なし	・津波監視カメラ	2号炉に記載 (共用設備)
機械設備	空気圧縮装置 対象機器	なし	・ガスサンプリング 圧縮装置 (電動機)	2号炉に記載 (共用設備)
電源設備	計器用分電盤 対象機器	・100V分電盤 (代替緊急時対策所) ・200V分電盤 (代替緊急時対策所)	なし	1号炉に記載 (共用設備)

4. 技術評価

4.1 電気ペネトレーションの重大事故時環境影響評価

① 評価方法

- ・ピッグテイル型電線貫通部の長期健全性試験結果に基づき評価を実施した。
- ・長期健全性試験の試験手順を以下に示す。



② 評価結果

試験条件は、実機環境に基づく60年間の運転期間を想定した劣化条件及び重大事故時の条件を包絡しており、ピッグテイル型電線貫通部は運転開始後60年時点においても、絶縁機能を維持できると判断した。

長期健全性試験の条件

	試験条件	試験条件の説明
加速熱劣化	電線貫通部（実機同等品） 条件：125℃-10日間 絶縁体が異なる外部リード 条件：121℃-7日間	原子炉格納容器内の通常雰囲気温度に通電による温度上昇も考慮した温度に若干の余裕をみた温度（約60℃）で60年間の運転期間に相当する条件を包絡している。 ・電線貫通部：112℃-10日間 ・外部リード：114℃-10日間 ・絶縁体が異なる外部リード：117℃-7日間
放射線照射	平常時における集積線量と事故時の放射線量を照射。 条件：500kGy（平常時） +1,500kGy（事故時）	60年間の運転に予想される集積線量（164kGy）に重大事故時の線量（500kGy）を加えた線量を包絡している。
加振試験	加速度1.8Gで加振。	想定されるSd地震動による最大加速度（0.46G）を包絡している。
事故時雰囲気暴露	最高温度：190℃ 最高圧力：0.414MPa 時間：～15日間	重大事故時の最大温度（約138℃）、最大圧力（約0.350MPa）を包絡している。

長期健全性試験での絶縁抵抗の変化

	試験前	試験後	判定基準
絶縁抵抗	$1.5 \times 10^{11} \Omega$	$6.0 \times 10^{10} \Omega$	$1.0 \times 10^8 \Omega$ 以上

外部リードの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：0.76mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

③現状保全

ポットイング材及び外部リードの絶縁低下に対しては、定期的にケーブル及び機器を含め絶縁抵抗測定又は機器の動作確認を実施し、有意な絶縁低下がないことを確認している。

④総合評価

健全性評価結果から判断して、ポットイング材及び外部リードの絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

ポットイング材及び外部リードの絶縁低下は、絶縁抵抗測定又は機器の動作確認で検知可能であり、点検手法として適切である。

⑤高経年化への対応

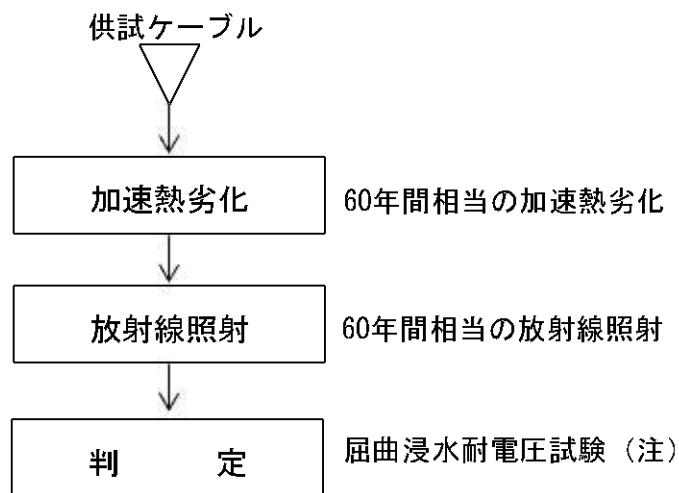
ポットイング材及び外部リードの絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

なお、より実機条件に即した電気・計装設備の長期健全性評価手法に関する検討が国プロジェクト「電気・計装設備の健全性評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していく。

4.2 高圧ケーブルの重大事故時環境影響評価

①評価方法

- ・高圧ケーブル（難燃高圧CSHVケーブル）の長期健全性試験結果に基づき評価を実施した。
- ・長期健全性試験の試験手順を以下に示す。



(注) 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約20倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる

