

安全な長期運転に向けた経年劣化管理の取組
(設計経年化評価の検討)

2022年4月19日

主要原子力施設設置者

(北海道電力等9社、日本原電及び電源開発)

1. はじめに
2. 設計経年化評価について
3. 設計経年化評価の状況
 3. a 内的事象に係る評価
 3. b 外的事象に係る評価
4. まとめ

1. はじめに

✓ 各プラントにおける長期運転を安全に進めるため、**物理的及び非物理的の両面から、経年劣化管理の取組**を進めているところ。

①設備の経年劣化への対応

②**設計経年化管理（設計古さ対応）⇒本資料にてご説明**

③製造中止品への対応

✓ 設計経年化管理については、具体的には、**ATENAガイドラインに基づき、設計経年化管理評価を実施**しているところであり、**本日は、評価の状況について説明**させていただく。

《設計経年化管理に係る経緯》

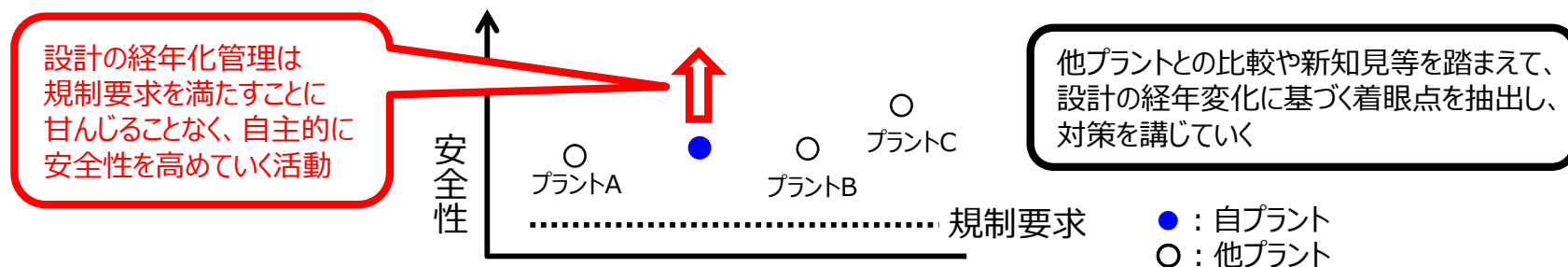
- ・2019年12月のCNO意見交換会にて設計古さに対する取組方針を説明
- ・2020年3月～7月の「経年劣化管理に係るATENAとの実務レベルの技術的意見交換会」にてATENAから「設計の経年化管理評価ガイドライン（案）」について説明し、規制庁殿から取組方針について気付きの点をコメントをいただいた（原子力規制委員会（2020年7月22日）に意見交換会の結果を報告）
- ・2020年9月、ATENAから「設計の経年化管理評価ガイドライン」が発刊
- ・2021年2月、事業者の実施計画を策定（ATENAにて公表）

2. 設計経年化評価について

【設計経年化評価】

- ✓ 福島第一原子力発電所事故では、タービン建屋地下に安全系の電源系設備が設置されているという古いプラント固有の設計による津波等の浸水に対する脆弱性が一因となった。
- ✓ 福島第一原子力発電所の事故を踏まえて策定された新規制基準に適合することで、このような脆弱性は改善しているが、規制要求を満たすことに甘んじることなく、技術の進歩、安全要求の変遷等の変化に柔軟に対応するために、新旧プラント設計の違いに着目して安全性を評価する事業者自主の仕組みとして「設計経年化評価」を導入することとした。
- ✓ 設計経年化評価は、新規制基準適合プラントに適用する。

≪設計経年化評価のイメージ≫



3. 設計経年化評価の状況

- ✓ **内の事象**については、ATENAガイドラインに基づき、**BWR・PWRともに、①設計情報の比較による設計経年化の着眼点の抽出を実施。**⇒ 5
- ✓ 今後、**②評価、③対策案の検討を進めていく。**⇒ 6
- ✓ **外的事象**については、**①設計経年化の着眼点の抽出の手法について検討中。**⇒ 7

【ATENAガイドラインの評価フロー概要】

① 設計経年化の着眼点の抽出

- ・内の事象については、設計情報の比較により設計経年化の着眼点を抽出。
- ・外的事象については、PRAやストレステスト等により設計経年化の着眼点を抽出。

(外的事象は、共通的に外力が働く事象であるため、個別の設備等の設計比較で設計経年化の着眼点を抽出することは困難である。そこでプラントの当該ハザードに対する脆弱性を評価する PRA 等を実施し、リスク評価の中で脆弱性を大きく支配する設計上の特性を設計経年化の着眼点として抽出していくことが効果的である。)



