

島根原子力発電所 2号炉 高経年化技術評価 (6事象以外の劣化事象)

2023年10月4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。

Energia

目次

変更あり

①

1. 概要	2
2. 基本方針	4
3. 評価対象と評価手法	6
4. 代表機器の技術評価	7
5. まとめ	17

1. 概要（1 / 2）

変更あり

2

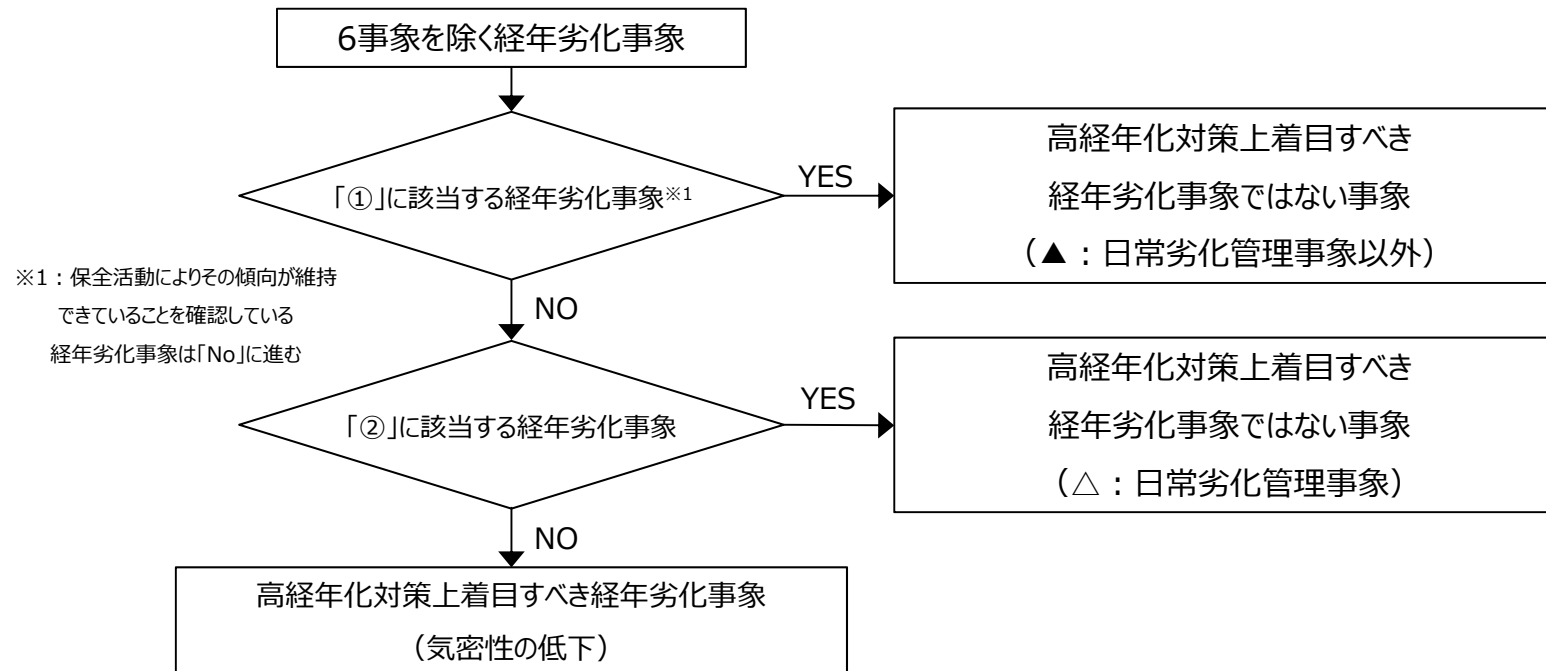
- 本資料は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第82条第1項に基づき実施した高経年化技術評価のうち、6事象※¹以外の劣化事象の評価結果を説明するものである。

※ 1：原子力規制委員会の「高経年化対策実施ガイド」に示された、低サイクル疲労、中性子照射脆化、照射誘起型応力腐食割れ、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装品の絶縁低下、コンクリートの強度低下および遮へい能力低下をいう。