②評価結果

試験条件は、実機環境における60年間の運転期間を想定した劣化条件及び重大事故時の条件を包絡しており、難燃高圧CSHVケーブルは運転開始後60年時点においても、絶縁機能を維持できると判断した。

	試験条件	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件及び重大事故時の環境条件
温度	140℃-9日	137℃-9日 (=75℃*1-60年)	120℃-9日 (53℃*3-60年) (通常時) (120℃*4-7日) (事故時)
放射線 (集積線量)	500kGy (4kGy/h)	0.29kGy*2	0.46kGy 0.29kGy*2 (通常時) 0.17kGy*5 (事故時)

*1: 原子炉格納容器外でのケーブル布設エリアの温度（約40℃）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度として設定した

*2: $0.55 \times 10^{-3} [\text{Gy}/\text{h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h}/\text{y}] \times 60 [\text{y}] = 0.29 \text{kGy}$

*3: 安全補機室内のケーブル布設エリアの温度（約40℃）に充てん/高圧注入ポンプ通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度（53℃）として設定した

*4: 重大事故時の安全補機室内における最高温度（約112℃）に充てん/高圧注入ポンプ通電による温度上昇を加えた温度（120℃）として設定した

*5: 重大事故時の安全補機室内での放射線量 $1 [\text{Gy}/\text{h}] \times 24 [\text{h}] \times 7 [\text{d}] = 0.17 \text{kGy}$

項目	試験条件	判定
屈曲浸水耐電圧試験	供試体外径 : 56.7mm マンドレル径 : 供試体外径の約20倍 絶縁厚さ : 4.0mm 課電電圧 : 12.8kV/5分間	良

③現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断（シース絶縁抵抗測定、遮蔽軟銅テープ抵抗測定、直流漏れ電流測定）により、許容値を満たしていることを確認している。

④総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の絶縁低下による機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。絶縁低下は、絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切である。

⑤高経年化への対応

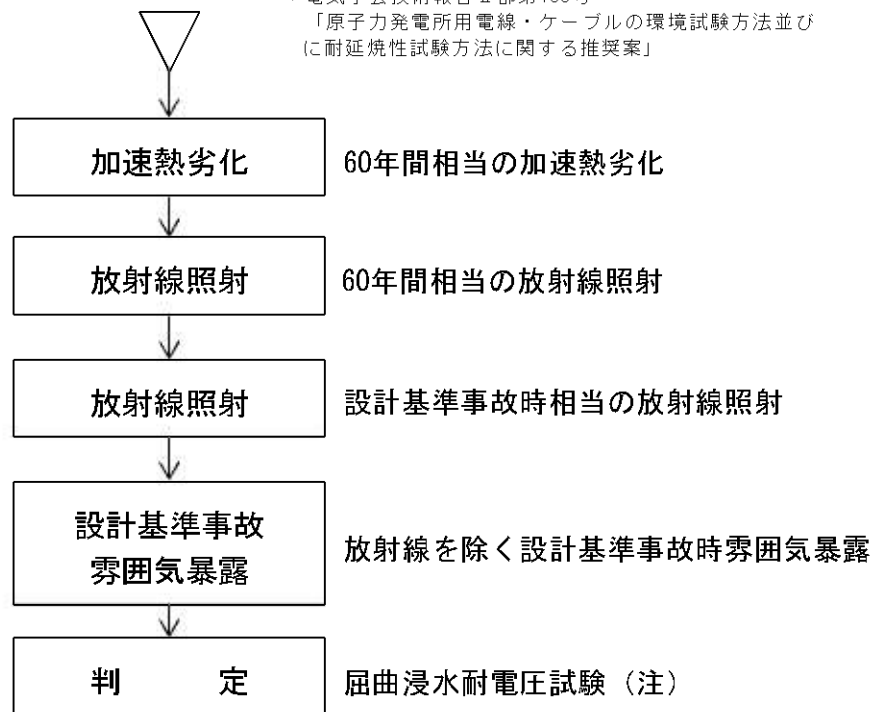
絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から、追加すべきものはないと判断する。

