

島根原子力発電所 2 号炉 審査資料	
資料番号	PLM-07 改 09
提出年月日	2023 年 3 月 30 日

島根原子力発電所 2 号炉 高経年化技術評価
(電気・計装設備の絶縁特性低下)

補足説明資料

2023 年 3 月 30 日

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象と評価手法	3
(1) 評価対象	3
(2) 評価手法	3
4. 代表機器の技術評価	6
4.1 低圧ケーブル（難燃PNケーブル）の評価	6
(1) 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）	6
(2) ACAガイドによる健全性評価（設計基準事故時）	8
(3) 現状保全	10
(4) 総合評価	10
(5) 高経年化への対応	10
4.2 電気ペネトレーションの評価	11
(1) モジュール型核計装用電気ペネトレーションの健全性評価	11
(2) 現状保全	14
(3) 総合評価	14
(4) 高経年化への対応	14
5. 代表機器以外の技術評価	15
6. まとめ	31
(1) 審査ガイド適合性	31
(2) 施設管理に関する方針として策定する事項	33
7. 添付資料	34

別紙1. 高圧ポンプモータの評価について

別紙2. 高圧ケーブルの評価について

別紙3. 低圧ケーブルの評価について

別紙4. 同軸ケーブルの評価について

別紙5. ケーブル接続部の評価について

別紙6. 電動弁用駆動部の評価について

別紙7. 計測制御設備の評価について

別紙8. 電気・計装設備の評価（共通項目）について

別紙9. 電気ペネトレーションの評価について

別紙 5. ケーブル接続部の評価について

1. ケーブル接続部の技術評価

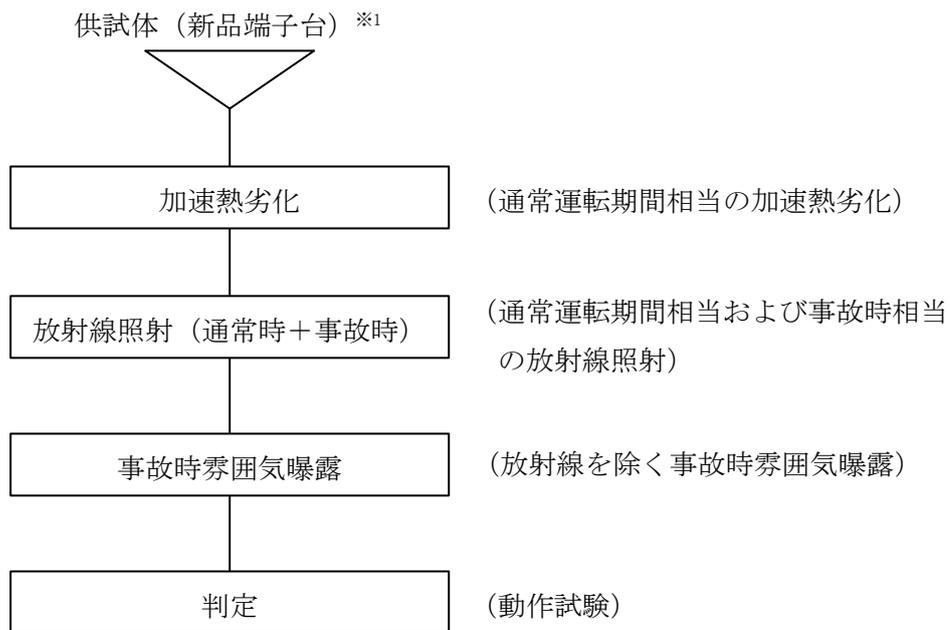
(1) ケーブル接続部（端子台）の評価

1) 端子台接続の健全性の評価

a. 評価手順

事故時雰囲気内で機能要求のある端子台接続（原子炉格納容器内）の健全性の評価は、IEEE Std. 323（1974）および382（1972）に基づく長期健全性試験により評価する。

端子台接続（原子炉格納容器内）の長期健全性試験手順を図1に示す。



※1：供試体は、島根原子力発電所2号炉で使用している端子台接続（原子炉格納容器内）と同等のもの

図1 端子台接続の長期健全性試験手順（設計基準事故，**重大事故等**）

b. 試験条件

試験条件は、25年間の通常運転期間および事故時~~雰囲気~~を想定した条件を包絡している。
端子台接続（原子炉格納容器内）の長期健全性試験条件を表1に示す。

表1 端子台接続（原子炉格納容器内）の長期健全性試験条件（設計基準事故，~~重大事故等~~）

	試験条件	説明
加速熱劣化	123℃×120 時間	原子炉格納容器内の周囲温度(63℃)に対して、25年間の運転期間を包絡する。 【別紙5. 添付-1) 参照】
放射線照射	放射線照射線量：2.0×10 ⁶ Gy	島根2号炉で想定される照射線量3.6×10 ⁵ Gy(60年間の通常運転期間8.4×10 ⁴ Gyに事故時線量2.7×10 ⁵ Gyを加えた線量)を包絡する。
事故時 雰囲気 曝露	最高温度：174℃ 最高圧力：0.78 MPa 曝露時間：約30日間	島根2号炉の事故時の最高温度(171℃)，最高圧力(0.427MPa)を包絡する。 【別紙5. 添付-2) 参照】

c. 評価結果

長期健全性試験の結果、25年間の通常運転期間および事故時~~雰囲気~~において、端子台接続（原子炉格納容器内）の絶縁性能を維持できることを確認した。

また、事故時環境において動作要求のある、端子台接続（原子炉格納容器内）については運転開始後29年（第17回定期~~事業者~~検査）に取替えを行っている。

端子台接続（原子炉格納容器内）の長期健全性試験結果を表2に示す。

表2 端子台接続（原子炉格納容器内）の長期健全性試験結果（設計基準事故，~~重大事故時~~）

項目	試験手順	判定基準	結果
動作試験	事故時 雰囲気 曝露試験終了後、電動弁の開閉動作を確認する。	正常に動作すること	良

2) 現状保全

端子台接続（原子炉格納容器内）の絶縁特性低下については、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

なお、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、端子台接続（原子炉格納容器内）の取替えを行うこととしている。

3) 総合評価

端子台接続（原子炉格納容器内）の絶縁体については、運転開始から54年間を経過する前に取替えを行うことで、運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

4) 高経年化への対応

端子台接続（原子炉格納容器内）の絶縁体の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

(2) ケーブル接続部（直ジョイント接続）の評価

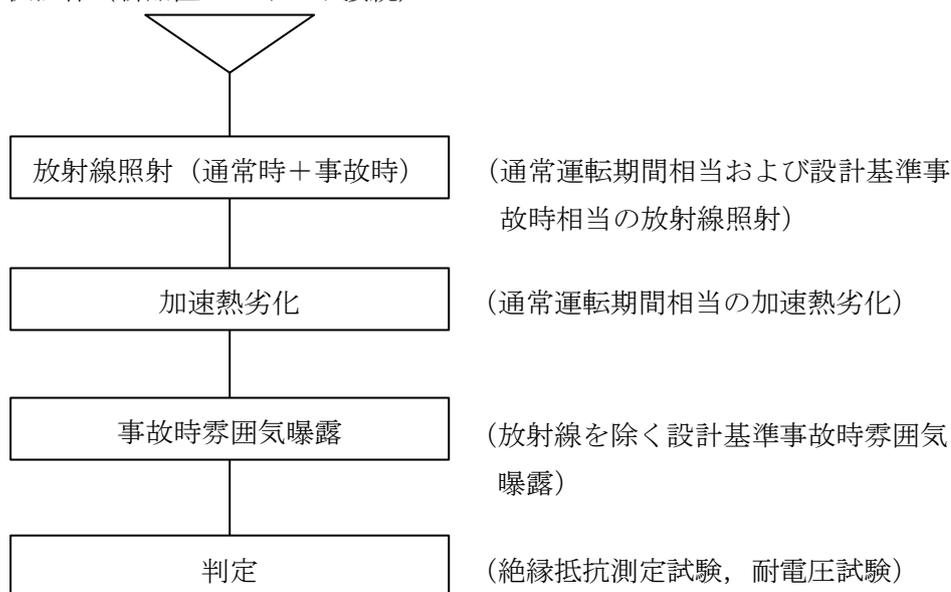
1) 直ジョイント接続の健全性の評価

a. 評価手順

事故時雰囲気内で機能要求のある直ジョイント接続の健全性の評価は、IEEE Std. 323 (1974) および383 (1974) に基づく長期健全性試験により評価する。

直ジョイント接続の長期健全性試験手順を図2、3に示す。

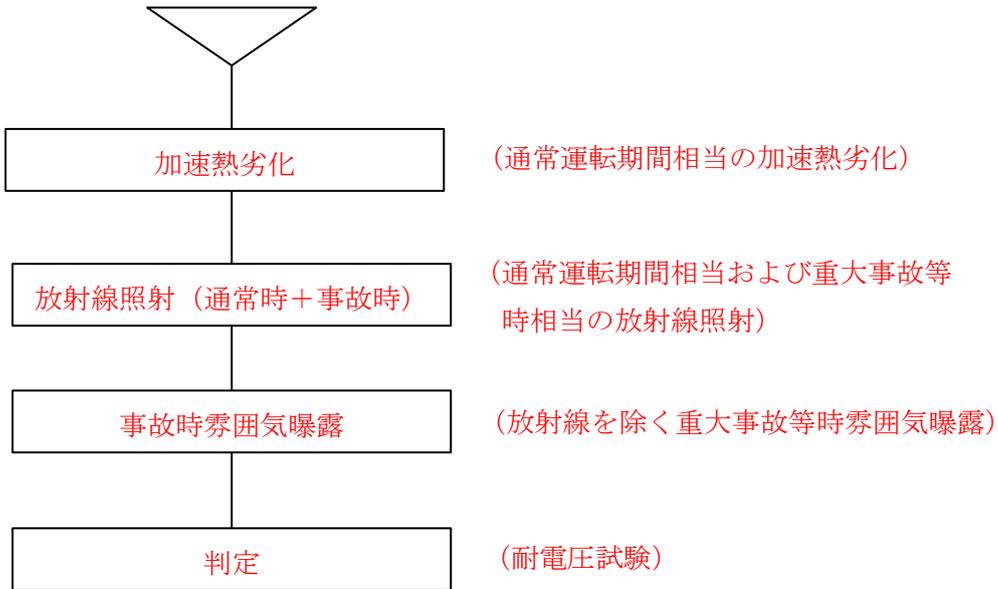
供試体（新品直ジョイント接続）※1



※1：供試体は、島根原子力発電所2号炉で使用している直ジョイント接続と同等のもの

図2 直ジョイント接続の長期健全性試験手順（設計基準事故）

供試体（新品直ジョイント接続）※1



※1：供試体は、島根原子力発電所2号炉で使用している直ジョイント接続と同等のもの

図3 直ジョイント接続の長期健全性試験手順（重大事故等）

b. 試験条件

試験条件は60年間の通常運転期間および事故時雰囲気を想定した条件を包絡している。直ジョイント接続の長期健全性試験条件を表3、4に示す。

表3 直ジョイント接続の長期健全性試験条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
加速熱劣化	115℃×10,075 時間	原子炉格納容器内の周囲温度(63℃)に対して、60年間の運転期間を包絡する。 【別紙5. 添付-1) 参照】
放射線照射	放射線照射線量：5.2×10 ⁵ Gy	島根2号炉で想定される照射線量3.6×10 ⁵ Gy(60年間の通常運転期間8.4×10 ⁴ Gyに設計基準事故時線量2.7×10 ⁵ Gyを加えた線量)を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：約13日間	島根2号炉の設計基準事故時の最高温度(171℃)、最高圧力(0.427 MPa)を包絡する。 【別紙5. 添付-2) 参照】

表4 直ジョイント接続の長期健全性試験条件（重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	115℃×2,400 時間	原子炉格納容器内の周囲温度(63℃)に対して、60年間の運転期間を包絡する。 【別紙5. 添付-1) 参照】
放射線照射	放射線照射線量：4.6×10 ⁵ Gy	島根2号炉で想定される照射線量4.5×10 ⁵ Gy（60年間の通常運転期間8.4×10 ⁴ Gyに重大事故等時線量3.6×10 ⁵ Gyを加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：180℃ 最高圧力：1.0 MPa 曝露時間：約7日間	島根2号炉の重大事故等時の最高温度(178℃)，最高圧力(0.853 MPa)を包絡する。 【別紙5. 添付-2) 参照】

c. 評価結果

長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間および事故時雰囲気において、直ジョイント接続の絶縁性能を維持できることを確認した。