- 6事象以外の劣化事象抽出フローに従い、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出を行った結果、電気ペネトレーションのシール材およびリングの気密性の低下事象が抽出された。

1. 概要 (2 / 2)

6事象以外の劣化事象抽出フロー



- ① 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象。
- ② 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの。

2. 基本方針

変更あり

4

- 評価対象機器において気密性の低下が発生する可能性について評価し、その可能性が将来にわたって発生することが否定できない場合は、その発生または進展に係る健全性評価を行い、「**实用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド**」および「**实用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド**」に定める要求事項に適合することを確認する。
- 6事象以外の劣化事象についての要求事項を以下に示す。

ガイド	要求事項
实用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド	<p>(1) 高経年化技術評価の審査</p> <p>⑫健全性の評価 実施ガイド3.1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。</p> <p>⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。</p> <p>⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。</p> <p>(2) 長期施設管理方針の審査</p> <p>①長期施設管理方針の策定 すべての追加保全策について長期施設管理方針として策定されているかを審査する。</p>

ガイド	要求事項
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド</p>	<p>3.1 高経年化技術評価の実施及び見直し</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の施設管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>イ 実用炉規則第82条第1項の規定に基づく高経年化技術評価プラント運転を開始した日から60年間</p> <p>3.2 長期施設管理方針の策定及び変更</p> <p>長期施設管理方針の策定及び変更にあたっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、施設管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期施設管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたもの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期施設管理方針を策定すること。</p>

(1) 評価対象

6事象以外の劣化事象は、低圧用、高圧用および高耐熱電気ペネトレーション（以下、「電気ペネトレーション」という）のシール材およびOリングの劣化による気密性の低下が対象となる。

気密性の低下は、気密性を維持するためのバウンダリ部に使用されているゴム、プラスチック等の高分子材料が、環境的（熱・放射線等）、電気的および機械的な要因による劣化の進展により、バウンダリ部にき裂等が発生し、気密性を維持出来なくなる事象である。

(2) 評価手法

電気ペネトレーションの評価にあたっては、IEEE Std.317 (1976,1983)、IEEE Std.323 (1974) およびIEEE Std.383 (1974) 等をもとに実施した長期健全性試験の結果および電気ペネトレーションの点検実績等から健全性について評価する。

4. 代表機器の技術評価 – 使用材料, 使用条件 (低圧用電気ペネトレーション)

7

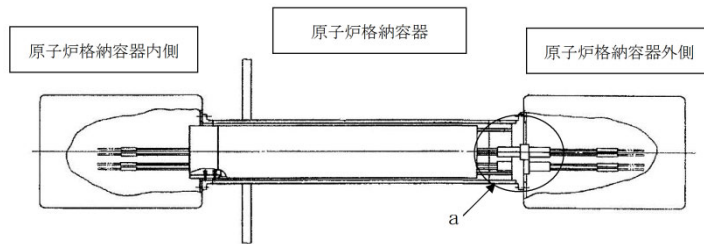
(1) 健全性評価

①-1 使用材料, 使用条件 (1/3)

a. 低圧用電気ペネトレーション

変更あり

低圧用電気ペネトレーション構造図



a部詳細

低圧用電気ペネトレーション主要部位の使用材料

No.	部位	材料
①	同軸ケーブル/電線	銅, 絶縁物 (難燃架橋ポリエチレン)
②	気密同軸導体/導体	銅
③	接続子	銅, 銅合金, 加鉛, コンスタン, アルミ
④	シール材	エポキシ樹脂
⑤	モジュールボディ	ステンレス鋼 (SUS304TP)
⑥	リング	エチレンプロピレンゴム

低圧用電気ペネトレーションの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
周囲温度	50℃ (最高) ※1	171℃ (最高)	
放射線	3.3×10^{-2} Gy/h ※1	1.9×10^4 Gy (最大積算値)	3.6×10^5 Gy*2 (最大積算値)
最高圧力	0.014 MPa	0.427 MPa	0.853 MPa*2