4.3.1 低圧ケーブルの重大事故時環境影響評価

①評価方法

- ・低圧ケーブル（難燃PHケーブル）の電気学会推奨案*に従って実施した長期健全性試験結果に基づき評価を実施した。
- ・長期健全性試験の試験手順を以下に示す。

* 電気学会技術報告Ⅱ部第139号
「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法並びに耐延焼性試験方法に関する推奨案」



（注）屈曲浸水耐電圧試験の試験手順

- ①供試ケーブルを直線状に伸ばした後、供試ケーブル外径の約40倍のマンドレル（円筒状の器具）に巻付ける。
- ②①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する。
- ③②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる。

②評価結果

試験条件は、実機環境における60年間の運転期間を想定した劣化条件及び重大事故時の条件を包絡しており、難燃PHケーブルは運転開始後60年時点においても、絶縁機能を維持できると判断した。

		試験条件	60年間の通常運転時の使用条件に基づく劣化条件又は重大事故時の環境条件
通常相当	温度	140°C-9日	124°C-9日 (=65°C*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.3kGy/h)	164kGy*2
重大事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.3kGy/h)	500kGy
	温度	最高温度 190°C	最高温度 約138°C
	圧力	最高圧力 0.41MPa[gauge]	最高圧力 約0.350MPa[gauge]

*1：原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度（約49°C）に通電による温度上昇と若干の余裕を加えた温度として設定した

*2：0.31[Gy/h] × (24×365.25) [h/y] × 60[y] = 164kGy

項目	試験条件	判定
屈曲浸水耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：400mm 絶縁厚さ：0.8mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

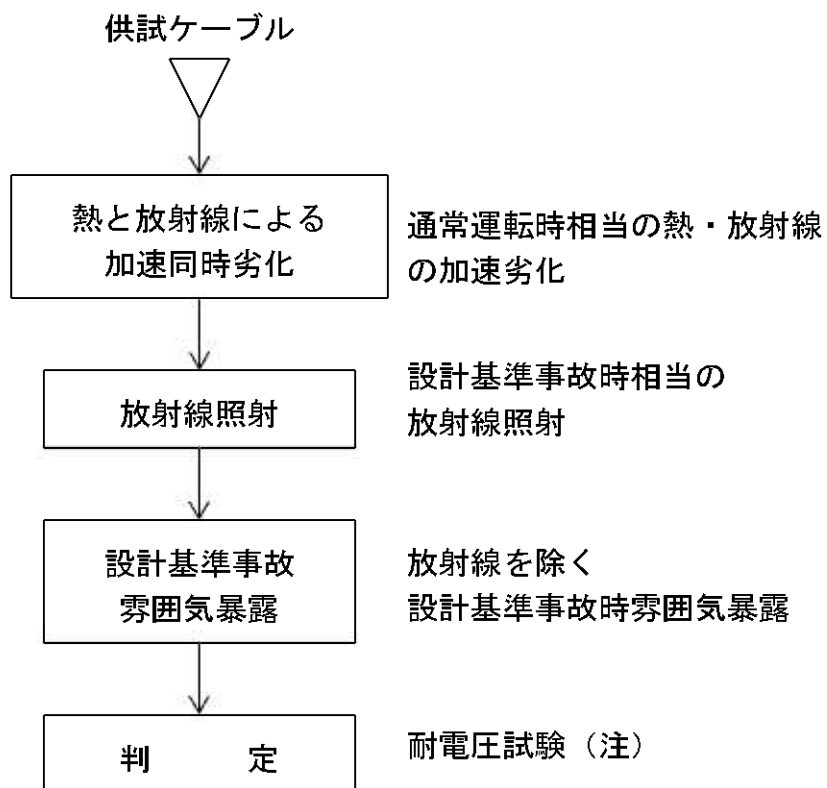
4.3.2 原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイドによる評価

①評価方法

難燃PHケーブル、KKケーブルの「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド（ACAガイド）」に基づく試験手順及び健全性判定方法を以下に示す。

評価にあたっては、「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（JNES-SSレポート）」の試験結果を用いた。

JNES-SSレポートの熱・放射線による最大事前劣化条件、設計基準事故試験条件及び耐電圧試験結果を以下に示す。



(注) 耐電圧試験

耐電圧試験は、日本工業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」（JIS C 3005:2000）の試験