② 評価

- ・①で抽出した着眼点毎に、PRA評価結果等の視点から安全上の重要性を評価。



③ 対策案の検討

- ・評価された着眼点毎の重要性に応じ、対策案を検討。
- ・考え得る対策を幅広く列挙し、対策案導入に伴う悪影響の確認や必要なリソースを整理。



④ 対策要否の検討及び実施

- ・個別プラント評価結果と対策導入による効果およびリソースを総合的に勘案し、具体的な対策を検討の上、採否を判断。



⑤ 継続的な評価

- ・事業者は、国内での新設計情報や海外の新知見等を活用し、評価を実施。

3. a 内的事象に係る評価（1/2）

【ATENAガイドラインの概要（①設計経年化の着眼点の抽出（内的事象））】

✓ 設計情報比較から設計経年化の着眼点を抽出。

a)安全機能の整理：安全上重要なDB設備の機能等を整理。

b)設計差異の整理：安全機能毎に設備の物理的構成・形状等の情報を整理。

c)安全上の着眼点の抽出：原子炉リスクの観点から有意と考えられる差異を着眼点として抽出。

【抽出した設計経年化の着眼点の例】

炉型	設備	a)安全機能の整理	b)設計差異の整理	c)安全上の着眼点の抽出
BWR	格納容器	閉じ込め機能	格納容器型式（MARK1改、MARK2、RCCV）	格納容器の自由体積，保有水量，最高使用圧力 （格納容器破損モードの観点）
	制御棒駆動機構（CRD）	緊急停止機能	ABWR：電動・水圧駆動式改良型制御棒駆動機構 BWR：水圧式制御棒駆動機構	電動駆動による制御棒のバックアップ（run-in）の有無 （設備信頼性の観点）
PWR	非常用炉心冷却設備（ECCS）	炉心冷却機能	プラントA：高圧注入ポンプと充てんポンプの2台で構成 プラントB：高圧注入ポンプのみで構成	高圧注入ポンプの構成 （設備信頼性の観点）
		炉心冷却機能	プラントA：再循環切替が自動方式 プラントB：再循環切替が手動方式	ECCSの再循環切替方式 （設備信頼性・操作性の観点）
		炉心冷却機能	プラントA：低温側配管と蓄圧注入配管の管台が統合 プラントB：分離	－ （炉心冷却機能に対して影響はないと考えられることから着眼点として抽出しない）
	1次冷却材ポンプ（RCP）	炉心冷却機能	RCPシャットダウンシールの導入有無	RCPシャットダウンシール導入有無 （設備信頼性の観点）

3. a 内的事象に係る評価 (2/2)

【ATENAガイドラインの概要 (②評価)】

✓ 以下に示すような**安全上の観点からの評価**を実施する。

- a) PRA評価結果：全CDF等に差が生じるか、リスク重要度が極端に大きくなるものはないか 等
- b) PRAモデル化要素：フォールトツリー頂上事象確率やヒューマンファクタの確率が大きくなることはないか 等
- c) 安全解析：事象進展や判断基準への到達時間等の時間的な要素の面で、安全余裕に影響が出るか
- d) その他、安全上の影響を評価できると考えられる視点

【評価の方針】

抽出した**設計経年化の着眼点**について、**PRA評価結果、安全解析、ヒューマンファクタ等の観点から評価を行い、安全上の重要性を整理し、対策案を検討**していく。また、**影響が小さくとも改善点が見出せるものは改善案を検討**する。

【評価の例】

炉型	設計経年化の着眼点	評価の例 (差が大きな観点を例として記載)
BWR	格納容器の自由体積, 保有水量, 最高使用圧力	<p><a) PRA評価結果の観点からの評価></p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉格納容器の破損頻度の寄与が大きいのは過圧破損である。 <p><c) 安全解析の観点から評価></p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉出力と格納容器の自由体積等の関係から過圧破損防止の操作が必要となるタイミングに差がある。
PWR	ECCSの再循環切替方式	<p><a) PRA評価結果の観点から評価></p> <ul style="list-style-type: none"> ・再循環切替方式が手動・自動方式のそれぞれのプラントで、CDFに差がある。 <p><b) ヒューマンファクタの観点から評価></p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動切替方式に比べ、手動切替方式では短時間で複数の操作を実施する必要があり、人的過誤の観点から影響がある。

3. b 外的事象に係る評価（1/2）

【ATENAガイドラインの概要（①設計経年化の着眼点の抽出（外的事象））】

- ✓ **PRA等から設計経年化の着眼点を抽出。以下の方法やその他の方法から評価対象ハザード毎に適切な方法を選択。**
 - a)PRA：ドミナントシーケンスに含まれる機器等に着目し、設計の経年化による影響を考え得るものを抽出。
 - b)安全裕度評価：対象ハザードの強度を設計基準より大きくした場合に対する脆弱性に着目し、抽出。

