

島根原子力発電所 2 号炉 高経年化技術評価について

令和3年10月12日
中国電力株式会社

1. 高経年化技術評価に係る経緯および審査状況	2
2. 主な説明予定項目	5
3. 高経年化技術評価の補正予定	13
4. 長期施設管理方針への対応状況	15

1. 高経年化技術評価に係る経緯および審査状況

■ 高経年化技術評価に係る経緯および審査状況

- 島根 2 号炉の高経年化技術評価については、平成30年2月に保安規定変更認可申請を行い、計 5 回の審査会合において新規制基準適合性審査の影響を受けない範囲の説明を実施。

高経年化技術評価に係る経緯

主な経緯	日付	主な内容
保安規定変更認可申請	H30.2.7	保安規定変更認可申請(高経年化技術評価)
第12回審査会合	H30.3.19	高経年化技術評価に係る概要説明
第13回審査会合	H30.7.4	共通事項および主要 6 事象に係る説明
第14回審査会合	H30.9.26	主要 6 事象に係る説明 過去の審査会合に対する指摘事項への回答
第15回審査会合	H30.12.19	過去の審査会合に対する指摘事項への回答
第16回審査会合	H31.2.20	過去の審査会合に対する指摘事項への回答

1. 高経年化技術評価に係る経緯および審査状況

- これまでの説明状況と新規制基準適合性審査を踏まえ、今後説明を予定している主な項目を以下に示す。

項目		第16回審査会合 までの説明状況	今後説明を予定している 主な項目	備考
共通事項		概ね説明済	当初申請以降に新たに得られた運 転経験および最新知見の反映状況	P5参照
技術 評価	コンクリートの強度低 下および遮へい能力 低下	概ね説明済	なし	
	2相ステンレス鋼の熱 時効	一部残件有	き裂等の評価条件を含めた破壊評 価※1	P6参照
	照射誘起型応力腐 食割れ	概ね説明済	なし	
	低サイクル疲労	概ね説明済	解析モデル変更に伴う再評価※1	P7参照
	中性子照射脆化	一部残件有	重大事故等時の加圧熱衝撃 評価※2	P8参照

※1：新規制基準適合性審査により確定した耐震条件の反映

※2：新規制基準適合性審査により確定した重大事故等時の環境条件の反映

1. 高経年化技術評価に係る経緯および審査状況

項目		第16回審査会合 までの説明状況	今後説明を予定している 主な項目	備考
技術 評価	絶縁特性低下	一部残件有	代表機器の追加 重大事故等時の耐環境評価※	P9参照
	主要な劣化事象以外 の事象	一部残件有	代表機器の追加 重大事故等時の耐環境評価※	P10参照
耐震安全性評価		未実施	基準地震動を踏まえた 耐震安全性評価	P11参照
耐津波安全性評価		未実施	基準津波を踏まえた 耐津波安全性評価	P12参照

※：新規制基準適合性審査により確定した重大事故等時の環境条件の反映

- 主項目以外として、新規制基準適合性審査他により追加した技術評価結果を反映予定
 - ・アクセスホールカバーき裂事象に対する概要説明
 - ・追加機器の反映（評価は代表機器に包絡される見込み）