最大事前劣化条件、設計基準事故試験条件

		試験条件
通常 運 相 当	温 度 放 射 線	100℃-99.9Gy/h-5,549h*1
		100℃-94.8Gy/h-4,003h*2
設 計 基 準 相 当	放 射 線（集積線量）	1,500kGy (10kGy/h以下)
	温 度	最高温度：190℃
	圧 力	最高圧力：0.41MPa [gauge]

*1：KKケーブルの試験条件

*2：難燃PHケーブルの試験条件

耐電圧試験結果

項 目	試 験 条 件	判 定
耐 電 圧 試 験	課電電圧：1500V/1分間	良

②評価結果

A C A ガイドに基づく評価の結果、川内2号炉のKKケーブル及びループ室外に布設されている難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断するが、ループ室内に布設されている難燃PHケーブルについては60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件		使用ケーブル	評価期間 [年]*1	備 考
	温度[°C]	放射線量率[Gy/h]			
ループ室	40	0.310	KKケーブル	126*2	
	50	0.234	難燃PHケーブル	43*3	第6回定期検査時（1992年度）ケーブル更新
加圧器室上部	45.3	0.001以下	難燃PHケーブル	137*3	
通路部	34.8	0.001以下	KKケーブル	953*2	
	40.2	—	難燃PHケーブル	79*3,4	
主蒸気管室	50*5	—	難燃PHケーブル	98*3	

*1：稼働率100%での評価期間

*2：等価損傷線量データの重ね合わせ手法により評価

*3：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

*4：ケーブル布設エリアの温度に通電時の温度上昇を加えた温度（53°C）として評価

*5：主蒸気管室の設計温度

③現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、電力用ケーブルについては、定期的に絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

制御・計装用ケーブルについては、定期的に計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示値等に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。

④総合評価

電気学会推奨案に基づく健全性評価結果から判断して、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

また、保守的にACAガイドに基づく健全性評価結果から判断して、ループ室内に布設している難燃PHケーブルについては、絶縁低下の可能性は否定できないが、評価期間に至る前に取替等の措置を講じることで、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

なお、絶縁低下は、絶縁抵抗測定、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切である。

⑤高経年化への対応

絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から、追加すべきものはないと判断する。

なお、ループ室内に布設している難燃PHケーブルについては、ACAガイドに従った長期健全性評価結果から評価期間に至る前に取替等の措置を実施する。

5. 電気・計装設備の絶縁低下の評価結果

電気・計装設備に対して健全性評価を実施し、現状保全を継続していくことでその健全性を維持できることを確認した。全評価対象機器の評価結果を「表3 電気・計装設備の絶縁低下評価結果」に示す。

なお、冷温停止状態における評価について、運転を断続的に行うことを前提とした場合と比較して厳しくなることが想定される機器として、余熱除去ポンプ用電動機が抽出されたが、現状保全を継続することで健全性は維持できることを確認した。

表3 電気・計装設備の絶縁低下評価結果 (1/7)

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
高圧ポンプ用 電動機	<ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ用電動機 充てん/高圧注入ポンプ用電動機 電動補助給水ポンプ用電動機 	<ul style="list-style-type: none"> 固定子コイル 口出線・接続部品 	ヒートサイクル試験による絶縁寿命と経年機によるコイル破壊電圧の測定値を評価した絶縁寿命から、絶縁耐力を保有する期間は18.5年と判断	絶縁抵抗測定・絶縁診断を実施 また、現状保全の結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁抵抗測定・絶縁診断で検知可能であり点検手法として適切 よって、現状保全を継続することで健全性を維持	引き続き定期的に絶縁抵抗測定・絶縁診断を実施 運転年数及び点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施
低圧ポンプ用 電動機	<ul style="list-style-type: none"> ほう酸ポンプ用電動機 	<ul style="list-style-type: none"> 固定子コイル 他 	ヒートサイクル試験による絶縁寿命と経年機によるコイル破壊電圧の測定値を評価した絶縁寿命から、絶縁耐力を保有する期間は16年と判断	絶縁抵抗測定を実施 また、絶縁抵抗測定結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁抵抗測定で検知可能であり点検手法として適切 よって、現状保全を継続することで健全性を維持	引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施 点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施
電気ペネトレーション	<ul style="list-style-type: none"> ピッグテイル型電線貫通部 	<ul style="list-style-type: none"> ポッティング材 外部リード 	長期健全性試験結果に基づき評価した結果、60年間の通常運転とその後の設計基準事故又は重大事故時においても、絶縁機能を維持できると判断	絶縁抵抗測定又は機器の動作確認を実施	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない 絶縁低下は、絶縁抵抗測定又は機器の動作確認で検知可能であり、点検手法として適切	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはない

表3 電気・計装設備の絶縁低下評価結果 (2/7)

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
弁電動装置	<ul style="list-style-type: none"> ・RHRS入口 隔離弁電動装置 ・T/DAFW P蒸気元弁 電動装置 	<ul style="list-style-type: none"> ・固定子コイル 他 	<p>長期健全性試験結果に基づき評価した結果、60年間の通常運転とその後の設計基準事故後においても、絶縁機能を維持できると判断</p>	絶縁抵抗測定を実施	<p>絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない 絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切</p>	<p>現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはない</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・タービン動補助給水ポンプ復水タンク元弁電動装置 		<p>絶縁低下の可能性は否定できない</p>	絶縁抵抗測定を実施	<p>絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり点検手法として適切 よって、現状保全を継続することで健全性を維持</p>	<p>引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施</p>
高圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> ・難燃高圧 CSHV ケーブル 	<ul style="list-style-type: none"> ・絶縁体 	<p>長期健全性試験結果に基づき評価した結果、60年間の通常運転とその後の重大事故時においても、絶縁機能を維持できると判断</p>	絶縁抵抗測定・絶縁診断を実施	<p>絶縁低下による機器の健全性に影響を与える可能性はない 絶縁低下は、絶縁抵抗測定・絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切</p>	<p>現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはない</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ・絶縁体 (水トリー劣化) 	<p>屋外に布設している当該ケーブルは、長時間浸水する可能性はないが、溜まり水による多湿度環境を考慮すると、水トリー劣化による絶縁低下の可能性は否定できない</p>	<p>絶縁抵抗測定・絶縁診断を実施 点検結果に基づき、必要により取替等を実施 また、トレンチ内の目視確認を実施</p>	<p>絶縁低下（水トリー劣化）の可能性は否定できない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定・絶縁診断で、浸水状態は目視確認で検知可能であり、点検手法として適切 よって、現状保全を継続することで健全性を維持</p>	<p>引き続き定期的に絶縁抵抗測定・絶縁診断を実施 点検結果に基づき必要により取替等を実施 また、トレンチ内については、引き続き目視確認を実施</p>

表3 電気・計装設備の絶縁低下評価結果 (3/7)

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
低圧ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> ・ KKケーブル ・ 難燃PHケーブル ・ 難燃SHVVケーブル ・ FPETケーブル 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 絶縁体 	<p>KKケーブル、難燃PHケーブルは、電気学会推奨案に基づく健全性評価結果から、60年間の通常運転とその後設計基準事故又は重大事故時においても、絶縁機能を維持できると判断</p> <p>難燃SHVVケーブルは、電気学会推奨案に基づく健全性評価結果から、60年間の通常運転とその後重大事故時においても、絶縁機能を維持できると判断</p> <p>FPETは、電気学会推奨案に基づく健全性評価結果から、60年時点においても、絶縁機能を維持できると判断</p> <p>また、KKケーブル、難燃PHケーブルについては、ACAガイドに従った評価を実施し、KKケーブル及びループ室外に布設されている難燃PHケーブルは、60年間の通常運転とその後設計基準事故においても絶縁機能を維持できると判断するが、ループ室内に布設されている難燃PHケーブルについては60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。</p>	<p>電力用ケーブルについては、絶縁抵抗測定を実施 制御・計装用ケーブルについては、系統機器の動作又は計器の指示値等の確認を実施</p>	<p>電気学会推奨案に基づく健全性評価結果から判断して絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない</p> <p>ACAガイドに基づく健全性評価結果から判断して、ループ室内に布設している難燃PHケーブルについては、絶縁低下の可能性は否定できないが、評価期間に至る前に取替等の措置を講じることで、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。</p> <p>絶縁低下は、絶縁抵抗測定、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切</p>	<p>現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはない</p> <p>ループ室内に布設している難燃PHケーブルについては、ACAガイドに従った長期健全性評価結果から評価期間に至る前に取替等の措置を実施。</p>
同軸ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 難燃三重同軸ケーブル2 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 絶縁体 ・ 内部シース 	<p>電気学会推奨案に基づく健全性評価結果から、60年間の通常運転とその後設計基準事故又は重大事故時においても、絶縁機能を維持できると判断</p> <p>ACAガイドに従った評価を実施し、難燃三重同軸ケーブル2は、60年間の通常運転とその後設計基準事故においても絶縁機能を維持できると判断</p>	<p>絶縁抵抗測定を実施</p>	<p>電気学会推奨案及びACAガイドに基づく健全性評価結果から判断して絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない 絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切</p>	<p>現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはない</p>