直ジョイント接続の長期健全性試験結果を表5，6に示す。

表5 直ジョイント接続の長期健全性試験結果（設計基準事故）

項目	試験手順	判定基準	結果
事故時雰囲気曝露後試験	絶縁抵抗測定試験	1.0×10 ⁴ Ω以上	良
	耐電圧試験 (交流電圧720Vを4秒間印加)	絶縁破壊しないこと。	良

表6 直ジョイント接続の長期健全性試験結果（重大事故等）

項目	試験手順	判定基準	結果
事故時雰囲気曝露後試験	耐電圧試験 (交流電圧720Vを4秒間印加)	絶縁破壊しないこと。	良

2) 現状保全

直ジョイント接続の絶縁特性低下については、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

なお、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、直ジョイント接続の取替えを行うこととしている。

3) 総合評価

直ジョイント接続の絶縁体については、運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

4) 高経年化への対応

直ジョイント接続の絶縁体の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

(3) ケーブル接続部（電動弁コネクタ接続）の評価

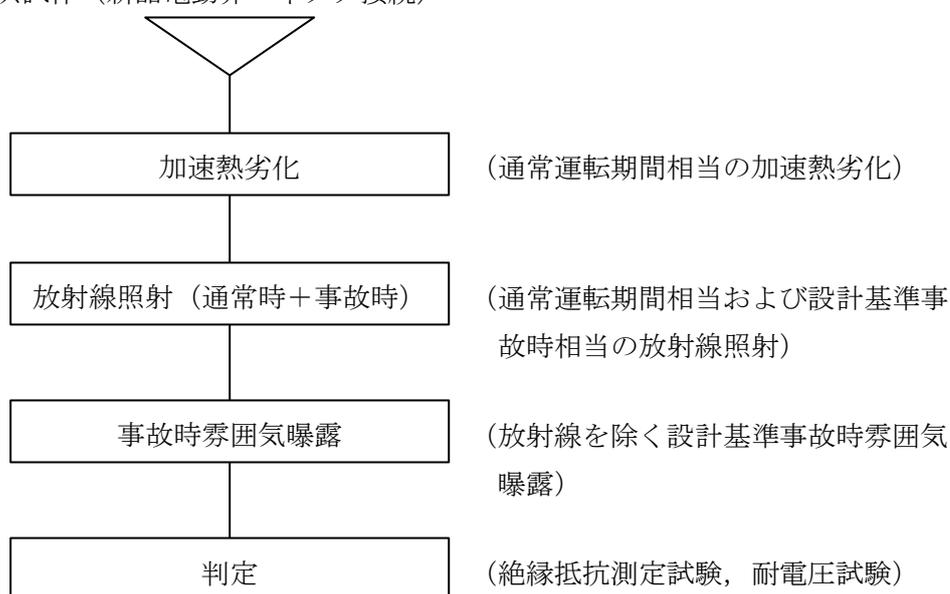
1) 電動弁コネクタ接続の健全性の評価

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求のある電動弁コネクタ接続の健全性の評価は、IEEE Std. 382 (1980) に基づく長期健全性試験により評価する。

電動弁コネクタ接続の長期健全性試験手順を図 4 に示す。

供試体（新品電動弁コネクタ接続）※1



※1：供試体は、島根原子力発電所 2 号炉で使用している電動弁コネクタ接続と同等のもの

図 4 電動弁コネクタ接続の長期健全性試験手順（設計基準事故）

b. 試験条件

試験条件は60年間の通常運転期間および設計基準事故時を想定した条件を包絡している。

電動弁コネクタ接続の長期健全性試験条件を表 7 に示す。

表 7 電動弁コネクタ接続の長期健全性試験条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
加速熱劣化	138℃×300 時間	原子炉格納容器外（原子炉建物）の周囲温度(40℃)に対して、60 年間の運転期間を包絡する。 【別紙 5. 添付-1) 参照】
放射線照射	放射線照射線量：1.0×10 ⁶ Gy	島根 2 号炉で想定される照射線量 2.0×10 ³ Gy（60 年間の通常運転期間 1.5×10 ² Gy に設計基準事故時線量 1.8×10 ³ Gy を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.10 MPa 曝露時間：約 31 日間	島根 2 号炉の設計基準事故時の最高温度(100℃)，最高圧力(3.4kPa)を包絡する。 【別紙 5. 添付-2) 参照】

c. 評価結果

長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間および設計基準事故時において、電動弁コネクタ接続の絶縁性能を維持できることを確認した。

電動弁コネクタ接続の長期健全性試験結果を表 8 に示す。

表 8 電動弁コネクタ接続の長期健全性試験結果（設計基準事故）

項目	試験手順	判定基準	結果
絶縁抵抗測定試験	環境試験終了後、常温にて DC500V メガテスタによる絶縁抵抗測定を行う。	制御用：0.25×10 ⁶ Ω以上 動力用：0.6×10 ⁶ Ω以上	良

2) 現状保全

電動弁コネクタ接続の絶縁特性低下については、系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また、系統機器の点検時に実施する機器の動作試験においても絶縁機能の健全性を確認している。

なお、点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には、電動弁コネクタ接続の取替えを行うこととしている。

3) 総合評価

電動弁コネクタ接続の絶縁体については、運転開始から60年間の通常運転および設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

4) 高経年化への対応

電動弁コネクタ接続の絶縁体の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

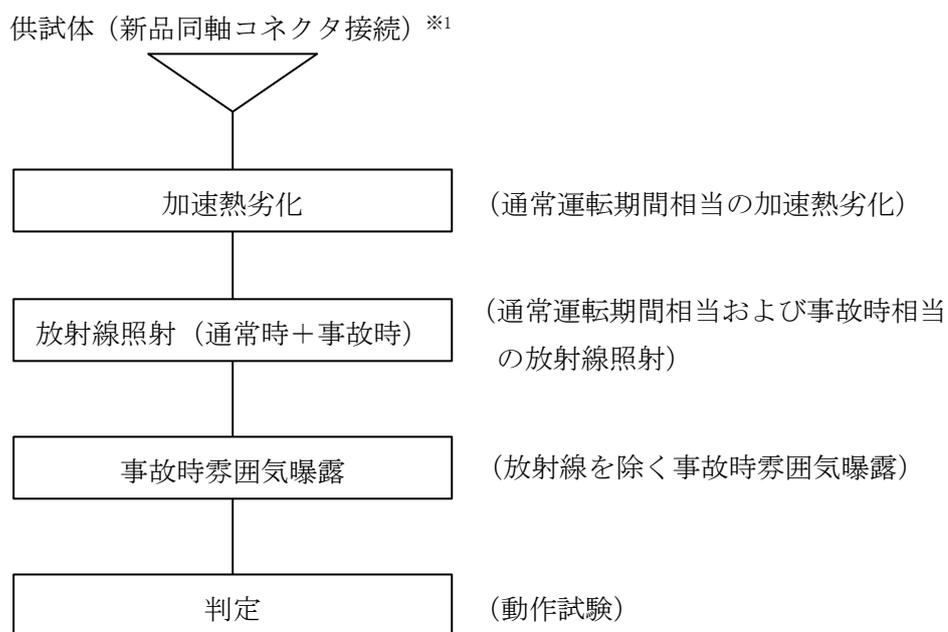
(4) ケーブル接続部（同軸コネクタ接続）の評価

1) 同軸コネクタ接続の健全性の評価

a. 評価手順

事故時雰囲気内で機能要求のある同軸コネクタ接続の健全性の評価は、IEEE Std. 323 (1974) および383 (1974) に基づく長期健全性試験により評価する。

同軸コネクタ接続の長期健全性試験手順を図5に示す。



※1：供試体は、島根原子力発電所2号炉で使用している同軸コネクタ接続と同等のもの

図5 同軸コネクタ接続の長期健全性試験手順（設計基準事故，重大事故等）

b. 試験条件

試験条件は、60年間の通常運転期間および事故時雰囲気を想定した条件を包絡している。同軸コネクタ接続の長期健全性試験条件を表9に示す。

表 9 同軸コネクタ接続の長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	143℃×168 時間	原子炉格納容器内のペステル内の周囲温度最高値(55℃)に対して，60 年間の運転期間を包絡する。 【別紙 5. 添付-1) 参照】
放射線照射	放射線照射線量：2.7×10 ⁵ Gy	島根 2 号炉で想定される照射線量 1.9×10 ⁴ Gy (60 年間の通常運転期間 1.6×10 ² Gy に事故時照射線量 1.8×10 ⁴ Gy を加えた線量) を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：182℃ 最高圧力：0.41 MPa 曝露時間：約 15 日間	島根 2 号炉の事故時の最高温度(171℃)を包絡する。また，最高圧力(0.427 MPa)は包絡できていないが，接続部であり圧力の影響は軽微である。 【別紙 5. 添付-2), 4) 参照】

c. 評価結果

長期健全性試験の結果，60年間の通常運転期間および事故時雰囲気において，同軸コネクタ接続の絶縁を維持できることを確認した。

同軸コネクタ接続の長期健全性試験結果を表 10 に示す。

表 10 同軸コネクタ接続の長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験手順	測定値	結果
機能試験	絶縁抵抗測定試験	1×10 ¹⁰ Ω 以上	良

2) 現状保全

同軸コネクタ接続の絶縁特性低下については，系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。

また，出力信号測定においても絶縁機能の健全性を確認している。

なお，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，同軸コネクタ接続の取替えを行うこととしている。

3) 総合評価

同軸コネクタ接続の絶縁体については，運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

4) 高経年化への対応

同軸コネクタの絶縁体の絶縁特性低下に対しては，現状の保全内容に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

2. 添付資料

- 1) ケーブル接続部の長期健全性試験における評価期間について
- 2) ケーブル接続部の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 3) 事故時雰囲気機能要求のあるケーブル接続部の環境条件について

③電動弁コネクタ接続

t1 : 実環境年数 : 60 年以上 (2, 858, 655 時間)

t2 : 加速時間 : 300 時間

T1 : 実環境温度 : 313 K (=40°C)

T2 : 加速温度 : 411 K (=138°C)

R : 気体定数 : 1.98721×10^{-3} kcal/mol · K

E : 活性化エネルギー : kcal/mol

(ジアリルフタレート樹脂/EPRI 文献値)

④同軸コネクタ接続

t1 : 実環境年数 : 60 年以上 (579, 536 時間)

t2 : 加速時間 : 168 時間

T1 : 実環境温度 : 328 K (=55°C)

T2 : 加速温度 : 416 K (=143°C)

R : 気体定数 : 1.98721×10^{-3} kcal/mol · K

E : 活性化エネルギー : kcal/mol^{※1}

(ポリエーテルエーテルケトン/EPRI 文献値)

※1 : 活性化エネルギー値は絶縁材だけでなく Oリングの材料も考慮して設定した。

以 上

タイトル	ケーブル接続部の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について																											
説 明	<p>ケーブル接続部の長期健全性試験における事故時雰囲気曝露試験条件と事故時条件を比較した結果を示す。</p> <p>事故時雰囲気曝露試験の試験条件は事故時条件を包絡している。</p> <p>a. 端子台接続（原子炉格納容器内）</p>																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="416 640 624 685"></th> <th data-bbox="624 640 874 685">条件</th> <th data-bbox="874 640 1139 685">66℃換算時間</th> <th data-bbox="1139 640 1406 685">合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="416 685 624 887" rowspan="4">事故時雰囲気 曝露試験</td> <td data-bbox="624 685 874 730"></td> <td data-bbox="874 685 1139 730">988, 891 時間</td> <td data-bbox="1139 685 1406 887" rowspan="4">1, 489, 382 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="624 730 874 775"></td> <td data-bbox="874 730 1139 775">209, 467 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="624 775 874 819"></td> <td data-bbox="874 775 1139 819">222, 194 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="624 819 874 887"></td> <td data-bbox="874 819 1139 887">68, 830 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="416 887 624 1088" rowspan="4">設計基準事故 ※1</td> <td data-bbox="624 887 874 931"></td> <td data-bbox="874 887 1139 931">370, 837 時間</td> <td data-bbox="1139 887 1406 1088" rowspan="4">637, 296 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="624 931 874 976"></td> <td data-bbox="874 931 1139 976">141, 755 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="624 976 874 1021"></td> <td data-bbox="874 976 1139 1021">20, 321 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="624 1021 874 1088"></td> <td data-bbox="874 1021 1139 1088">104, 383 時間</td> </tr> <tr> <td data-bbox="416 1088 624 1178">重大事故等※2 ※3</td> <td data-bbox="624 1088 874 1178"></td> <td data-bbox="874 1088 1139 1178">226, 501 時間</td> <td data-bbox="1139 1088 1406 1178">226, 501 時間</td> </tr> </tbody> </table>		条件	66℃換算時間	合計	事故時雰囲気 曝露試験		988, 891 時間	1, 489, 382 時間		209, 467 時間		222, 194 時間		68, 830 時間	設計基準事故 ※1		370, 837 時間	637, 296 時間		141, 755 時間		20, 321 時間		104, 383 時間	重大事故等※2 ※3		226, 501 時間
	条件	66℃換算時間	合計																									
事故時雰囲気 曝露試験		988, 891 時間	1, 489, 382 時間																									
		209, 467 時間																										
		222, 194 時間																										
		68, 830 時間																										
設計基準事故 ※1		370, 837 時間	637, 296 時間																									
		141, 755 時間																										
		20, 321 時間																										
		104, 383 時間																										
重大事故等※2 ※3		226, 501 時間	226, 501 時間																									
<p>活性化エネルギー：<input type="text" value=""/> kcal/mol（ジアリルフタレート樹脂／推定値）</p> <p>※1：設計基準事故時における原子炉格納容器内の端子台接続（原子炉格納容器内）敷設箇所の環境条件設計値</p> <p>※2：重大事故等時における原子炉格納容器内の端子台接続（原子炉格納容器内）敷設箇所の環境条件設計値</p> <p>※3：重大事故等時における原子炉格納容器内の端子台接続（原子炉格納容器内）の動作要求がある時間</p>																												

b. 直ジョイント接続

(設計基準事故時)