2. 主な説明予定項目〈運転経験および最新知見の反映状況〉

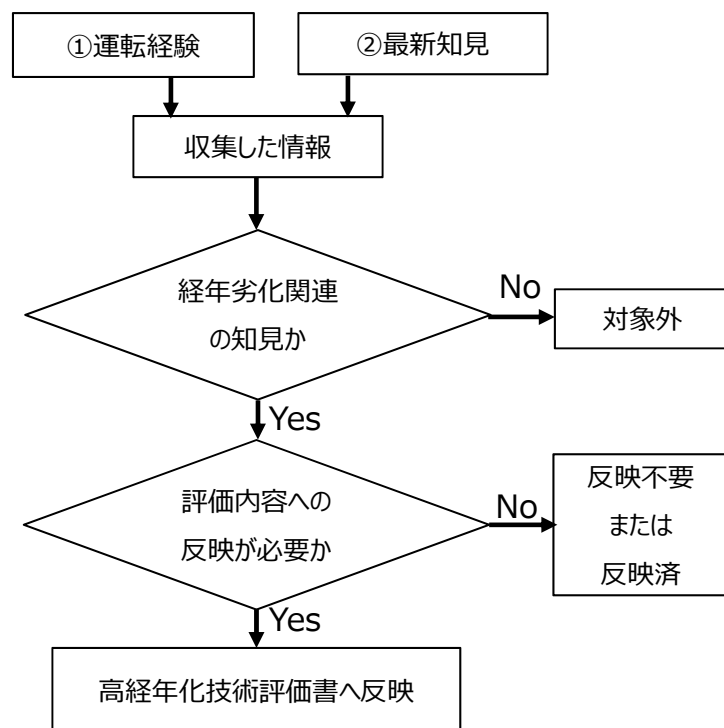
■ 当初申請以降に新たに得られた運転経験および最新知見の反映状況

○概要

- 高経年化技術評価に係る運転経験および最新知見については下図の反映フローのとおり収集し、高経年化技術評価書へ反映する。

○今後説明予定の内容

- 当初申請以降に新たに得られた運転経験および最新知見について反映が必要となったものについて説明予定。



①運転経験

- ・原子力施設情報公開ライブラリーにおいて公開されている「トラブル情報」「保全品質情報」「その他情報」
- ・米国原子力規制委員会のBulletin, Generic Letter, Information Notice, Regulatory Issue Summary 他

②最新知見

- ・原子力関連の法令改正
- ・日本機械学会, 日本電気協会, 日本原子力学会の標準類
- ・原子力規制委員会のホームページに掲載されている試験研究の情報 他

図 運転経験および最新知見の反映フロー

2. 主な説明予定項目〈2相ステンレス鋼の熱時効〉

■ き裂等の評価条件を含めた破壊評価

○ 評価概要

- 使用温度が250℃以上の環境でステンレス鋼を使用している機器に対して、60年間の靱性低下を予測し、地震発生時のき裂進展力と比較を行い、健全性を確認する。

○ 今後説明予定の内容

➤ 代表機器の選定

材料の靱性低下の観点から、フェライト量が最大となる機器（原子炉再循環ポンプ）と耐震評価時の発生応力が最大となる機器を代表機器とする。

➤ 破壊力学による健全性の評価

外力の作用によるき裂進展力 (J_{app}) と材料のき裂進展抵抗 (J_{mat}) を比較し、延性き裂が発生の有無およびき裂の不安定化有無について説明予定。

〈破壊力学評価の判定基準〉

$J_{app} < J_{IC}^*$ の場合：延性き裂進展は生じない

$J_{app} \geq J_{IC}$ の場合：延性き裂進展は生じる

⇒ J_{app} と J_{mat} の交点において、 J_{mat} の傾きが J_{app} の傾きを上回れば発生したき裂が不安定化しない。

※ J_{IC} ：延性き裂が成長を始める破壊靱性値を示す

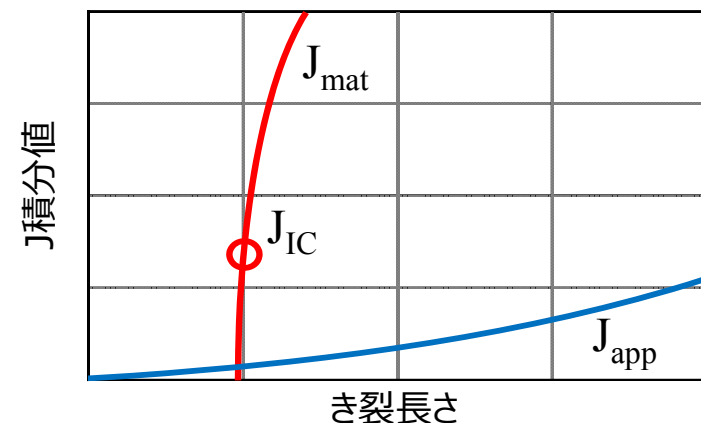


図 破壊力学による評価イメージ

2. 主な説明予定項目〈低サイクル疲労〉

■ 解析モデル変更に伴う再評価

○評価概要

- 原子炉の起動・停止時などに受ける温度・圧力変化（過渡事象）によって発生する低サイクル疲労について、60年時点の健全性を確認する。
- これまでの運転経験による実績過渡回数を踏まえ、今後の運転によって発生する推定過渡回数を算出し、60年時点の疲労評価を行う。