表3 電気・計装設備の絶縁低下評価結果 (4/7)

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
ケーブル 接続部	<ul style="list-style-type: none"> ・気密端子箱接続 ・直ジョイント ・高圧コネクタ接続 ・電動弁コネクタ接続 ・三重同軸コネクタ接続 	<ul style="list-style-type: none"> ・絶縁体他 	<p>電動弁コネクタ接続については、長期健全性試験結果に基づき評価した結果、60年時点においても、絶縁機能を維持できると判断</p> <p>気密端子箱接続、直ジョイント、三重同軸コネクタ接続は60年間の通常運転とその後の設計基準事故又は重大事故時においても、絶縁機能を維持できると判断</p> <p>高圧コネクタ接続は長期の使用を考慮すると絶縁低下の可能性は否定できない</p>	<p>電力用ケーブル接続部については、絶縁抵抗測定を実施</p> <p>制御・計装用ケーブル接続部については、系統機器の動作又は計器の指示等の確認を実施</p>	<p>高圧コネクタ接続を除く接続部については、絶縁機能を維持できると判断</p> <p>絶縁低下は、絶縁抵抗測定、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切</p> <p>高圧コネクタ接続は、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切</p>	<p>現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはない</p> <p>高圧コネクタ接続は、引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施</p>
メタルクラッド開閉装置	<ul style="list-style-type: none"> ・メタクラ(安全系) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ばね蓄勢用モータ(低圧モータ) 	<p>設置環境、作動時間から使用温度に比べて余裕のある絶縁種を使用していることから、絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない</p>	<p>絶縁抵抗測定を実施</p>	<p>絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切</p> <p>よって、現状保全を継続することで、健全性を維持</p>	<p>引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施</p>
パワーセンタ	<ul style="list-style-type: none"> ・パワーセンタ(安全系) 					
制御棒駆動装置用電源設備	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉トリップ遮断器盤 					
空調設備 電動機	<ul style="list-style-type: none"> ・空調用冷凍機用電動機 	<ul style="list-style-type: none"> ・固定子コイル他 	<p>高圧ポンプ用電動機と同様</p>	<p>同左</p>	<p>同左</p>	<p>同左</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・ディーゼル発電機室給気ファン用電動機 ・安全補機室排気ファン用電動機 	<ul style="list-style-type: none"> ・固定子コイル他 	<p>低圧ポンプ用電動機と同様</p>	<p>同左</p>	<p>同左</p>	<p>同左</p>

表3 電気・計装設備の絶縁低下評価結果 (5/7)

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
空気圧縮装置	・制御用空気圧縮装置の電動機	・固定子コイル他	低圧ポンプ用電動機と同様	同左	同左	同左
非常用ディーゼル発電設備	・ディーゼル発電機 ・非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備の電動機	・固定子コイル他	高圧ポンプ用電動機と同様	同左	同左	同左
		・回転子コイル他	低圧ポンプ用電動機と同様	同左	同左	同左
大容量空冷式発電機	・大容量空冷式発電機	・固定子巻線他	高圧ポンプ用電動機と同様	同左	同左	同左
		・回転子巻線他	低圧ポンプ用電動機と同様	同左	同左	同左
メタルクラッド開閉装置	・メタクラ(安全系)	・計器用変流器 ・計器用変圧器	60年相当の課電劣化試験及び熱サイクル試験による健全性調査結果から、絶縁性能は維持できると判断	絶縁抵抗測定を実施	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない 絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはない
制御設備	・ディーゼル発電機盤					
パワーセンタ	・パワーセンタ(安全系)	・計器用変圧器	メタクラ(安全系)の計器用変圧器の健全性評価結果から判断して、短期間での急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない	絶縁抵抗測定を実施	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切 よって、現状保全を継続すること健全性を維持	引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施