	条件	66℃換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験		416,317 時間	593,299 時間
		176,982 時間	
設計基準事故 ※1		138,773 時間	283,564 時間
		57,501 時間	
		11,273 時間	
		76,017 時間	

活性化エネルギー： kcal/mol (架橋ポリオレフィン/メーカー提示値)

※1：設計基準事故時における原子炉格納容器内の直ジョイント接続敷設箇所
の環境条件設計値

(重大事故等時)

	条件	66℃換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験		3,316,860 時間	7,956,559 時間
		3,782,808 時間	
		460,001 時間	
		396,890 時間	
重大事故等※1		758,948 時間	5,124,734 時間
		1,411,551 時間	
		1,030,154 時間	
		1,924,081 時間	

活性化エネルギー： kcal/mol (架橋ポリオレフィン/メーカー提示値)

※1：重大事故等時における原子炉格納容器内の直ジョイント接続敷設箇所（電
気ペネトレーション部）の環境条件設計値

説 明

c. 電動弁コネクタ接続

	条件	66°C換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験		4,402 時間	16,204 時間
		519 時間	
		0 時間	
		1,558 時間	
		9,725 時間	
設計基準事故 ※1		153 時間	2,547 時間
		2,394 時間	

活性化エネルギー： kcal/mol (ジアリルフタレート樹脂/EPRI 文献値)

※1：設計基準事故時における原子炉建物内の電動弁コネクタ接続敷設箇所
の環境条件設計値

d. 同軸コネクタ接続

	条件	66°C換算時間	合計
事故時雰囲気 曝露試験		81,059 時間	142,809 時間
		16,912 時間	
		3,341 時間	
		41,497 時間	
設計基準事故 ※1		6,710 時間	6,710 時間
重大事故等※2 ※3		6,710 時間	6,710 時間

活性化エネルギー： kcal/mol (ポリエーテルエーテルケトン/EPRI 文
献値)

※1：設計基準事故時における原子炉格納容器内の同軸コネクタ接続敷設箇所
の環境条件設計値

※2：重大事故等時における原子炉格納容器内の同軸コネクタ接続敷設箇所
の環境条件設計値

※3：重大事故等時における原子炉格納容器内の同軸コネクタ接続の動作要求
がある時間

以 上

タイトル	事故時雰囲気で機能要求のあるケーブル接続部の環境条件について																																
説明	<p>事故時雰囲気で機能要求のあるケーブル接続部の敷設箇所の環境条件は下記の通り。</p> <p>a. 端子台接続（原子炉格納容器内）</p> <table border="1" data-bbox="454 591 1401 835"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時^{※1}</th> <th>設計基準事故時^{※2}</th> <th>重大事故等時^{※3}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>63℃</td> <td>171℃（最高）</td> <td>150℃（最高）</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>14 kPa</td> <td>0.427 MPa</td> <td>0.427MPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>1.6×10⁻¹ Gy/h （最大）</td> <td>2.7×10⁵ Gy （最大積算値）</td> <td>2.7×10⁵ Gy （最大積算値）</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：通常運転時における原子炉格納容器内の端子台接続（原子炉格納容器内）敷設箇所の環境条件設計値 ※2：設計基準事故時における原子炉格納容器内の端子台接続（原子炉格納容器内）敷設箇所の環境条件設計値 ※3：重大事故等時における原子炉格納容器内の端子台接続（原子炉格納容器内）敷設箇所の環境条件設計値</p> <p>b. 直ジョイント接続</p> <table border="1" data-bbox="454 1218 1401 1462"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時^{※1}</th> <th>設計基準事故時^{※2}</th> <th>重大事故等時^{※3}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>63℃</td> <td>171℃（最高）</td> <td>178℃（最高）</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>14 kPa</td> <td>0.427 MPa</td> <td>0.853MPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>1.6×10⁻¹ Gy/h （最大）</td> <td>2.7×10⁵ Gy （最大積算値）</td> <td>3.6×10⁵Gy （最大積算値）</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：通常運転時における原子炉格納容器内の直ジョイント接続敷設箇所の環境条件設計値 ※2：設計基準事故時における原子炉格納容器内の直ジョイント接続敷設箇所の環境条件設計値 ※3：重大事故等時における原子炉格納容器内の直ジョイント接続敷設箇所の環境条件設計値</p>		通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}	重大事故等時 ^{※3}	周囲温度	63℃	171℃（最高）	150℃（最高）	最高圧力	14 kPa	0.427 MPa	0.427MPa	放射線	1.6×10 ⁻¹ Gy/h （最大）	2.7×10 ⁵ Gy （最大積算値）	2.7×10 ⁵ Gy （最大積算値）		通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}	重大事故等時 ^{※3}	周囲温度	63℃	171℃（最高）	178℃（最高）	最高圧力	14 kPa	0.427 MPa	0.853MPa	放射線	1.6×10 ⁻¹ Gy/h （最大）	2.7×10 ⁵ Gy （最大積算値）	3.6×10 ⁵ Gy （最大積算値）
	通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}	重大事故等時 ^{※3}																														
周囲温度	63℃	171℃（最高）	150℃（最高）																														
最高圧力	14 kPa	0.427 MPa	0.427MPa																														
放射線	1.6×10 ⁻¹ Gy/h （最大）	2.7×10 ⁵ Gy （最大積算値）	2.7×10 ⁵ Gy （最大積算値）																														
	通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}	重大事故等時 ^{※3}																														
周囲温度	63℃	171℃（最高）	178℃（最高）																														
最高圧力	14 kPa	0.427 MPa	0.853MPa																														
放射線	1.6×10 ⁻¹ Gy/h （最大）	2.7×10 ⁵ Gy （最大積算値）	3.6×10 ⁵ Gy （最大積算値）																														

c. 電動弁コネクタ接続

	通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}
周囲温度	40℃以下	100℃（最高）
最高圧力	大気圧	3.4 kPa
放射線	2.7×10^{-4} Gy/h（最大）	1.8×10^3 Gy（最大積算値）

※1：通常運転時における原子炉建物内の電動弁コネクタ接続敷設箇所
の環境条件設計値

※2：設計基準事故時における原子炉建物内の電動弁コネクタ接続敷設箇所
の環境条件設計値

d. 同軸コネクタ接続

	通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}	重大事故等時 ^{※3}
周囲温度	55℃	171℃（最高）	171℃（最高）
最高圧力	14 kPa	0.427 MPa	0.427MPa
放射線	3.0×10^{-4} Gy/h （最大）	1.8×10^4 Gy （最大積算値）	2.7×10^5 Gy （最大積算値）

※1：通常運転時における原子炉格納容器内の同軸コネクタ接続敷設箇所
の環境条件設計値

※2：設計基準事故時における原子炉格納容器内の同軸コネクタ接続敷設箇所
の環境条件設計値

※3：重大事故等時における原子炉格納容器内の同軸コネクタ接続敷設箇所
の環境条件設計値

以 上

別紙 7. 計装制御設備の評価について

1. 計装制御設備の絶縁特性低下の技術評価

(1) 温度検出器（熱電対式）の評価〔主蒸気管周囲温度計測装置〕

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で動作要求のある温度検出器（熱電対式）の絶縁特性低下については、実機同等品による設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

温度検出器（熱電対式）の長期健全性試験手順を図1に示す。

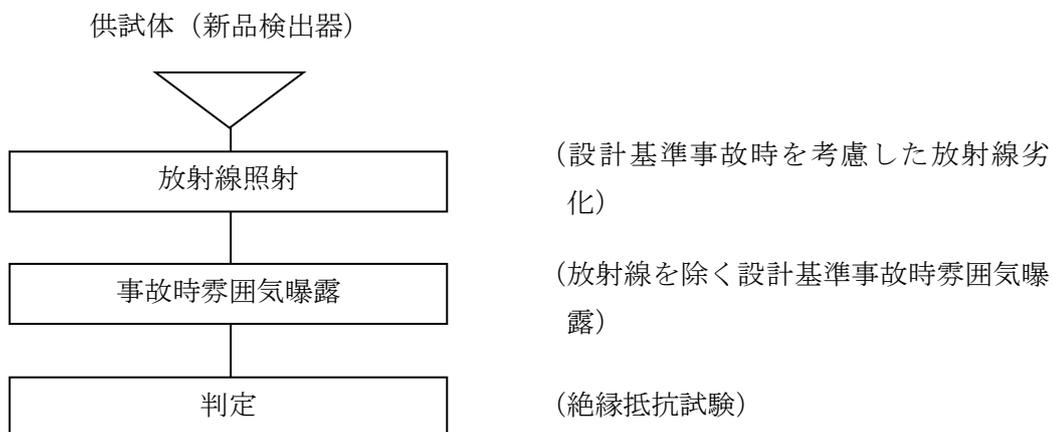


図1 温度検出器（熱電対式）の健全性試験手順

b. 試験条件

試験条件は、温度検出器（熱電対式）の60年間の運転期間を想定した劣化条件および設計基準事故時環境条件を包絡している。

温度検出器（熱電対式）の長期健全性試験条件を表1に示す。

表1 温度検出器（熱電対式）の健全性試験条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
放射線照射	1.0×10^6 Gy	島根2号炉で想定される線量約 1.6×10^4 Gy (60年間の通常運転期間約 1.5×10^4 Gy に設計基準事故時線量 4.5×10^2 Gy を加えた線量) を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：180℃ 最高圧力：0.9 MPa 時間：約168時間	島根2号炉の原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値（60℃）に対して、60年間の運転時間と設計基準事故時の最高温度（171℃）、最高圧力（14 kPa）を包絡する。 【別紙7.添付-1）、2）参照】

c. 評価結果

長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間および設計基準事故時において、温度検出器（熱電対式）の絶縁特性を維持できることを確認した。

温度検出器（熱電対式）の長期健全性試験結果を表2に示す。

表2 温度検出器（熱電対式）の健全性試験結果

項目	判定基準	結果
絶縁抵抗測定	5MΩ以上	良

(2) 現状保全

温度検出器（熱電対式）の絶縁特性低下については、定期的に動作試験を実施し、健全性を確認しており、異常が認められた場合には取替えを行うこととしている。

(3) 総合評価

設計基準事故時雰囲気内で機能要求のある温度検出器（熱電対式）については、運転開始から60年間の通常運転および設計基準事故時雰囲気において絶縁特性を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

温度検出器（熱電対式）の絶縁特性低下については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

2. 計測装置の特性変化の技術評価

計測装置の特性変化は、長期間の使用による検出部の変化や電気回路の不良（絶縁特性の低下、導通不良等）により検出器の特性が変化する事象であり、絶縁特性低下と合わせて本資料で整理する。

2.1 圧力伝送器〔原子炉圧力計測装置〕および差圧伝送器〔主蒸気流量計測装置，原子炉水位計測装置〕の評価

(1) 健全性評価

a. 評価手順

事故時雰囲気内で機能要求のある圧力伝送器および差圧伝送器の特性変化については、実機同等品により通常環境および事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