○今後説明予定の内容

- 評価条件および評価結果について説明済であるが、耐震補強のための配管サポートの追設により解析モデルの見直しが必要となったことから、再評価を実施し、その結果を説明予定。

○再評価予定の主な機器

- 再循環系配管および弁
- 主蒸気系配管および弁
- 給水系配管および弁

2. 主な説明予定項目〈中性子照射脆化〉

■ 重大事故等時の加圧熱衝撃評価

○ 評価概要

- 加圧された原子炉圧力容器内部が急激に冷却されることで容器内面に高い引張応力が発生する事象である加圧熱衝撃事象に対して、原子炉圧力容器の健全性を確認する。

○ 今後説明予定の内容

- 重大事故等時の環境条件（炉心損傷防止対策の有効性評価における重要事故シーケンス及び格納容器破損防止対策の有効性評価における評価事故シーケンスに係る温度・圧力条件）が設計基準事故時の環境条件に包絡されることを説明予定。

【設計基準事故時の評価】

国内の全BWRプラントを対象とした設計基準事故（供用状態D）時の加圧熱衝撃評価※については、右図のとおり、静的平面ひずみ破壊靱性（ K_{IC} ）が応力拡大係数（ K_I ）を上回ることが確認されており、破壊靱性の裕度が十分にあることが確認されている。

※：梶田他、「沸騰水型原子炉圧力容器の過渡事象における加圧熱衝撃の評価」, 日本保全学会第10回学術講演会, H25.7

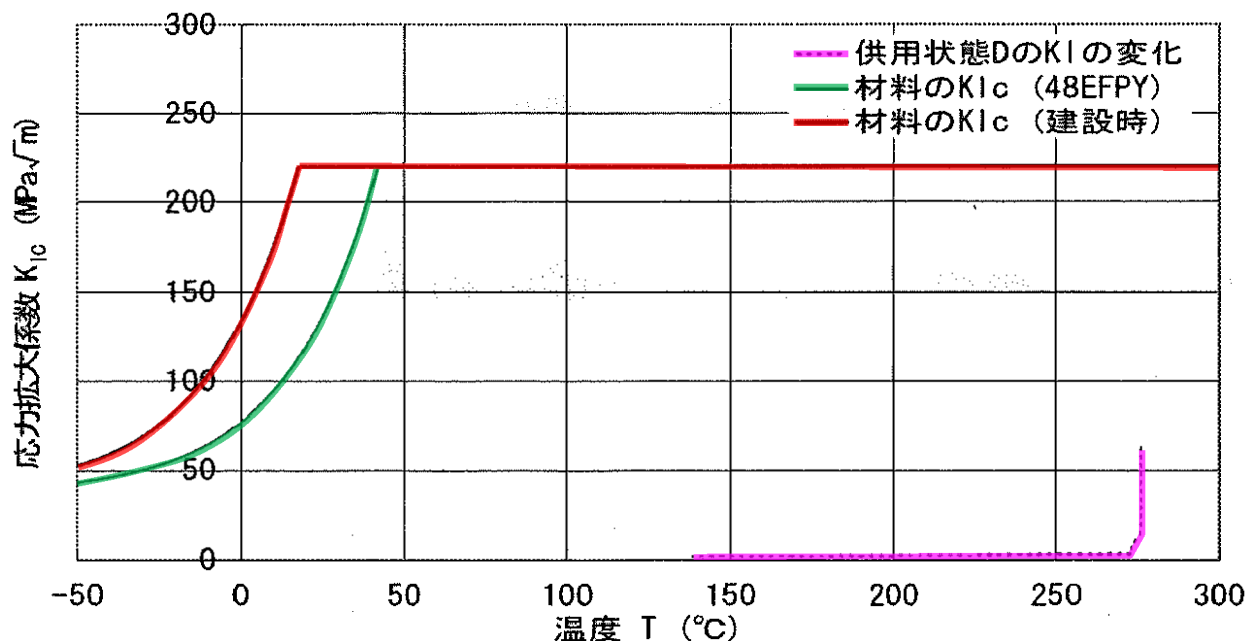


図 供用状態Dにおける原子炉圧力容器の加圧熱衝撃評価(BWR-5)