【設計経年化の着眼点の抽出手法の検討状況】

- ✓ 効果的に設計経年化の着眼点を抽出するため、**外的事象それぞれの特性を踏まえ、設計基準を超える領域に対する適切な評価手法**について検討中。（詳細は 8 ）

地震	津波	内部火災
<p>影響範囲が広範に渡ることから、プラント応答を網羅的に評価できるPRAや安全裕度評価の知見を利用することが有効であると考えられる。</p>		<p>影響範囲が限定的であることから、過去の海外のPRAからの知見などを活用し、決定論で影響範囲を設定して評価することが有効であると考えられる。</p>

3. b 外的事象に係る評価 (2/2)

【地震の評価手法の例】

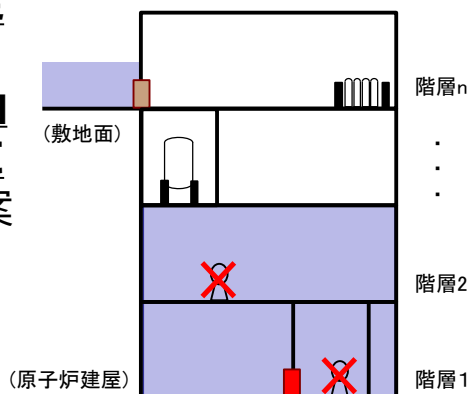
- ✓ 実施済の地震PRA評価結果のプラント間比較や、個別プラントにおけるドミナントシーケンス等の分析を行い、対策案を検討
 - ・プラント間比較：事故シーケンス別CDF、リスク重要度の比較
 - ・個別プラントにおける分析：主要なシナリオの要因（機器損傷・操作失敗）について分析

【津波の評価手法の例】

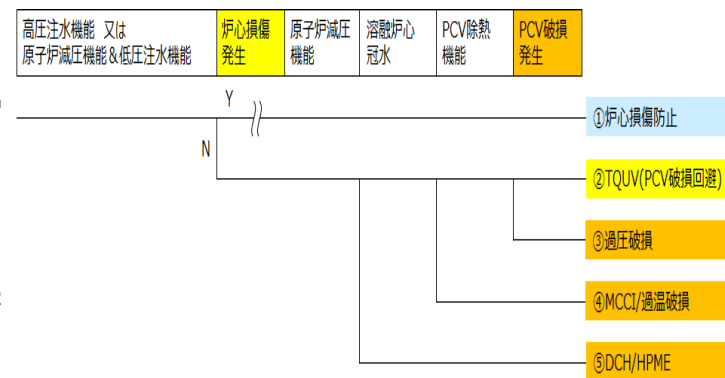
- ✓ **設計基準を大きく超える津波を想定し、建屋最下階から順に浸水※していった場合に機能喪失する系統を抽出した上で簡易的なイベントツリーにより事故シーケンスを整理し、対策案を検討**

※階層毎に一律に浸水するものと仮定

建屋内浸水の想定イメージ
(階層2より下部が浸水した場合)



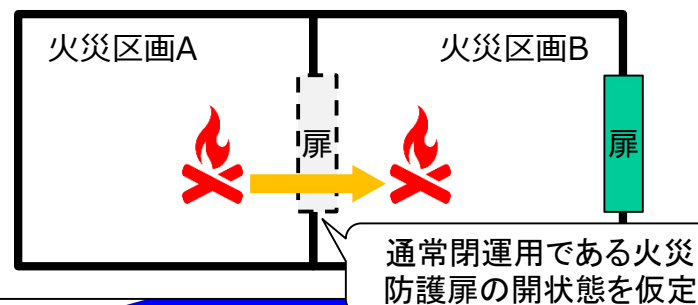
簡易イベントツリーのイメージ



【内部火災の評価手法の例】

- ✓ **火災影響の厳しい火災区画での火災発生を前提に、設計基準を超える想定として火災防護扉（通常閉運用）に期待せずに隣接区画への延焼を仮定し、対策案を検討**

隣接区画への延焼の想定イメージ



4. まとめ

- ✓ 長期運転を安全に進めていくため、設計経年化評価を進めているところ。
- ✓ 設計経年化評価のうち、内的事象に係る評価については、抽出した設計経年化の着眼点の評価、対策案の検討を進め、順次、個別プラントの評価を実施していく。
- ✓ 外的事象に係る評価については、各事象の評価手法の検討を進め、ATENAガイドへ反映し、順次、個別プラントの評価を実施していく。