温度検出器（熱電対式）の長期健全性試験手順を図2に示す。

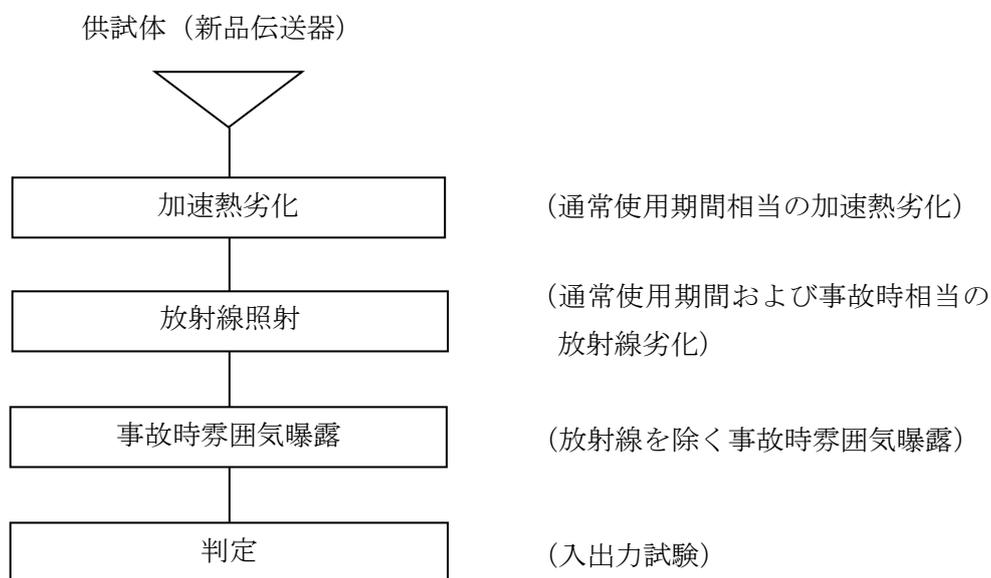


図2 圧力伝送器，差圧伝送器の長期健全性試験手順（設計基準事故，**重大事故等**）

b. 試験条件

試験条件は、圧力伝送器および差圧伝送器の約 20 年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡している。

圧力伝送器および差圧伝送器の長期健全性試験条件を表 3 に示す。

表 3 圧力伝送器および差圧伝送器の長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
加速熱劣化	95℃×4800 時間	原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値（40℃）に対して、約 20 年間の運転時間を包絡する。 【別紙 7. 添付-4) 参照】
放射線照射	1.9×10 ³ Gy	島根 2 号炉で想定される線量約 1.9×10 ³ Gy（20 年間の通常運転期間約 5.0×10 Gy に事故時線量 1.8×10 ³ Gy を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：105℃ 最高圧力：6.9kPa 時間：185 時間	島根 2 号炉の事故時の最高温度（100℃），最高圧力（6.9 kPa）を包絡する。 【別紙 7. 添付-5) 参照】

c. 評価結果

長期健全性試験の結果、約 20 年間の通常運転期間および事故時雰囲気において、圧力伝送器および差圧伝送器は特性を維持できることを確認した。

圧力伝送器および差圧伝送器の長期健全性試験結果を表 4 に示す。

表 4 圧力伝送器および差圧伝送器の長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等）

項目	試験内容	判定基準	結果
入出力試験	0～100%校正	計器スパンの±10%	良

(2) 現状保全

圧力伝送器および差圧伝送器の特性変化については、定期的に圧力伝送器および差圧伝送器を含む各装置の特性試験（入出力試験，ループ試験）を実施し、急激な特性変化が無いことを確認しており、必要に応じて調整を行っている。

なお、初期の特性状態からの急激な変化が認められた場合には、取替えを行うこととしている。

(3) 総合評価

圧力，差圧伝送器については，事故時雰囲気で特性が著しく変化する可能性は小さいと評価できることから，点検時に初期の特性状態から急激な変化が認められない場合，健全性評価期間を超えた使用が可能と判断できる。また，現状保全を実施していくとともに，必要に応じて適切に取替えを行うことで，運転開始から60年間の通常運転および事故時雰囲気において特性を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

圧力伝送器および差圧伝送器の特性変化については，現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。引き続き，現状保全を継続していく。

2. 2 水位検出器（フロート式）の特性変化〔水位計測装置〕の評価

(1) 健全性評価

a. 評価手順

設計基準事故時雰囲気内で機能要求のある水位検出器（フロート式）については、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

水位検出器（フロート式）の長期健全性試験手順を図3に示す。

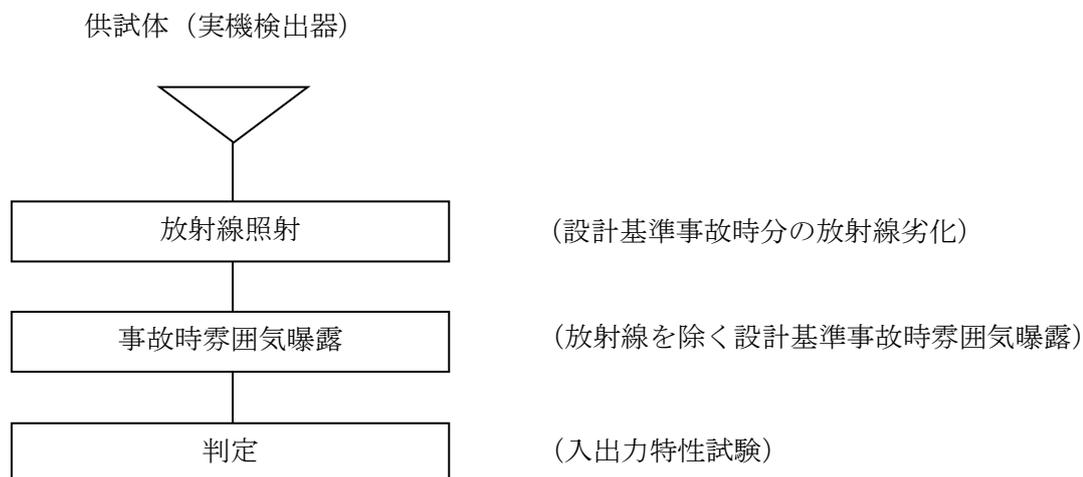


図3 水位検出器（フロート式）の長期健全性試験手順（設計基準事故）

b. 試験条件

試験条件は、水位検出器（フロート式）の約27年間の運転期間を想定した劣化条件および設計基準事故時環境条件を包絡している。

水位検出器（フロート式）の長期健全性試験条件を表5に示す。

表5 水位検出器（フロート式）の長期健全性試験条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
経年劣化	約27年間	実機環境で使用していたものを供試体とした。
放射線照射	5.0×10^2 Gy	島根2号炉で想定される設計基準事故時線量 4.5×10^2 Gy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：100℃ 最高圧力：3.4kPa 時間：約57日間	島根2号炉の設計基準事故時の最高温度(100℃)、最高圧力(3.4 kPa)を包絡する。 【別紙7.添付-5) 参照】

c. 評価結果

長期健全性試験の結果、約27年間の通常運転期間および設計基準事故時において、水位検出器（フロート式）は特性を維持できることを確認した。

水位検出器（フロート式）の長期健全性試験結果を表6に示す。

設計基準事故時雰囲気内で機能要求のある水位検出器（フロート式）については、**運転開始後29年（第17回定期事象者検査）**に取替えを実施していることから、約56年間の通常運転および設計基準事故時雰囲気においても必要な特性を維持できると評価できる。

表6 水位検出器（フロート式）の長期健全性試験結果（設計基準事故）

項目		試験内容	判定基準	結果	判定
作 動 試 験	設定水位	計器仕様表に示す値以内であることを確認する。	100mm ± 10mm	100mm - 4mm	良
	切断差		10～30mm	20mm	良

(2) 現状保全

水位検出器（フロート式）の特性変化については、定期的な点検を実施し、初期の特性状態から大きな変化が無いことを確認しており、必要に応じて調整を行っている。

なお、初期の特性状態からの大きな変化が認められた場合には、取替えを行うこととしている。

(3) 総合評価

水位検出器（フロート式）については、点検において初期の特性状態からの大きな変化は確認可能であり、初期の特性状態から大きく変わっていない場合には、健全性評価期間を超えての使用が可能と判断できる。また、現状保全を実施していくとともに、必要に応じて適切に取替えを行うことで、運転開始から60年間の通常運転および設計基準事故時雰囲気において特性を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

水位検出器（フロート式）の特性変化については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。

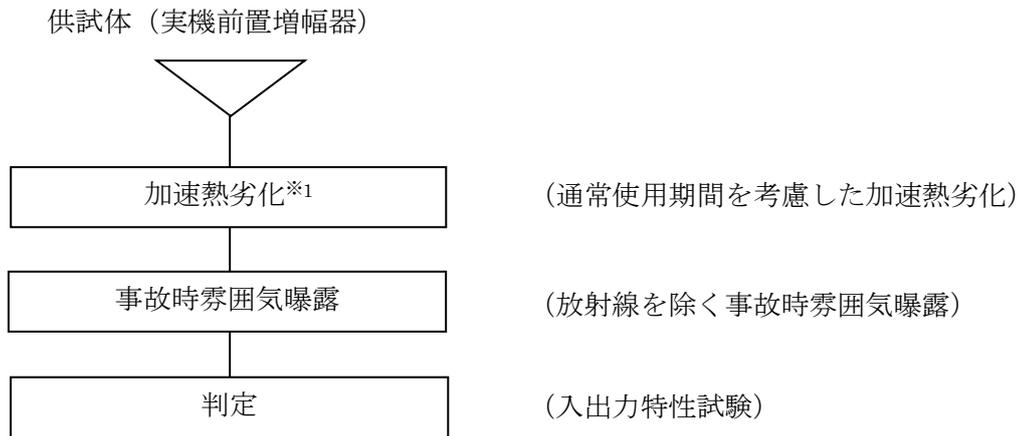
2. 3 中性子源領域計測装置（以下，SRM という）および中間領域計測装置（以下，IRM という）
前置増幅器の評価

(1) 健全性評価

a. 評価手順

事故時雰囲気内で機能要求のある SRM および IRM 前置増幅器については，実機同等品による通常環境および事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

SRM および IRM 前置増幅器の長期健全性試験手順を図 4 に示す。



※1: SRM/IRM 前置増幅器盤を対象とした加速熱劣化

図 4 SRM および IRM 前置増幅器の長期健全性試験手順（設計基準事故，**重大事故等**）

b. 試験条件

試験条件は，SRM および IRM 前置増幅器の約 10 年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡している。

なお，SRM および IRM 前置増幅器の事故時雰囲気における放射線照射量は，信号変換処理部（半導体）等に影響が現れる放射線照射量に対し十分小さいため，長期健全性試験において放射線照射は実施していない。

SRM および IRM 前置増幅器の長期健全性試験条件を表 7 に示す。

表 7 SRM および IRM 前置増幅器の長期健全性試験条件（設計基準事故，**重大事故等**）

	試験条件	説明
加速熱劣化	(前置増幅器) 約 10 年間	実機環境で使用していたものを供試体とした。
	(SRM/IRM 前置増幅器盤) 110℃×47 日間	原子炉格納容器外（原子炉建物内）の周囲温度最高値（40℃）に対して，約 10 年間の運転期間を包絡する。 【別紙 7. 添付-4) 参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：100℃ 最高圧力：6.9kPa 時間：約 2 時間	島根 2 号炉の事故時 雰囲気 の最高温度（100℃），最高圧力（3.4kPa）を包絡している。 【別紙 7. 添付-5) 参照】

c. 評価結果

長期健全性試験の結果、島根2号炉の約10年間の運転期間および事故時~~雰囲気~~において、SRMおよびIRM前置増幅器は特性を維持できることを確認した。

SRMおよびIRM前置増幅器の長期健全性試験結果を表8に示す。

表8 SRMおよびIRM前置増幅器の長期健全性試験結果（設計基準事故、~~重大事故時~~）

項目	試験内容	判定基準	結果
パルス波特性	パルス信号を与え、その時の出力特性を評価する。	出力特性：基準値±2%	良

(2) 現状保全

SRMおよびIRM前置増幅器の特性変化については、定期的に点検を実施し、初期の特性状態から大きな変化が無いことを確認しており、必要に応じて調整を行っている。

なお、初期の特性状態からの大きな変化が認められた場合には、取替えを行うこととしている。

(3) 総合評価

SRMおよびIRM前置増幅器については、点検において初期の特性状態からの大きな変化は確認可能であり、初期の特性状態から大きく変わっていない場合には、健全性評価期間を超えての使用が可能と判断できる。また、現状保全を実施していくとともに、必要に応じて適切に取替えを行うことで、運転開始から60年間の通常運転および事故時~~雰囲気~~において特性を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

SRMおよびIRM前置増幅器の特性変化については、現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。

2. 4 放射線検出器（イオンチェンバ式）の評価〔放射線計測装置〕

(1) 健全性評価

a. 評価手順

事故時雰囲気内で機能要求のある放射線検出器（イオンチェンバ式）については、実機同等品による通常環境および事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施した。