2. 主な説明予定項目〈絶縁特性低下〉

■ 代表機器の追加，重大事故等時の耐環境評価

○ 評価概要

- 絶縁特性低下は，機器の絶縁物が熱的，電氣的，機械的及び環境的な要因等で経年変化し，絶縁特性を確保できなくなる事象であり，通常運転時の経年変化に加え事故時雰囲気での経年変化による絶縁特性低下を確認することで，機器の健全性を評価する。

○ 今後説明予定の内容

- 常設重大事故等対処設備の追加に伴い，追加または変更された代表機器の仕様について説明予定。
- 重大事故等時の環境条件を踏まえ，設計基準事故等時の環境条件に包絡されない機器について，耐環境試験にて重大事故等時の機器の健全性を説明予定。

説明項目	対象機器
代表機器の追加	電気ペネトレーション，ケーブル，計測制御設備 (例：酸素濃度計，難燃高周波同軸ケーブル)
重大事故等時の耐環境試験	電気ペネトレーション，ケーブル，計測制御設備， ポンプモータ，電動弁 (例：難燃三重同軸ケーブル，残留熱除去系電動弁)

2. 主な説明予定項目〈主要な劣化事象以外の事象〉

■ 代表機器の追加，重大事故等時の耐環境評価

○対象となる事象

- 電気ペネトレーションのシール材およびOリングの劣化による気密性の低下事象

○評価概要

- 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，熱的，電氣的，機械的及び環境的な要因等で経年変化し，気密性を維持出来なくなる事象であり，通常運転時の経年変化に加え事故時雰囲気での経年変化による気密性の低下を確認することで，機器の健全性を評価する。

○今後説明予定の内容

- 常設重大事故等対処設備の追加に伴い，追加された電気ペネトレーションの仕様について説明予定。
- 重大事故等時の環境条件を踏まえ，設計基準事故時の環境条件に包絡されない機器について，耐環境試験にて重大事故等時の機器の健全性を説明予定。

2. 主な説明予定項目〈耐震安全性評価〉

■ 基準地震動を踏まえた耐震安全性評価

○ 評価概要

- 技術評価を踏まえ、耐震安全性に有意な影響を与える可能性のある経年劣化事象を選定する。
- 上記で選定した経年劣化事象を評価対象機器に反映した評価モデルを作成する。
- 基準地震動および弾性設計用地震動等による評価を行う。

○ 当初申請からの主な変更予定箇所

- 基準地震動の見直し（600gal⇒820gal）
- 耐震クラス見直しの取りやめによるBクラス施設の評価の追加

経年劣化事象	評価対象機器	評価概要
摩耗, 腐食	熱交換器	摩耗, 腐食による伝熱管の減肉を反映したモデルによる耐震安全性評価を実施
腐食	配管, 基礎ボルト他	腐食による配管, 基礎ボルトの減肉を反映したモデルによる耐震安全性評価を実施
疲労割れ	原子炉圧力容器他	通常運転時および地震時の疲れ累積係数の合計値と許容値の比較により耐震安全性評価を実施
中性子照射脆化	原子炉圧力容器	中性子照射脆化と地震を考慮して求めた圧力－温度制限曲線と運転時の飽和圧力－温度線図の比較により耐震安全性評価を実施

2. 主な説明予定項目〈耐津波安全性評価〉

■ 基準津波を踏まえた耐津波安全性評価

○ 評価概要

- 対象設備・構造物の材料・環境条件等を踏まえ発生し得る経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象と現状保全内容から、構造・強度上の影響の有無を確認する。
- 影響がある場合は追加保全内容を検討し、津波が来襲した場合においても対象設備・構造物が健全であることを確認する。

○ 当初申請からの主な変更予定箇所

- 基準津波及び津波の浸水経路を考慮した耐津波設計上必要な設備・構造物の反映

対象設備・構造物		浸水防護施設の区分
ポンプ	循環水ポンプ, タービン補機海水ポンプ, 除じんポンプ	浸水防止設備
配管	循環水系配管, タービン補機海水系配管, 海水電解装置設備系配管	浸水防止設備
弁	タービン補機海水系, 液体廃棄物処理系, 津波防止設備系	浸水防止設備
コンクリート構造物および鉄骨構造物	防波壁, 防波壁通路防波扉, 流路縮小工	津波防護施設
	屋外排水路逆止弁, 防水壁, 水密扉	浸水防止設備
計測制御設備	取水槽水位計	津波監視設備