※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

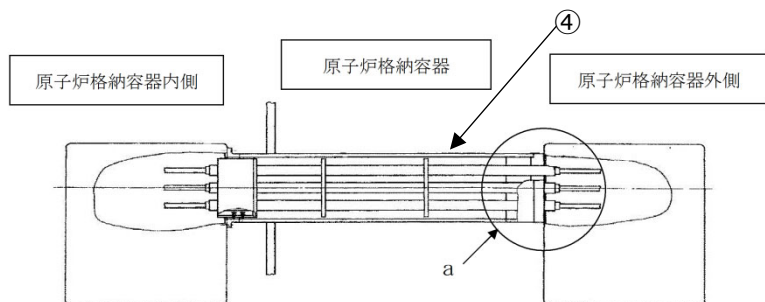
※2: 絶縁特性低下に対する使用条件については、動作要求期間が重大事故等時初期にしないことを考慮し設定しているが、気密性低下に対する使用条件については重大事故等時期間を通して気密性を維持する必要があるため、同じ機器に対する評価であるが絶縁特性低下に対する使用条件とは異なる使用条件を設定している。

4. 代表機器の技術評価 – 使用材料, 使用条件 (高圧用電気ペネトレーション)

変更あり

①-2使用材料, 使用条件 (2/3) b. 高圧用電気ペネトレーション

高圧用電気ペネトレーション構造図



高圧用電気ペネトレーション主要部位の使用材料

No.	部位	材料
①	電線	銅, 絶縁物 (Eフレン° 0t° レン° ム)
②	接続スリーブ	銅
③	シール材	Eフレン° 0t° レン° ム
④	モジュール° イ°	ステンレス鋼 (SUS304TP)

高圧用電気ペネトレーションの使用条件



a部詳細

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
周囲温度	50℃ (最高) ※1	171℃ (最高)	
放射線	3.3×10 ⁻² Gy/h ※1	1.9×10 ⁴ Gy (最大積算値)	3.6×10 ⁵ Gy (最大積算値)
最高圧力	0.014 MPa	0.427 MPa	0.853 MPa

※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

4. 代表機器の技術評価 – 使用材料, 使用条件 (高耐熱電気ペネトレーション)

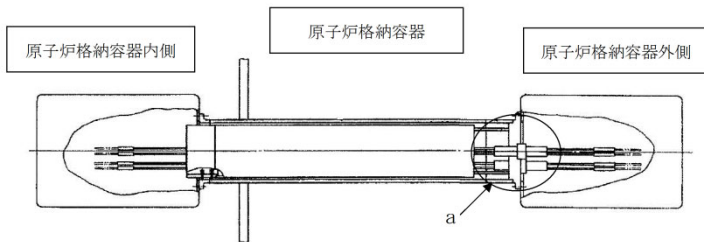
変更あり

①-3使用材料, 使用条件 (3/3) c. 高耐熱電気ペネトレーション

高耐熱電気ペネトレーション主要部位の使用材料

No.	部位	材料
①	モジュールボディ	ステンレス鋼 (SUS304TP)
②	モジュールスリーブ	ステンレス鋼 (SUS304TP)
③	リング	EPDM
④	電線	銅, 絶縁物 (フッ素樹脂混和物)
⑤	導体	銅, 鈳, アルミ他
⑥	接続子	銅, 鈳, アルミ他
⑦	シール材	

高耐熱電気ペネトレーション構造図



a部詳細

高耐熱電気ペネトレーションの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
周囲温度	50℃ (最高) ※1	171℃ (最高)	
放射線	3.3×10^{-2} Gy/h ※1	1.9×10^4 Gy (最大積算値)	3.6×10^5 Gy (最大積算値)
最高圧力	0.014 MPa	0.427 MPa	0.853 MPa