放射線検出器（イオンチェンバ式）の長期健全性試験手順を図5に示す。

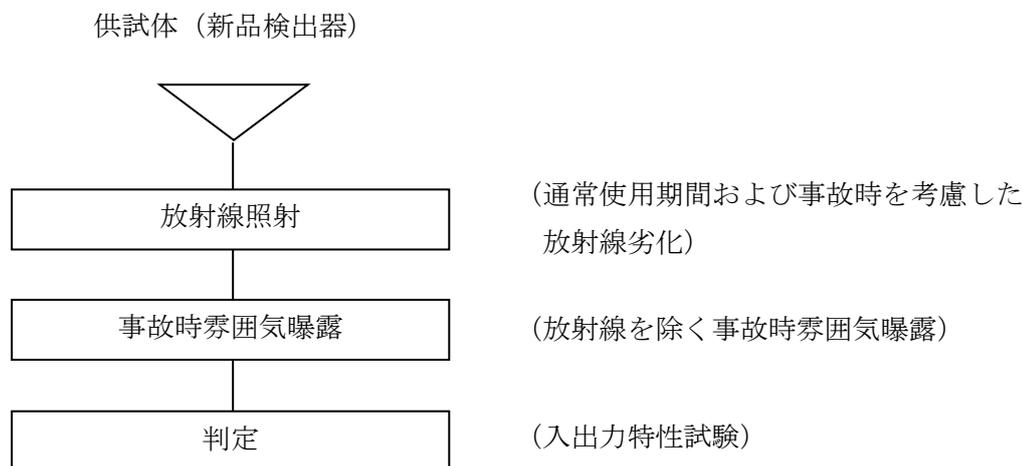


図5 放射線検出器（イオンチェンバ式）の長期健全性試験手順（設計基準事故，**重大事故等**）

b. 試験条件

試験条件は、放射線検出器（イオンチェンバ式）の60年間の運転期間を想定した劣化条件および事故時環境条件を包絡している。

なお、事故時雰囲気内で機能要求のある放射線検出器（イオンチェンバ式）には有機物が使用されていないため、通常運転時相当の熱劣化試験は実施していない。

放射線検出器（イオンチェンバ式）の長期健全性試験条件を表8に示す。

表8 放射線検出器（イオンチェンバ式）の耐環境試験条件（設計基準事故，**重大事故等**）

	試験条件	説明
放射線照射	1.0×10^6 Gy	島根2号炉で想定される線量 4.5×10^5 Gy（60年間の通常運転時線量約 8.4×10^4 Gy に事故時線量 3.6×10^5 Gy を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：220℃ 最高圧力：約 470kPa 時間：約 180 時間	島根2号炉の設計基準事故時の最高温度(200℃)，最高圧力(6.9kPa)を包絡する。

c. 評価結果

長期健全性試験の結果，島根2号炉の60年間の運転期間および事故時¹ 雰囲気において，放射線検出器（イオンチェンバ式）は特性を維持できることを確認した。

放射線検出器（イオンチェンバ式）の長期健全性試験結果を表9に示す。

表9 放射線検出器（イオンチェンバ式）の耐環境試験結果（設計基準事故，² 重大事故等）

項目	試験内容	判定基準	結果	
			放射線後	LOCA 後
絶縁特性	ケースに電圧を印加し，各コネクタに流れる電流を測定	各々について抵抗値が $1 \times 10^8 \Omega$ 以上であること	良	良
直線性試験	検出器に γ 線を照射した際の出力量を測定	各線量率において基準感度の $\pm 20\%$ 以内	良	良
飽和特性試験	検出器に γ 線を照射した際の出力量を測定	各印加電圧(600V, 1000V)において電流比 I_{600}/I_{1000} が0.9以上	良	良

(2) 現状保全

放射線検出器（イオンチェンバ式）の特性変化については，定期的に放射線検出器を含む各装置の特性試験を実施しており，必要に応じて取替等の適切な対応をとることとしている。

(3) 総合評価

放射線検出器（イオンチェンバ式）については，今後もこの保全を継続し，特性変化を監視していくとともに，必要に応じて取替等の適切な対応をとることにより，60年間の運転期間および事故時¹ 雰囲気において特性を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

放射線検出器（イオンチェンバ式）の特性変化については，現状の保全項目に高経年化対策の観点から追加すべき項目はない。

4. 添付資料

- 1) 計測制御設備（絶縁特性低下）の長期健全性試験における評価期間について
- 2) 計測制御設備（絶縁特性低下）の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 3) 設計基準事故時雰囲気で機能要求のある計測制御設備（絶縁特性低下）の環境条件について
- 4) 計測制御設備（特性変化）の長期健全性試験における評価期間について
- 5) 計測制御設備（特性変化）の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 6) 事故時雰囲気で機能要求のある計測制御設備（特性変化）の環境条件について

タイトル 計測制御設備（絶縁特性低下）の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について

温度検出器（熱電対式）の長期健全性試験における事故時雰囲気曝露試験条件と設計基準事故時条件を比較した結果を示す。
 事故時雰囲気曝露試験の試験条件は設計基準事故時条件を包絡している。

	条件	66°C換算時間	合計
事故時雰囲気曝露試験		964, 119 時間	964, 119 時間
設計基準事故 ※1		15, 937 時間	18, 459 時間
		128 時間	
		2, 394 時間	

活性化エネルギー： kcal/mol（エポキシ樹脂／EPRI 文献値）
 ※1：温度検出器（熱電対式）が設置されている原子炉建物（主蒸気管室）の設計基準事故時における環境条件設計値

以上

説明

タイトル 設計基準事故時雰囲気機能要求のある計測制御設備（絶縁特性低下）の環境条件について

設計基準事故時雰囲気機能要求のある温度検出器（熱電対式）の設置箇所の環境条件は下記の通り。

	通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}
周囲温度	60℃以下	171℃（最高）
最高圧力	大気圧	14 kPa
放射線	2.7×10^{-4} Gy/h	4.5×10^2 Gy（最大積算値）

- ※1：温度検出器（熱電対式）が設置されている原子炉建物（主蒸気管室）の通常運転時における環境条件設計値
- ※2：温度検出器（熱電対式）が設置されている原子炉建物（主蒸気管室）の設計基準事故時における環境条件設計値

以上

説明

説 明	<p>④放射線検出器（イオンチェンバ式）</p> <p>放射線検出器（イオンチェンバ式）には有機物が使用されていないため、通常運転時相当の熱劣化試験は実施していない。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>
-----	---

タイトル	計測制御設備（特性変化）の長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について			
説 明	<p>計測制御設備（特性変化）の長期健全性試験における事故時雰囲気曝露試験条件と事故時条件を比較した結果を示す。</p> <p>事故時雰囲気曝露試験の試験条件は事故時条件を包絡している。</p>			
	①圧力伝送器および差圧伝送器			
		条件	66℃換算時間	合計
	事故時雰囲気 曝露試験		5,182 時間	5,182 時間
	設計基準事故 ※1		114 時間	2,508 時間
			2,394 時間	
	重大事故等※2		3,191 時間	3,191 時間
	活性化エネルギー <input type="text"/> kcal/mol（エチレンプロピレンゴム／推定値）			
	※1：圧力伝送器および差圧伝送器が設置されている原子炉建物の設計基準事故時における環境条件設計値			
	※2：圧力伝送器および差圧伝送器が設置されている原子炉建物の重大事故等時における環境条件設計値			
②水位検出器（フロート式）				
	条件	66℃換算時間※2	合計	
事故時雰囲気 曝露試験		45 時間	2,484 時間	
		6 時間		
		2,433 時間		
設計基準事故 ※1		46 時間	2,440 時間	
		2,394 時間		
※1：水位検出器（フロート式）が設置されている原子炉建物の設計基準事故時における環境条件設計値				
※2：活性化エネルギー <input type="text"/> kcal/mol での換算値（アクリロニトリルブタジエンゴム／メーカー提示値）				

説 明

③SRM および IRM 前置増幅器（前置増幅器および SRM/IRM 前置増幅器盤）

	条件	合計
事故時雰囲気曝露試験		2 時間
設計基準事故 ^{※1※3}		1 時間
重大事故等 ^{※2※3}		1 時間

※1：SRM および IRM 前置増幅器が設置されている原子炉建物の設計基準事故時における環境条件設計値

※2：SRM および IRM 前置増幅器が設置されている原子炉建物の重大事故等時における環境条件設計値

※3：SRM および IRM 前置増幅器が設置されている原子炉建物での事故時における動作要求のある時間

④放射線検出器（イオンチェンバ式）

	条件	合計 ^{※3}
事故時雰囲気曝露試験		180 時間 5 分
設計基準事故 ^{※1※3}		6 時間
重大事故等時 ^{※2}		168 時間

※1：放射線検出器（イオンチェンバ式）の設置箇所における設計基準事故時の環境条件設計値

※2：放射線検出器（イオンチェンバ式）の設置箇所における重大事故等時の環境条件設計値

※3：機器仕様である °C を超過する時間

以 上

タイトル	事故時雰囲気での機能要求のある計測制御設備（特性変化）の環境条件について																												
説明	<p>事故時雰囲気での機能要求のある計測制御設備（特性変化）の設置箇所の環境条件は下記の通り。</p> <p>①圧力伝送器および差圧伝送器</p> <table border="1" data-bbox="453 589 1406 835"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時^{※1}</th> <th>設計基準事故時^{※2}</th> <th>重大事故等時^{※3}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40℃以下</td> <td>100℃（最高）</td> <td>100℃（最高）</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧</td> <td>3.4 kPa</td> <td>6.9kPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>2.7×10^{-4} Gy/h</td> <td>1.8×10^3 Gy （最大積算値）</td> <td>4.7×10^2 Gy （最大積算値）</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：圧力伝送器および差圧伝送器が設置されている原子炉建物内の通常運転時における環境条件設計値</p> <p>※2：圧力伝送器および差圧伝送器が設置されている原子炉建物内の設計基準事故時における環境条件設計値</p> <p>※3：圧力伝送器および差圧伝送器が設置されている原子炉建物内の重大事故等時における環境条件設計値</p> <p>②水位検出器（フロート式）</p> <table border="1" data-bbox="453 1218 1369 1417"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時^{※1}</th> <th>設計基準事故時^{※2}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>40℃以下</td> <td>100℃（最高）</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>大気圧</td> <td>3.4 kPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>2.7×10^{-4} Gy/h</td> <td>4.5×10^2 Gy（最大積算値）</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：水位検出器（フロート式）が設置されている原子炉建物内の通常運転時における環境条件設計値</p> <p>※2：水位検出器（フロート式）が設置されている原子炉建物内の設計基準事故時における環境条件設計値</p>		通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}	重大事故等時 ^{※3}	周囲温度	40℃以下	100℃（最高）	100℃（最高）	最高圧力	大気圧	3.4 kPa	6.9kPa	放射線	2.7×10^{-4} Gy/h	1.8×10^3 Gy （最大積算値）	4.7×10^2 Gy （最大積算値）		通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}	周囲温度	40℃以下	100℃（最高）	最高圧力	大気圧	3.4 kPa	放射線	2.7×10^{-4} Gy/h	4.5×10^2 Gy（最大積算値）
	通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}	重大事故等時 ^{※3}																										
周囲温度	40℃以下	100℃（最高）	100℃（最高）																										
最高圧力	大気圧	3.4 kPa	6.9kPa																										
放射線	2.7×10^{-4} Gy/h	1.8×10^3 Gy （最大積算値）	4.7×10^2 Gy （最大積算値）																										
	通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}																											
周囲温度	40℃以下	100℃（最高）																											
最高圧力	大気圧	3.4 kPa																											
放射線	2.7×10^{-4} Gy/h	4.5×10^2 Gy（最大積算値）																											

説 明

③SRM および IRM 前置増幅器（前置増幅器および SRM/IRM 前置増幅器盤）

	通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}	重大事故等時 ^{※3}
周囲温度	40℃以下	100℃（最高）	100℃（最高）
最高圧力	大気圧	3.4 kPa	6.9 kPa
放射線	2.7×10^{-4} Gy/h	6.2 Gy （最大積算値）	2.8 Gy （最大積算値）

※1：SRM および IRM 前置増幅器が設置されている原子炉建物内の通常運転時における環境条件設計値

※2：SRM および IRM 前置増幅器が設置されている原子炉建物内の設計基準事故時における環境条件設計値

※3：SRM および IRM 前置増幅器が設置されている原子炉建物内の重大事故等時における環境条件設計値

④放射線検出器（イオンチェンバ式）

	通常運転時 ^{※1}	設計基準事故時 ^{※2}	重大事故等時 ^{※3}
周囲温度	40℃以下	100℃（最高）	200℃
最高圧力	大気圧	3.4 kPa	6.9kPa
放射線	2.7×10^{-4} Gy/h	1.8×10^3 Gy （最大積算値）	3.6×10^5 Gy （最大積算値）