3. 高経年化技術評価の補正予定

■ 高経年化技術評価の補正予定

- 保安規定変更認可申請（高経年化技術評価）の補正時期については、耐震安全性評価が主要な説明項目であることから、耐震性に係る設工認補正（第3回補正：令和4年2月以降）後に速やかに実施する計画である。

	工程
<p>保安規定 (高経年化技術評価)</p>	<p>▼初回申請 (H30.2.7) ▼運開30年目 (H31.2.10) ▽補正 (設工認補正(第3回)以降速やかに)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">H30.2.7申請内容の審査</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 100px; margin-bottom: 5px;">追加部分の審査</div> <p style="text-align: right;">↑ 反映</p>
<p>設計および工事計画 (新規制基準適合性)</p>	<p>▼初回申請 (H25.12.25) ▼補正(第1回) (R3.10.1) ▽補正(第2回) (R3.11予定※) ▽補正(第3回) (R4.2以降※)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">設計および工事計画の適合性審査</div> <p style="text-align: center;">▲設置許可 (R3.9.15)</p>
<p>【参考】 保安規定 (新規制基準適合性)</p>	<p>▼初回申請 (H25.12.25) ▽補正 (R4.4以降※)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">保安規定の適合性審査</div>

※ 設工認補正時期等は現在の計画であり、進捗により変更する可能性がある。

3. 高経年化技術評価の補正予定

■ 高経年化技術評価の補正予定【補足】

- 高経年化技術評価の補正のうち主要となる耐震安全性評価を始め，2相ステンレス鋼の熱時効及び低サイクル疲労については，第2回及び第3回工認補正時に提出予定の「耐震性に関する説明書」を踏まえた評価を実施する。