※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

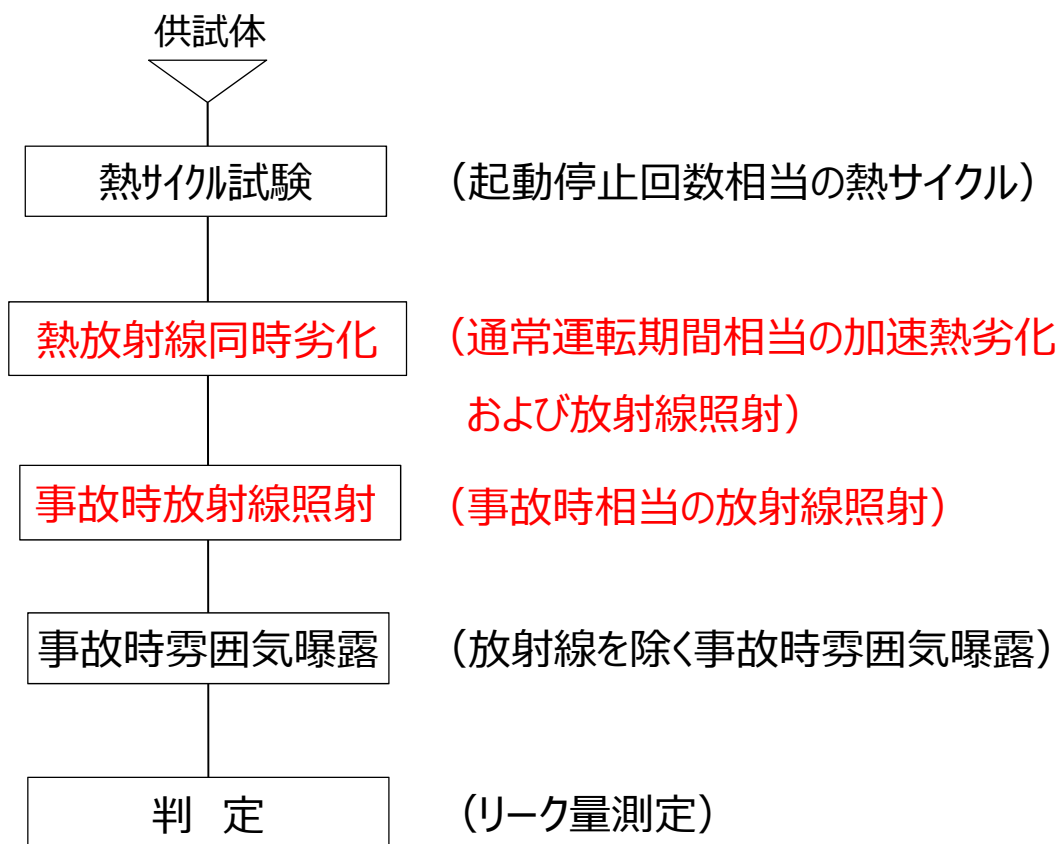
4. 代表機器の技術評価 – IEEEによる健全性評価（設計基準事故時, 重大事故等時）¹⁰ 試験手順

②-1 IEEEによる健全性評価（設計基準事故時, 重大事故等時）（1/2）

変更あり

a. 試験手順

低圧用電気ペネトレーションのIEEEに基づく試験手順および判定方法を以下に示す。



低圧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, 重大事故等時）

4. 代表機器の技術評価 — IEEEによる健全性評価（設計基準事故時，重大事故等時） 試験条件，試験結果，健全性評価結果

11

②-1 IEEEによる健全性評価（設計基準事故時，重大事故等時）（2/2）

変更あり

b. 試験条件，試験結果

試験条件は，60年間の通常運転期間（等価損傷簡易手法を用いて評価）および事故時雰囲気~~を~~を想定した条件を包絡している。

低圧用電気ペネトレーションの長期健全性試験条件

試験項目	試験条件	60年間の通常運転および事故時条件
熱サイクル試験		111回
熱放射線同時劣化		通常運転時間周囲温度最高値（50℃） 通常運転時線量積算値（ 1.8×10^4 Gy）
事故時放射線照射		【設計基準事故時】 1.9×10^4 Gy 【重大事故等時】 3.6×10^5 Gy
温度		【設計基準事故時】 171℃（最高温度） 【重大事故等時】 <input type="text"/> ℃（最高温度）
圧力	0.854MPa（最高圧力）	【設計基準事故時】 0.427MPa（最高圧力） 【重大事故等時】 0.853MPa（最高圧力）