※1：放射線検出器（イオンチェンバ式）の設置箇所における通常運転時の環境条件設計値

※2：放射線検出器（イオンチェンバ式）の設置箇所における設計基準事故時の環境条件設計値

※3：放射線検出器（イオンチェンバ式）の設置箇所における重大事故等時の環境条件設計値

以 上

別紙 8. 電気・計装設備の評価（共通項目）について

タイトル	長期健全性評価結果にて得られた設備の評価期間の対応管理について		
説明	<p>長期健全性評価結果にて評価期間が 60 年以内となった設備については、得られた評価期間に至る前に取替を実施する。</p> <p>取替の対応については、保全プログラムシステム内の点検計画等への反映・登録を行い管理していく。</p>		
	【ケーブル】		
	対象設備	評価期間	備考
	難燃 PN ケーブル	37 年	原子炉格納容器内環境温度 63℃のエリアに敷設されている設計基準事故時に動作要求の有るケーブル。
	難燃 CV ケーブル	47 年	原子炉浄化系熱交換器室環境温度 50℃のエリアに敷設されている事故時に動作要求の有るケーブル。
	【ケーブル接続部】		
	対象設備	評価期間	備考
	端子台接続 (原子炉格納容器内仕様)	25 年	原子炉格納容器内環境温度 63℃のエリアに敷設されている事故時に動作要求の有る端子台接続。
	【計測装置】		
	対象設備	評価期間	備考
圧力伝送器および差圧伝送器	20 年	原子炉建物内環境温度 40℃のエリアに敷設されている事故時に動作要求の有る圧力伝送器および差圧伝送器。	
水位検出器 (フオート式)	27 年	原子炉建物内環境温度 40℃のエリアに敷設されている設計基準事故時に動作要求の有る水位検出器 (フオート式) のガスケットおよび O リング。	
SRM および IRM 前置増幅器	10 年	原子炉建物内環境温度 40℃のエリアに敷設されている事故時に動作要求の有る SRM および IRM 前置増幅器の盤のパッキン。	
以上			

タイトル	電気・計装設備評価対象機器の保全項目，判定基準および点検頻度について
説明	<p>主な電気・計装設備の保全項目，判定基準及び点検頻度については，添付「電気設備の保全項目，判定基準及び点検頻度」のとおり。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

電気設備の保全項目、判定基準及び点検頻度

評価対象設備	評価対象機器	部位	保全項目(作業内容)	判定基準	点検頻度	備考
ポンプ	ほう酸水注入ポンプ	潤滑油エット(ポンプモータ)の固定子および口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		2C	
高圧ポンプモータ	原子炉補機海水ポンプモータ 原子炉補機冷却水ポンプモータ	固定子コイルおよび口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		1C	
			絶縁抵抗測定(絶縁診断)		3C, 4C	
			直流吸収試験		3C, 4C	
			交流電流試験		3C, 4C	
			耐電圧試験		3C, 4C	
			誘電正接試験		3C, 4C	
			部分放電試験		3C, 4C	
低圧ポンプモータ	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプモータ	固定子コイルおよび口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		1C	
	ほう酸水注入ポンプモータ		絶縁抵抗測定		2C	

評価対象設備	評価対象機器	部位	保全項目(作業内容)	判定基準	点検頻度	備考
電気へネレーション	モジュール型核計装用電気へネレーション	シール材および同軸ケーブル・電線	絶縁抵抗測定			絶縁抵抗の判定値は接続機器による
	モジュール型高圧動力用電気へネレーション	シール材および電線	絶縁抵抗測定, 機器の動作試験			絶縁抵抗の判定値は接続機器による
	モジュール型制御計測用高耐熱電気へネレーション	シール材および電線	絶縁抵抗測定			絶縁抵抗の判定値は接続機器による
電動弁用駆動部	残留熱除去系炉水入口内側隔離弁用駆動部	固定子コイル, 口出線・接続部品およびブレイク電磁コイル	絶縁抵抗測定		5C	
	原子炉補機冷却系熱交海水出口弁用駆動部	固定子コイルおよび口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		10C	
	原子炉隔離時冷却系タービン排気隔離弁用駆動部	固定子コイル, 回転子コイルおよび口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		5C	
	原子炉補機海水ポンプ 出口弁用駆動部	固定子コイルおよび口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		10C	
高圧ケーブル	高圧難燃CVケーブル	絶縁体	絶縁抵抗測定			接続機器の点検周期に合わせて実施
			漏れ電流測定			接続機器の点検周期に合わせて実施
			成極指数			接続機器の点検周期に合わせて実施
			不平衡率			接続機器の点検周期に合わせて実施

評価対象設備	評価対象機器	部位	保全項目(作業内容)	判定基準	点検頻度	備考
低圧ケーブル	KGBケーブル	絶縁体	絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
	難燃PNケーブル		絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
	難燃CVケーブル		絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
	難燃VVケーブル		絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
	難燃FNケーブル		絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
同軸ケーブル	難燃三重同軸ケーブル	絶縁体	絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
	複合同軸ケーブル		絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
ケーブル接続部	端子台接続(シリアルフタレット樹脂)	絶縁物	絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
	直ジョイント接続	熱収縮チューブ	絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
	電動弁コネクタ接続	オス絶縁物 シーリングパッキン メス絶縁物	絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
	同軸コネクタ接続(ボリエテルエーテルケトン)	Oリング(メス側) レセプタクルインシュレータ プラグインシュレータ Oリング(オス側)	絶縁抵抗測定		接続機器の点検周期に合わせて実施	絶縁抵抗の判定値は接続機器による
タービン制御装置	制御油ポンプモータ	ポンプモータ(低圧, 交流, 全閉)の固定子コイルおよび口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		2C	

評価対象設備	評価対象機器	部位	保全項目(作業内容)	判定基準	点検頻度	備考
非常用系タービン設備	原子炉隔離時冷却ポンプ 駆動用蒸気タービンおよび付属装置の主塞止弁	電動弁用駆動部の回転子コイル, 固定子コイルおよび口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		5C	
	原子炉隔離時冷却ポンプ 駆動用蒸気タービンおよび付属装置の真空ポンプモータ, 復水ポンプモータ	ポンプモータ(低圧, 直流, 全閉)の回転子コイル, 固定子コイルおよび口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		2C	
計測装置	主蒸気管周囲温度計測装置	温度検出器(熱電対式)	絶縁抵抗測定		1C	
	中央制御室冷凍機蒸発器出口冷水温度計測装置	温度検出器(測温抵抗体式)	導通試験		1C	
	換気系放射線計測装置	サンプルポンプモータ(低圧, 交流, 全閉)	絶縁抵抗測定		1C	
	水素濃度計測装置		絶縁抵抗測定		1C	
	酸素濃度計測装置		絶縁抵抗測定		1C	
	格納容器酸素濃度計測装置		絶縁抵抗測定		1C	
ファン	中央制御室送風機	ファンモータの固定子コイル, 口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		1C	
空調機	原子炉補機冷却水ポンプ 熱交換器室冷却機	ファンモータの固定子コイル, 口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		2C	
冷凍機	中央制御室冷凍機の圧縮機	モータの固定子コイル, 口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		4C	
	中央制御室冷凍機の冷却水循環ポンプ		絶縁抵抗測定		1C	

評価対象設備	評価対象機器	部位	保全項目(作業内容)	判定基準	点検頻度	備考
非常用ディーゼル機 関附属設備 高圧炉心スプレイ系 ディーゼル機関附属設 備	非常用ディーゼル機関(A, B号 機)附属設備の燃料移送ポンプ モーター	モーターの固定子コイル, 口出線・接 続部品	絶縁抵抗測定		1C	
可燃性ガス濃度制御 系設備	可燃性ガス濃度制御系設備	ブロー用電動機(低圧, 交流, 全閉)の固定子コイルおよび口出 線・接続部品	絶縁抵抗測定		1C	
		弁(電動弁駆動部)の固定子コイ ル, 口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		5C	
燃料取替機	燃料取替機	モーターの固定子コイル, 口出線・接 続部品	絶縁抵抗測定		1C	
		ブレーキ電磁コイル	絶縁抵抗測定		1C	
原子炉建物天井クレーン	原子炉建物天井クレーン	モーターの固定子コイル, 口出線・接 続部品	絶縁抵抗測定		1Y	
		ブレーキ電磁コイル	絶縁抵抗測定		1Y	
		コイル(変圧器)	絶縁抵抗測定		1Y	
計装用圧縮空気系設 備	計装用圧縮空気系設備	モーターの固定子コイル, 口出線・接 続部品	絶縁抵抗測定		2C	

評価対象設備	評価対象機器	部位	保全項目(作業内容)	判定基準	点検頻度	備考
高圧閉鎖配電盤	非常用M/C	絶縁操作ロッド ⁶ , 引外しコイルおよび投入コイル	絶縁抵抗測定		1C	
		支持ポート, フッソク ⁶ , 支持碍子および主回路断路部	絶縁抵抗測定		1C	
		計器用変圧器	絶縁抵抗測定		4C	
		貫通形計器用変流器	外観・目視点検 絶縁抵抗測定		4C	
動力用変圧器	非常用動力変圧器	コイル	絶縁抵抗測定		1C	
		支持碍子	絶縁抵抗測定		1C	
		ファンモータの固定子コイル, 口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		4C	
低圧閉鎖配電盤	非常用L/C	絶縁操作ロッド ⁶ , 投入コイル, 引外しコイルおよび断路部	絶縁抵抗測定		1C	
		絶縁支持板	絶縁抵抗測定		1C	
		計器用変圧器	絶縁抵抗測定		4C	
		貫通形計器用変流器	外観・目視点検 絶縁抵抗測定		4C	
コントロールセンタ	非常用C/C	コイル(変圧器)	絶縁抵抗測定		1C	
		限流リアクトルおよび絶縁支持板	絶縁抵抗測定		4C	

評価対象設備	評価対象機器	部位	保全項目(作業内容)	判定基準	点検頻度	備考
ディーゼル発電設備	非常用ディーゼル発電機	固定子コイルおよび口出線・接続部品	絶縁抵抗測定		1C	
		回転子コイル	絶縁抵抗測定		1C	
		励磁用可飽和変流器, リアクトルおよび整流器用変圧器	絶縁抵抗測定		1C	
		計器用変圧器	絶縁抵抗測定		1C	
		貫通形計器用変流器	清掃・目視点検 絶縁抵抗測定		2C	
ハイトル電源用CVCF	計装用無停電交流電源装置	貫通形計器用変流器	清掃・目視点検 絶縁抵抗測定		1C	
		コイル(変圧器)	絶縁抵抗測定		1C	
直流電源設備	230V系充電器盤	コイル(変圧器)	絶縁抵抗測定		1C	
		計器用変圧器	絶縁抵抗測定		1C	
計測用変圧器	計装用変圧器	コイル	絶縁抵抗測定		3C	
		ダクトスペース	絶縁抵抗測定		3C	
		支持碍子	絶縁抵抗測定		3C	
計装用分電盤および配電盤	230V系直流盤	支持碍子	清掃・目視点検 絶縁抵抗測定		3C	

<p>タイトル</p>	<p>電気ペネトレーションにおいて実施した長期健全性試験と IEEE の試験項目に係る規定への準拠の有無について</p>
<p>説明</p>	<p>電気ペネトレーションにおいて実施した長期健全性試験と IEEE の試験項目に係る規定への準拠の有無については、添付「低圧用および高圧用電気ペネトレーションにおける IEEE Std. 317(1976)の要求事項と長期健全性試験の実施有無」ならびに「高耐熱電気ペネトレーションにおける IEEE Std. 317(1983)の要求事項と長期健全性試験の実施有無」のとおり。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

低圧用および高圧用電気ペネトレーションにおける IEEE Std. 317-1976 の要求事項と長期健全性試験の実施有無

No.	IEEE Std. 317-1976		長期健全性試験時 実施有無 (○：有，×：無)	IEEE の試験項目に対して， 試験で実施していない理由等
	試験項目	試験内容の概要		
1	6.4.1～6.4.5 初期特性試験	・製造試験に合格していること。	○	—
2	6.4.6 部分放電試験	・導体は，部分放電 (PP) 試験を行うこと。	×	本試験はペネ構成材料の絶縁内部に対する評価としての検証と考えられる。 高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションは，気密性に関する長期健全性試験が必要であり，本試験は不要であるが，長期健全性試験の判定時に行う試験 (絶縁抵抗試験) にて確認可能であると考えられる。
3	6.4.7 定格連続電流試験	・定格電流の通電を行い最高温度について測定・記録を行うこと。	×	本試験は定格電流の通電による熱に対する検証と考えられる。 核計装用モジュール型電気ペネトレーションは，通電による温度上昇がわずかであるため環境温度を，高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションは，環境温度に通電時の温度上昇を考慮した評価を行っている。
4	6.4.8 劣化試験 (1) 輸送保管時模擬試験	・輸送および保管を模擬する試験は，温度および湿度を含む最も厳しい環境条件に曝すものとする。	×	本試験はペネ構成材料の劣化に対する評価として，長期経年劣化にほとんど影響しない短期的な環境要因と考えられる。
	(2) 現地溶接模擬試験	・溶着方法が溶接である場合，電気ペネトレーションの部品が損傷なしに溶接できることを実証するための試験を行うこと。	×	本試験はペネ構成材料の劣化に対する評価として，長期経年劣化にほとんど影響しない短期的な環境要因と考えられる。