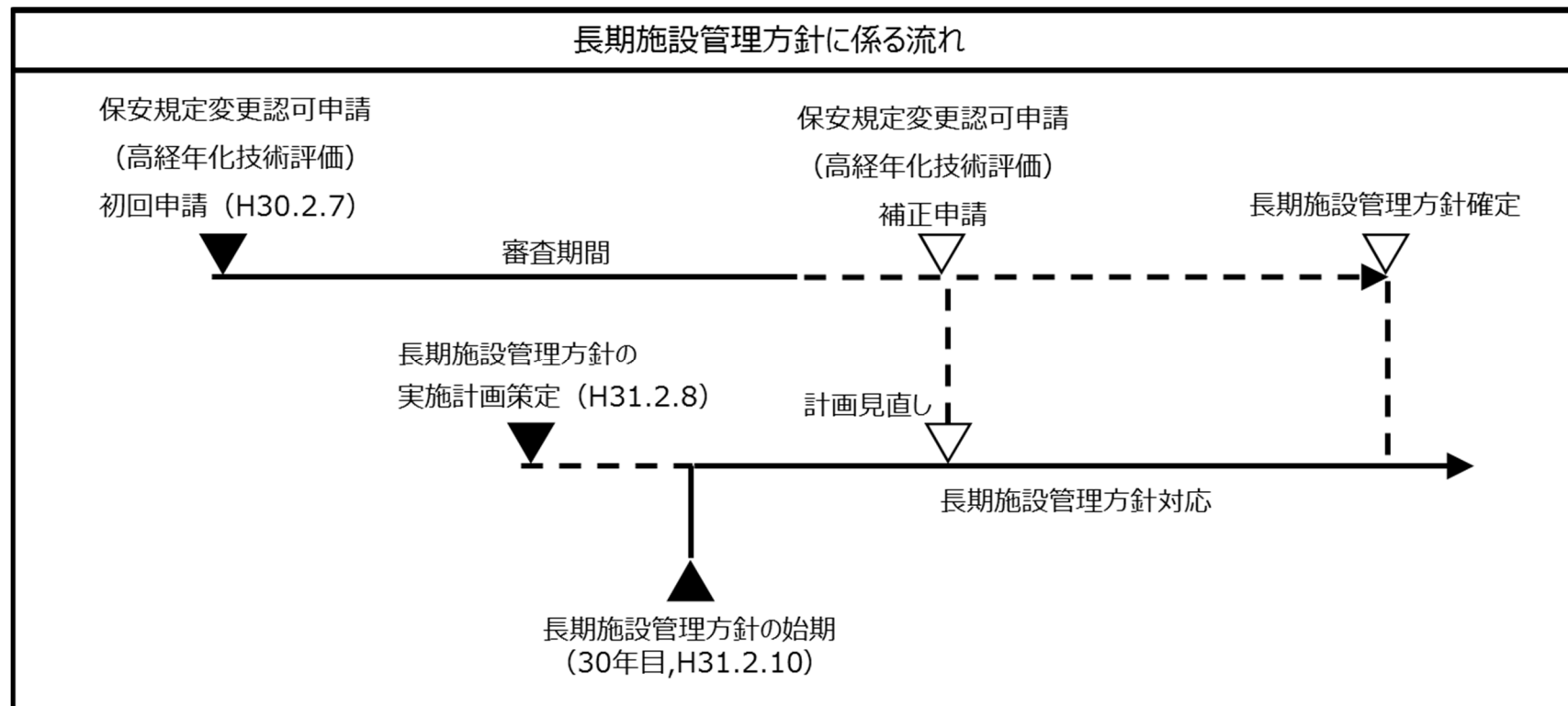
設工認補正	主な設工認補正内容	耐震計算書を踏まえた高経年化技術評価内容
第1回補正 (R3.10.1補正)	<ul style="list-style-type: none"> ・要目表 ・基本設計方針 ・施設共通／施設個別に要求される説明書 	-
第2回補正 (R3.11予定)※	<ul style="list-style-type: none"> ・強度に関する説明書（強度計算書） ・耐震性に関する説明書（耐震計算書） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐震安全性評価：耐震補強等を反映した設工認用の解析モデルを用いて，配管・基礎ボルト等が減肉した際の評価を実施する。 ● 2相ステンレス鋼の熱時効：耐震評価結果に基づき，発生応力が最大となる機器を代表機器に選定し，評価を実施する。 ● 低サイクル疲労：耐震補強を反映した設工認用の解析モデルを用いて，再評価を実施する。
第3回補正 (R4.2以降を予定)※	<ul style="list-style-type: none"> ・強度に関する説明書（強度計算書） ・耐震性に関する説明書（耐震計算書） 	

※ 設工認補正時期等は現在の計画であり，進捗により変更する可能性がある。

4. 長期施設管理方針への対応状況

■ 島根 2 号炉の長期施設管理方針※に係る対応

- 島根 2 号炉は平成31年2月10日に運転開始後30年を経過したため、申請済の「長期施設管理方針」に基づき、「長期施設管理方針の実施計画」を策定し、必要な保全策を実施中。



※：保安規定変更認可申請時は長期保守管理方針として申請しているが、法令改正により長期施設管理方針と読み替える。

4. 長期施設管理方針への対応状況

■ 島根2号炉の長期施設管理方針に係る対応状況

- 申請済の長期施設管理方針への対応状況を以下に示す。今後実施する高経年化技術評価書の補正申請に伴い、追加・変更すべき保全策が抽出された場合は、施設管理の項目へ反映を行う。

No.	施設管理の項目	実施時期※	対応状況
1	事故時雰囲気内で機能要求されるケーブル（難燃PNケーブル）の絶縁特性低下については、評価寿命までの取替または型式等が同一の実機同等品を用いて60年間の通常運転および事故時雰囲気による劣化を考慮した事故時耐環境性能に関する再評価を実施する。	中長期	<ul style="list-style-type: none"> ・対象のケーブルについて同一型式への取替を計画。 ・令和3年～令和7年度に取替工事実施予定。
2	事故時雰囲気内で機能要求されるケーブル接続部（同軸コネクタ：ポリエーテルエーテルケトン）の絶縁特性低下については、型式等が同一の実機同等品を用いて60年間の通常運転および事故時雰囲気による劣化を考慮した事故時耐環境性能に関する再評価を実施する。	中長期	<ul style="list-style-type: none"> ・対象のケーブル接続部と同型式のもので行った耐環境試験結果を確認しており、重大事故等時の影響について確認を実施中。

※：平成31年2月10日から10年間