低圧用電気ペネトレーションの長期健全性試験結果

項目	結果
リーク量測定	良

c. 健全性評価結果

健全性評価の結果，低圧用電気ペネトレーションは60年間の通常運転期間，事故時雰囲気~~に~~において気密性を維持できることを確認した。

4. 代表機器の技術評価 — IEEEによる健全性評価（設計基準事故時, 重大事故等時）試験手順

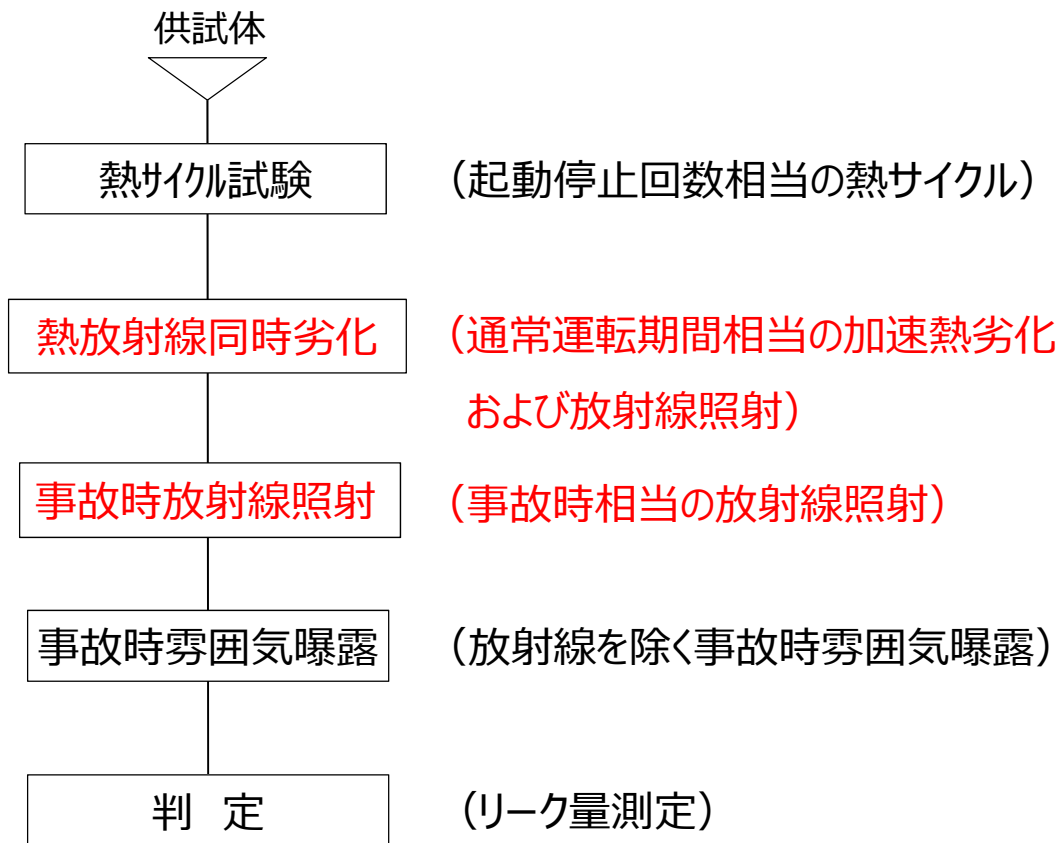
12

②-2 IEEEによる健全性評価（設計基準事故時, 重大事故等時）（1/2）

変更あり

a. 試験手順

高圧用電気ペネトレーションのIEEEに基づく試験手順および判定方法を以下に示す。



高圧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, 重大事故等時）

4. 代表機器の技術評価 – IEEEによる健全性評価（設計基準事故時，重大事故等時）(13)

試験条件，試験結果，健全性評価結果

②-2 IEEEによる健全性評価（設計基準事故時，重大事故等時）（2/2）

変更あり

b. 試験条件，試験結果

試験条件は，60年間の通常運転期間（等価損傷簡易手法を用いて評価）および事故時**雰囲気**を想定した条件を包絡している。

高圧用電気ペネトレーションの長期健全性試験条件

試験項目	試験条件	60年間の通常運転および事故時条件	
熱サイクル試験		111回	
熱放射線同時劣化		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℃） 通常運転時線量積算値（ 1.8×10^4 Gy）	
事故時放射線照射		【設計基準事故時】 1.9×10^4 Gy	【重大事故等時】 3.6×10^5 Gy
温度		【設計基準事故時】 171℃（最高温度）	【重大事故等時】 <input style="width: 30px; height: 15px;" type="text"/> ℃（最高温度）
圧力	0.854MPa（最高圧力）	【設計基準事故時】 0.427MPa（最高圧力）	【重大事故等時】 0.853MPa（最高圧力）