No.	IEEE Std. 317-1976		長期健全性試験時 実施有無 (○：有，×：無)	IEEE の試験項目に対して， 試験で実施していない理由等
	試験項目	試験内容の概要		
4	(3) 熱サイクル試験	・運転サイクルを模擬し，温度変化が 55℃以上で 120 サイクル行うこと。	○	劣化の影響が出るように試験順序を変更して実施している。 ・核計装 放射線照射試験（通常時）⇒熱サイクル試験⇒熱劣化試験⇒放射線照射試験（事故時） ・高圧動力 放射線照射試験（通常時＋事故時）⇒熱劣化試験⇒熱サイクル試験
	(4) 熱劣化試験	・通常の使用条件の劣化を模擬し，熱劣化処理を受けるものとする こと。	○	
	(5) 放射線照射試験	・通常使用環境の設置寿命期間中を模擬した放射線を照射するもの とすること。 ・上記試験中に想定される最大の事故環境累積放射線量を実施する ことができる。 ・試験後，リーク試験および電気試験（耐電圧試験，絶縁抵抗試験，導 通試験）に合格するものとする。	○	
5	6.4.9 過負荷電流試験	・定格連続電流通電時に，定格短時間過負荷電流を継続時間通電で きるものとする。	×	本試験はペネ構成材料の劣化に対する評価とし て，長期経年劣化にほとんど影響しない短期的な 環境要因と考えられる。
6	6.4.10 短絡電流試験	・定格連続電流通電時に，定格短絡電流を通電できるものとする。	×	本試験はペネ構成材料の劣化に対する評価とし て，長期経年劣化にほとんど影響しない短期的な 環境要因と考えられる。
7	6.4.11 耐震試験	・設計仕様条件に裕度を加えた条件の入力振動スペクトルで IEEE Std. 344-1975 に準じて耐震試験を行うこと。 ・試験後，リーク試験および電気試験（耐電圧試験，絶縁抵抗試験，導 通試験）に合格するものとする。	×	本試験はペネ構成材料の劣化に対する評価とし て，長期経年劣化にほとんど影響しない短期的な 環境要因と考えられる。

No.	IEEE Std. 317-1976		長期健全性試験時 実施有無 (○：有，×：無)	IEEE の試験項目に対して， 試験で実施していない理由等
	試験項目	試験内容の概要		
8	6.4.12 定格連続電流試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ 定格電流の通電を行い最高温度について測定・記録を行うこと。 	×	<p>本試験は定格電流の通電による熱に対する検証と考えられる。</p> <p>核計装用モジュール型電気ペネトレーションは，通電による温度上昇がわずかであるため环境温度を，高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションは，环境温度に通電時の温度上昇を考慮した評価を行っている。</p>
9	6.4.13 冷却材喪失模擬試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設計基準最大想定事故事象の環境条件（圧力，温度，湿度，放射線照射，化学薬品噴霧）に対する健全性を実証すること。 ・ 試験中，導体に定格電圧を連続的に印加するものとする。 ・ 試験後，リーク試験および電気試験（耐電圧試験，通電試験）に合格するものとする。 	○	—
10	6.4.14 定格短絡電流の最大持続時間試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ 定格短絡電流の保護装置が動作するまでの最大時間，定格短絡電流が通電できることを確認すること。 ・ 試験後，リーク試験に合格するものとする。 	×	<p>本試験はペネ構成材料の劣化に対する評価として，長期経年劣化にほとんど影響しない短期的な環境要因と考えられる。</p>

高耐熱電気ペネトレーションにおける IEEE Std. 317-1983 の要求事項と長期健全性試験の実施有無

No.	IEEE Std. 317-1983		長期健全性試験時 実施有無 (○：有，×：無)	IEEE の試験項目に対して， 試験で実施していない理由等
	試験項目	試験内容の概要		
1	6. 2. 1～6. 2. 4 及び 6. 3. 1 初期特性試験	・製造試験に合格していること。		
2	6. 2. 5 部分放電試験	・中電圧（定格電圧が 1000V 以上）の動力回路の導体は，部分放電（コナ）試験を行うこと。		
3	6. 2. 6 定格連続電流試験	・定格電流の通電を行い最高温度について測定・記録を行うこと。		
4	6. 2. 11 現地溶接模擬試験	・溶着方法が溶接である場合，電気ペネトレーションの部品が損傷なしに溶接できることを実証するための試験を行うこと。		
5	6. 3. 2 劣化試験	・輸送および保管を模擬する試験は，温度および湿度を含む最も厳しい環境条件に曝すものとする。		
	(1) 輸送保管時模擬試験			
	(2) 熱サイクル試験	・運転サイクルを模擬し，温度変化が 55℃以上で 120 サイクル行うこと。		
	(3) 熱劣化試験	・通常の使用条件の劣化を模擬し，熱劣化処理を受けるものとする。		
	(4) 放射線照射試験	・通常使用環境の設置寿命期間中を模擬した放射線を照射するものとする。 ・上記試験中に想定される最大の事故環境累積放射線量を実施することができる。 ・試験後，リーク試験および電気試験（耐電圧試験，絶縁抵抗試験，導通試験）に合格するものとする。		

No.	IEEE Std. 317-1983		長期健全性試験時 実施有無 (○：有，×：無)	IEEE の試験項目に対して， 試験で実施していない理由等
	試験項目	試験内容の概要		
6	6.2.7 過負荷電流試験	<ul style="list-style-type: none"> 定格連続電流通電時に，定格短時間過負荷電流を継続時間通電できるものとする。 		
7	6.2.8 及び 6.3.3 (1) 短絡電流試験	<ul style="list-style-type: none"> 定格連続電流通電時に，定格短絡電流を通電できるものとする。 		
8	6.2.10 及び 6.3.3 (2) 耐震試験	<ul style="list-style-type: none"> 設計仕様条件に裕度を加えた条件の入力振動スペクトルで ANSI/IEEE Std. 344-1975 (R 1980) に準じて耐震試験を行うこと。 試験後，リーク試験および電気試験（耐電圧試験）に合格するものとする。 		
9	6.3.3 冷却材喪失模擬試験	<ul style="list-style-type: none"> 設計基準最大想定事故事象の環境条件（圧力，温度，湿度，放射線照射，化学薬品噴霧）に対する健全性を実証すること。 試験中，導体に定格連続電流を印加するものとする。 試験後，リーク試験に合格するものとする。 試験後，定格短絡電流を印加していない導体は定格電圧に耐えること。 		

別紙 9. 電気ペネトレーションの評価について

1. 電気ペネトレーションの技術評価

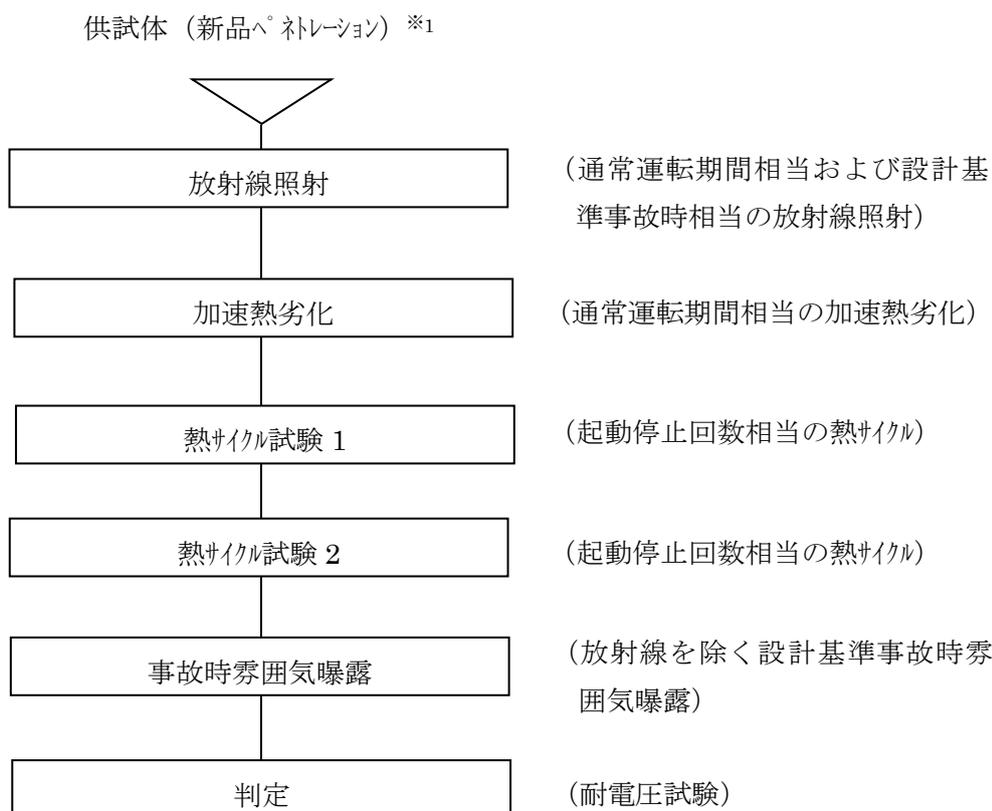
(1) 高圧動力用電気ペネトレーションの評価

1) 高圧動力用電気ペネトレーションの健全性の評価

a. 評価手順

高圧動力用電気ペネトレーションの絶縁特性低下については、長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法が IEEE Std. 317 (1976) , 323 (1974) および 383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施し評価する。

高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験手順を図 1 に示す。



※1 : 供試体は、島根原子力発電所 2 号炉で使用している高圧動力用電気ペネトレーションと同等のもの

図 1 高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験手順 (設計基準事故)

b. 試験条件

試験条件は、60年間の通常運転期間および設計基準事故時を想定した条件を包絡している。

高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験条件を表1に示す。

表1 高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験条件（設計基準事故）

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10℃⇔66℃ 180サイクル	島根2号炉の60年間の起動停止に伴う熱サイクル回数を包絡する。
加速熱劣化	125℃×228日間	島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値（50℃）に通電温度上昇を考慮した温度（55℃）に対して、60年間の運転期間を包絡する。 【別紙9. 添付-1）参照】
放射線照射	放射線照射線量 5.2×10 ⁵ Gy (1×10 ⁴ Gy/h)	島根2号炉で想定される線量3.7×10 ⁴ Gy（60年間の通常運転時線量1.8×10 ⁴ Gyに設計基準事故時線量1.9×10 ⁴ Gyを加えた値）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間 13日間	島根2号炉の設計基準事故時の最高温度（171℃），最高圧力（0.427 MPa）を包絡する。 【別紙9. 添付-2）参照】

c. 評価結果

長期健全性試験の結果、60年間の通常運転期間および設計基準事故時において、高圧動力用電気ペネトレーションの絶縁性能を維持できることを確認した。

高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験結果を表2に示す。

表2 高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験結果（設計基準事故）

試験内容	判定基準*1	結果
交流電圧7,920 Vを5分間印加	絶縁破壊しないこと	良

2) 現状保全

高圧動力用電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施し、健全性を確認している。また、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査により、原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし、漏えい率が増加傾向にないことを確認している。

なお、電気ペネトレーションに有意な絶縁特性低下が認められた場合は、必要により取替え等を行うこととしている。

3) 総合評価

高圧動力用電気ペネトレーションの絶縁特性低下は、健全性評価結果および現状保全より、運転開始から60年間の通常運転および設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