表3 電気・計装設備の絶縁低下評価結果 (6/7)

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
燃料取扱設備	・燃料取替 クレーン	・変圧器	21年間使用した変圧器を用いた熱加速試験結果から、絶縁性能は維持できると判断	絶縁抵抗測定を実施	絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない 絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切	現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはない
燃料移送装置	・燃料移送装置					
計器用 電源設備	・計装用インバータ	・変圧器	環境変化の程度は小さく、塵埃が付着しにくい環境あり、また、通電時の最高使用温度に比べ十分余裕のある絶縁物を使用しているため急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない	絶縁抵抗測定を実施 点検結果に基づき必要により取替えを実施	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切 よって、現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施
動力変圧器	・動力変圧器 (安全系)	・コイル	熱劣化試験で健全性が確認された変圧器の銅線と比較した結果、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定はできない	絶縁抵抗測定を実施	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切 よって、現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施
メタルクラッド開閉装置	・メタクラ (安全系)	・保護リレー	同種の保護リレーの試験結果より健全性を評価した結果、コイル部絶縁の絶縁破壊電圧が判定基準に達するまでの期間は約40年となり、急激な絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下の可能性は否定できない	絶縁抵抗測定を実施 点検結果に基づき、必要により取替えを実施	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切 よって、現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き定期的に絶縁抵抗測定を実施 点検結果に基づき必要により取替えを実施
パワーセンタ	・パワーセンタ (安全系)					
制御設備	・ディーゼル 発電機盤					
直流電源設備	・直流コントロー ルセンタ					

表3 電気・計装設備の絶縁低下評価結果 (7/7)

評価対象設備	グループ内 代表機器	部位	グループ内 代表機器の健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
制御設備	・ディーゼル発電機盤	・励磁装置	過去に実施した精密点検の結果から、設備の納入後30年前後より絶縁抵抗の低下が生じる可能性が考えられる	絶縁抵抗測定・精密点検を実施	絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁抵抗は、絶縁抵抗測定及び精密点検で検知可能であり、点検手法として適切 よって、現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き定期的に絶縁抵抗測定及び適切な頻度で精密点検を実施
メタルクラッド開閉装置	・メタクラ (安全系)	※ ・保護リレー (静止形) ・指示計 ・記録計 ・信号変換処理部 ・電源装置 ・自動/手動操作器 ・手動操作器 ・電流/空気圧変換器 ・前置増幅器 ・地震検出器 ・半導体基板 ・電圧調整装置 ・回転数検出装置 ・荷重監視装置 ・荷重変換部 ・速度制御装置	設置環境等から急激な特性変化を起こす可能性は小さいと考えるが、特性変化が生じる可能性は否定できない また、マイグレーションによる短絡及び断線の可能性は小さいと考えるが、マイグレーションが発生する可能性は否定できない	校正試験又は巡視点検等での目視確認等を実施	特性変化は、校正試験又は目視確認で検知可能であり、点検手法として適切 よって、現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き定期的に校正試験又は目視確認を実施
パワーセンタ	・パワーセンタ (安全系)					
プロセス計測制御設備	・1次冷却材圧力 ・余熱除去ループ流量 ・加圧器水位 ・1次冷却材高温側温度 (広域) ・水平方向加速度 ・出力領域中性子束 ・CV高レベルエリアモニタ					
制御設備	・原子炉安全保護盤 ・ディーゼル発電機盤					
燃料取扱設備	・燃料取替クレーン					
直流電源設備	・直流コントロールセンタ					
メタルクラッド開閉装置	・メタクラ (安全系)					
パワーセンタ	・パワーセンタ (安全系)	※ ・保護リレー (機械式)	耐久試験より、急激な特性変化が生じる可能性は小さいと考えられるが、特性変化が生じる可能性は否定できない	校正試験を実施	特性変化の可能性は否定できないが、特性変化は、校正試験で検知可能であり、点検手法として適切 よって、現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き定期的に校正試験を実施 点検結果に基づき必要により取替えを実施
制御設備	・ディーゼル発電機盤					
直流電源設備	・直流コントロールセンタ					

※：特性変化