高圧用電気ペネトレーションの長期健全性試験結果

項目	結果
リーク量測定	良

c. 健全性評価結果

健全性評価の結果，高圧用電気ペネトレーションは60年間の通常運転期間，事故時**雰囲気**において気密性を維持できることを確認した。

4. 代表機器の技術評価 — IEEEによる健全性評価（設計基準事故時，重大事故等時）試験手順

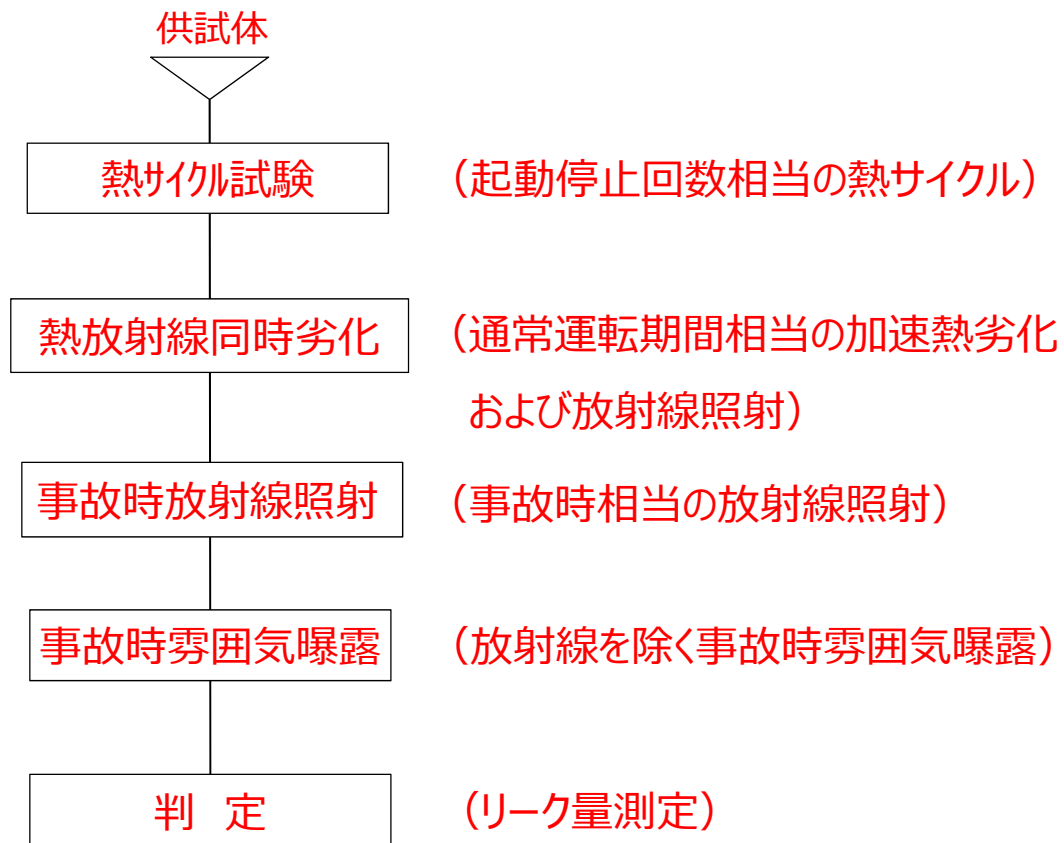
14

②-3 IEEEによる健全性評価（設計基準事故時，重大事故等時）（1/2）

変更あり

a. 試験手順

高耐熱電気ペネトレーションのIEEEに基づく試験手順および判定方法を以下に示す。



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，重大事故等時）

4. 代表機器の技術評価 — IEEEによる健全性評価（設計基準事故時，重大事故等時） 試験条件，試験結果，健全性評価結果

15

②-3 IEEEによる健全性評価（設計基準事故時，重大事故等時）（2/2）

変更あり

b. 試験条件，試験結果

試験条件は，30年間の通常運転期間（等価損傷簡易手法を用いて評価）および事故時雰囲気想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