4) 高経年化への対応

シール材および電線の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

(2) 高耐熱電気ペネトレーションの評価

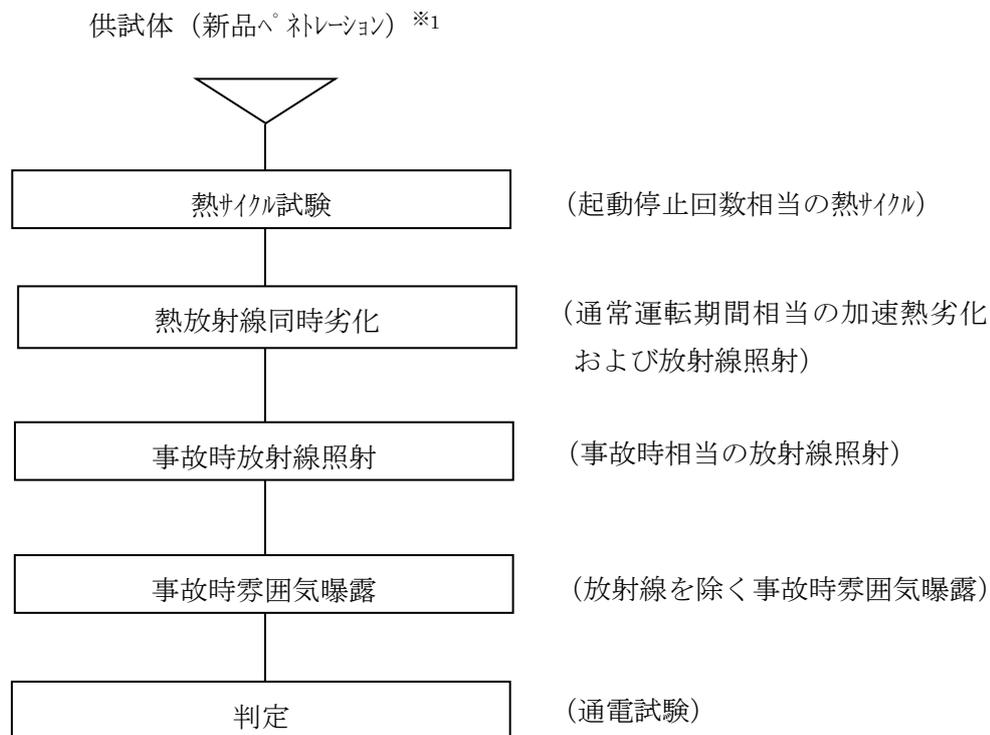
1) 高耐熱電気ペネトレーションの健全性の評価

a. 評価手順

モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションの絶縁特性低下については、長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法がIEEE Std. 317 (1983) , 323 (1974) および383 (1974) の規格にまとめられており、これに基づき、実機同等品による通常環境および設計基準事故時雰囲気を考慮した長期健全性試験を実施し評価する。

また、重大事故等時雰囲気内において信号伝達が求められることから、長期健全性試験を実施し、この結果に基づき、重大事故等時雰囲気内での健全性を評価する。

高耐熱電気ペネトレーションの長期健全性試験手順を図2に示す。



※1：供試体は、島根原子力発電所2号炉で使用している高耐熱電気ペネトレーションと同等のもの

図2 高耐熱電気ペネトレーションの長期健全性試験手順（設計基準事故，重大事故等）

b. 試験条件

試験条件は、30年間の通常運転期間および事故時雰囲気を選定した条件を包絡している。

高耐熱電気ペネトレーションの長期健全性試験条件を表3に示す。

表3 高耐熱電気ペネトレーションの長期健全性試験条件（設計基準事故，重大事故等）

	試験条件	説明
熱サイクル試験		島根2号炉の60年間の起動停止に伴う熱サイクル回数を包絡する。
熱放射線同時劣化		島根2号炉の通常運転時周囲温度最高値（50℃）に対して、30年間の運転期間を包絡する。 また、島根2号炉で想定される30年間の通常運転時線量 [] Gyを包絡する。 【別紙9. 添付-1）参照】
事故時放射線照射		島根2号炉で想定される事故時線量 3.6×10^5 Gyを包括する。
事故時雰囲気曝露	最高温度： [] 最高圧力：0.854MPa 曝露時間：13日間	島根2号炉の事故時の最高温度 [] ，最高圧力（0.853 MPa）を包絡する。 【別紙9. 添付-2）参照】

c. 評価結果

長期健全性試験の結果、30年間の通常運転期間および事故時環境条件において、高耐熱電気ペネトレーションの絶縁性能を維持できることを確認した。

また、事故時環境において動作要求のあるモジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションについては、運転開始後34年目に設置予定である。

よって、モジュール型制御計測用高耐熱電気ペネトレーションは、60年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁特性を維持できるものと評価できる。

高耐熱電気ペネトレーションの長期健全性試験結果を表4に示す。

表4 高圧動力用電気ペネトレーションの長期健全性試験結果（設計基準事故，重大事故等）

試験内容	判定基準*1	結果
[]	絶縁破壊しないこと 異常のないこと	良

2) 現状保全

高耐熱電気ペネトレーションの絶縁特性低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施し、健全性を確認することとしている。また、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査により、原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし、漏えい率が増加傾向にないことを確認することとしている。

なお、電気ペネトレーションに有意な絶縁特性低下が認められた場合は、必要により取替え等を行うこととしている。

3) 総合評価

高耐熱電気ペネトレーションの絶縁特性低下は、健全性評価結果および現状保全より、運転開始から 60 年間の通常運転および事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると判断する。

4) 高経年化への対応

シール材および電線の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。引き続き、現状保全を継続していく。

2. 添付資料

- 1) 電気ペネトレーションの長期健全性試験における評価期間について
- 2) 電気ペネトレーションの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について
- 3) 事故時雰囲気で機能要求のある電気ペネトレーションの環境条件について

<p>タイトル</p>	<p>電気ペネトレーションの長期健全性試験における評価期間について</p>
<p>説明</p>	<p>高圧動力用電気ペネトレーションの加速熱劣化における実環境年数の算定は高圧動力用電気ペネトレーションの有機材料の活性化エネルギーを用いてアレニウスの式により算出している。</p> $\ln t_2 - \ln t_1 = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ <p>①高圧動力用電気ペネトレーション</p> <p>t1 : 実環境年数 : 60 年以上 (<input type="text"/> 時間)</p> <p>t2 : 加速時間 : 5472 時間</p> <p>T1 : 実環境温度 : 328 K (=55°C)</p> <p>T2 : 加速温度 : 398 K (=125°C)</p> <p>R : 気体定数 : 1.98721 × 10⁻³ kcal/mol · K</p> <p>E : 活性化エネルギー : <input type="text"/> kcal/mol (エチレンプロピレンゴム / 推定値^{※1})</p> <p>※1 : 活性化エネルギー取得試験の結果を踏まえ試験データから推定した値</p>

高耐熱電気ペネトレーションの加速熱劣化における実環境年数の算定は高耐熱電気ペネトレーションの有機材料の活性化エネルギーを用いて等価損傷簡易手法により算出している。

$$a = \frac{t_1}{t_2} \text{とすると}$$

$$a = \left[\exp \left\{ \frac{E}{R} \left(\frac{1}{273 + T_1} - \frac{1}{273 + T_2} \right) \right\} \times \frac{D_1}{D_2} \right]^{\tan \theta} \times \left(\frac{D_2}{D_1} \right)$$

a : 加速倍率

t₁ : 実環境年数 t₂ : 加速時間

T₁ : 実環境温度 T₂ : 加速温度

D₁ : 実線量率 D₂ : 加速線量率

R : 気体定数 E : 活性化エネルギー

θ : 等価損傷線量と線量率の傾き

①高耐熱電気ペネトレーション

t₁ : 実環境年数 : 30 年以上 (時間)

t₂ : 加速時間 : 時間

T₁ : 実環境温度 : 323 K (=50 °C)

T₂ : 加速温度 : K (= °C)

D₁ : 実線量率 : 0.033Gy/h

D₂ : 加速線量率 : Gy/h

R : 気体定数 : 1.9859 × 10⁻³ kcal/mol · K

E : 活性化エネルギー※1 : kcal/mol

(/メーカー提示値)

tan θ : 0.5

以 上

タイトル	電気ペネトレーションの長期健全性試験条件の事故時条件の包絡性について				
説 明	<p>電気ペネトレーションの長期健全性試験における事故時雰囲気曝露試験条件と事故時条件を比較した結果を示す。</p> <p>事故時雰囲気曝露試験の試験条件は事故時条件を包絡している。</p>				
	a. 高圧動力用電気ペネトレーション				
	事故時雰囲気 曝露試験	条件	66℃換算時間	合計	
		[]	13, 113 時間	36, 101 時間	
	[]	22, 988 時間			
	設計基準事故 ^{※1}	[]	4, 372 時間	33, 111 時間	
		[]	2, 406 時間		
		[]	1, 419 時間		
		[]	24, 914 時間		
	活性化エネルギー [] kcal/mol (エチレンプロピレンゴム/推定値 ^{※2})				
^{※1} : 設計基準事故時における高圧動力用電気ペネトレーションの敷設箇所の環境条件設計値					
^{※2} : 活性化エネルギー取得試験の結果を踏まえ試験データから推定した値					
b. 高耐熱電気ペネトレーション					
事故時雰囲気 曝露試験条件	条件	94℃換算時間	合計		
	[]	404 時間	79, 395 時間		
	[]	78, 050 時間			
[]	941 時間				
設計基準 事故時条件 ^{*1}	[]	348 時間	3, 046 時間		
	[]	196 時間			
	[]	126 時間			
	[]	2, 376 時間			
重大事故等時 条件 ^{※2}	[]	1, 754 時間	14, 259 時間		
	[]	3, 633 時間			
	[]	2, 141 時間			
	[]	6, 731 時間			
活性化エネルギー: [] kcal/mol ([] /メーカー提示値)					
^{※1} : 設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値					
^{※2} : 重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件設計値					
以 上					

タイトル	事故時雰囲気機能要求のある電気ペネトレーションの環境条件について																													
説明	<p>事故時雰囲気機能要求のある電気ペネトレーションの敷設箇所の環境条件は下記の通り。</p>																													
	<p>a. 高圧動力用電気ペネトレーション</p> <table border="1" data-bbox="461 638 1291 884"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時</th> <th>設計基準事故時^{※3}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>50℃ (最高) ^{※1}</td> <td>171℃ (最高)</td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>0.014 MPa^{※2}</td> <td>0.427 MPa</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>3.3×10^{-2} Gy/h^{※1}</td> <td>1.9×10^4 Gy (最大積算値)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1: 原子炉格納容器内で電気ペネトレーションが設置されている区域の実測値 ※2: 通常運転時における高圧動力用電気ペネトレーションの敷設箇所の環境条件設計値 ※3: 設計基準事故時における高圧動力用電気ペネトレーションの敷設箇所の環境条件設計値</p> <p>b. 高耐熱電気ペネトレーション</p> <table border="1" data-bbox="461 1265 1390 1512"> <thead> <tr> <th></th> <th>通常運転時</th> <th>設計基準事故時^{※3}</th> <th>重大事故等時^{※4}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>周囲温度</td> <td>50℃ (最高) ^{※1}</td> <td>171℃ (最高)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>最高圧力</td> <td>0.014 MPa^{※2}</td> <td>0.427 MPa</td> <td></td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>3.3×10^{-2} Gy/h^{※1}</td> <td>1.9×10^4 Gy (最大積算値)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1: 原子炉格納容器内で電気ペネトレーションが設置されている区域の実測値 ※2: 通常運転時における高耐熱電気ペネトレーションの敷設箇所の環境条件設計値 ※3: 設計基準事故時における高耐熱電気ペネトレーションの敷設箇所の環境条件設計値 ※4: 重大事故等時における高耐熱電気ペネトレーションの敷設箇所の環境条件設計値</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>				通常運転時	設計基準事故時 ^{※3}	周囲温度	50℃ (最高) ^{※1}	171℃ (最高)	最高圧力	0.014 MPa ^{※2}	0.427 MPa	放射線	3.3×10^{-2} Gy/h ^{※1}	1.9×10^4 Gy (最大積算値)		通常運転時	設計基準事故時 ^{※3}	重大事故等時 ^{※4}	周囲温度	50℃ (最高) ^{※1}	171℃ (最高)		最高圧力	0.014 MPa ^{※2}	0.427 MPa		放射線	3.3×10^{-2} Gy/h ^{※1}	1.9×10^4 Gy (最大積算値)
	通常運転時	設計基準事故時 ^{※3}																												
周囲温度	50℃ (最高) ^{※1}	171℃ (最高)																												
最高圧力	0.014 MPa ^{※2}	0.427 MPa																												
放射線	3.3×10^{-2} Gy/h ^{※1}	1.9×10^4 Gy (最大積算値)																												
	通常運転時	設計基準事故時 ^{※3}	重大事故等時 ^{※4}																											
周囲温度	50℃ (最高) ^{※1}	171℃ (最高)																												
最高圧力	0.014 MPa ^{※2}	0.427 MPa																												
放射線	3.3×10^{-2} Gy/h ^{※1}	1.9×10^4 Gy (最大積算値)																												