試験項目	試験条件	30年間の通常運転および事故時条件
熱サイクル試験		111回
熱放射線同時劣化		通常運転時間周囲温度最高値 (50℃) 通常運転時線量積算値 (0.9×10^4 Gy)
事故時放射線照射		【設計基準事故時】 1.9×10^4 Gy 【重大事故等時】 3.6×10^5 Gy
温度		【設計基準事故時】 171℃ (最高温度) 【重大事故等時】 <input type="text"/> ℃ (最高温度)
圧力	0.854MPa (最高圧力)	【設計基準事故時】 0.427MPa (最高圧力) 【重大事故等時】 0.853MPa (最高圧力)

高耐熱電気ペネトレーションの長期健全性試験結果

項目	結果
リーク量測定	良

c. 健全性評価結果

健全性評価の結果，高耐熱電気ペネトレーションは30年間の通常運転期間，事故時雰囲気において気密性を維持できることを確認した。高耐熱電気ペネトレーションは運転開始後34年目に設置予定であることから，60年間の通常運転および事故時雰囲気において気密性を維持できるものと評価できる。

4. 代表機器の技術評価 – 現状保全, 総合評価, 高経年化への対応

(2) 現状保全

低圧用および高圧用電気ペネトレーションの気密性の低下に対しては、定期検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し、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無いことを確認している。

高耐熱電気ペネトレーションの気密性の低下に対しては、定期事業者検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し、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無いことを確認することとしている。

なお、定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査において、局部漏えい試験として漏えいの可能性がある箇所（シール部、貫通部、隔離弁）に対して漏えいの有無を確認し、合格後に原子炉格納容器全体の漏えい試験を実施することとしている。その際に、電気ペネトレーションに有意な気密性の低下が認められた場合には、必要により取替え等を行うこととしている。

(3) 総合評価

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気密性能を維持できると判断する。

(4) 高経年化への対応

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。

(1) 審査ガイドおよび実施ガイドへの適合性 (1/2)

審査ガイドに規定される要求事項	技術評価結果
<p>(1) 高経年化技術評価の審査</p> <p>⑫健全性の評価 実施ガイド3.1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。</p>	<p>「4.(1)」の「低圧用, 高圧用および高耐熱電気^h°補レーションの健全性評価」に示すとおり, 低圧用, 高圧用および高耐熱電気^h°補レーションについて健全性評価を実施した。</p>
<p>⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。</p>	<p>「4.(2)」の「現状保全」に示すとおり, 現状保全の評価結果から, 現状の保全策が妥当であることを確認した。</p>
<p>⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要のある新たな保全策が抽出されていることを審査する。</p>	<p>「4.(4)」の「高経年化への対応」に示すとおり, 現状保全項目に, 高経年化対策の観点から追加すべき新たな保全策はなかった。</p>
<p>(2) 長期施設管理方針の審査</p> <p>①長期施設管理方針の策定 すべての追加保全策について長期施設管理方針として策定されているかを審査する。</p>	<p>「4.(4)」の「高経年化への対応」に示すとおり, 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く, 施設管理に関する方針として策定する事項はなかった。</p>

(1) 審査ガイドおよび実施ガイドへの適合性 (2/2)

実施ガイドに規定される要求事項	技術評価結果
<p>3.1 高経年化技術評価の実施及び見直し</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の施設管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>イ 実用炉規則第82条第1項の規定に基づく高経年化技術評価プラントの運転を開始した日から60年間</p>	<p>「4. (4) 高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加する新たな保全策はなかった。</p>
<p>3.2 長期施設管理方針の策定及び変更</p> <p>長期施設管理方針の策定及び変更にあたっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、施設管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期施設管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたもの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期施設管理方針を策定すること。</p>	<p>「4. (4) 高経年化への対応」に示すとおり、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く、施設管理に関する方針として策定する事項はなかった。</p>

-
- (2) 施設管理に関する方針として策定する事項
施設管理に関する方針として策定する事項はなかった。