

原子力の安全性・信頼性向上に係る 今後の主な取組み

2022年5月16日
九州電力株式会社

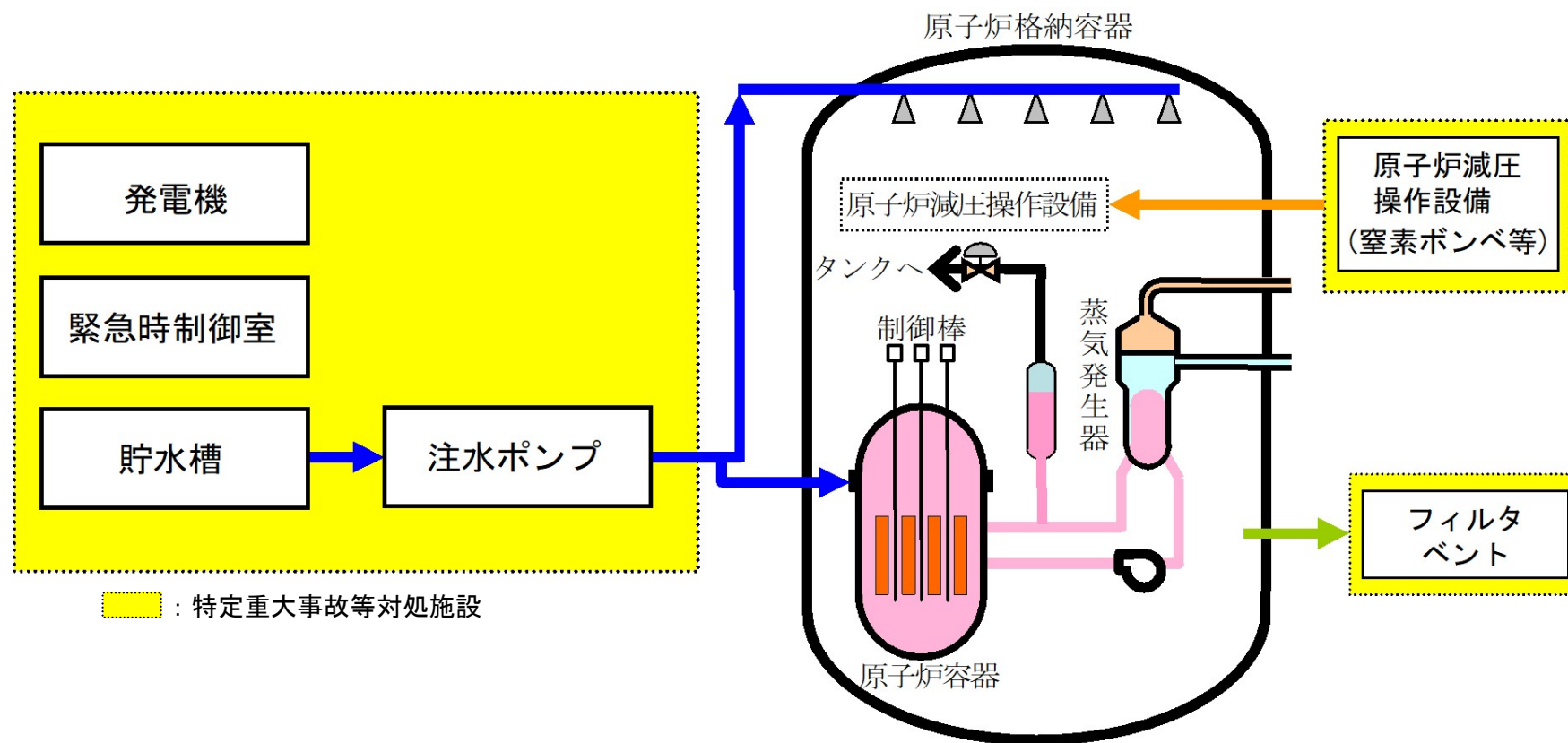
1. 玄海原子力発電所 特定重大事故等対処施設設置工事
2. 川内原子力発電所 特別点検
3. 安全性向上評価届出制度の更なる活用

1. 玄海原子力発電所

特定重大事故等対処施設設置工事

【施設概要】

- 原子炉補助建屋等への故意による大型航空機の衝突その他テロリズムにより、原子炉を冷却する機能が喪失し炉心が著しく損傷した場合に備えて、原子炉格納容器の破損を防止するための機能を有する施設であり、原子力施設本体の工事計画認可日から5年を経過するまでに、設置が要求されているもの。（更なる信頼性向上のためのバックアップ施設）



【状況】

- 安全を最優先に、設置期限内の完成を目指し、特定重大事故等対処施設（特重施設）の設置工事に取り組んできた。
- 2021年11月16日、**特重施設の工事現場において火災が発生した**。また、同年12月11日、**緊急時対策棟の工事現場において鉄筋が落下し、請負会社作業員が負傷した**。
- このため、**工事を一旦中断し、徹底した原因究明と再発防止対策**を講じるとともに、**作業安全達成のための取組み**を行った。
- 本年2月9日から**工事現場の安全を再度確認しながら慎重に工事を再開した**。
工事の状況等を踏まえ工程を見直した結果、特重施設が設置期限までに完成しない見通しとなったため、3，4号機の運転計画を変更した。

		2022年度
玄海3号機 定期検査（停止期間）	設置期限	▽8/24
	変更前	(1/21) 6/25 第16回
	変更後	(1/21) 2023/1/20 第16回
玄海4号機 定期検査（停止期間）	設置期限	▽9/13
	変更前	4/30 9/21 第14回
	変更後	4/30 7/10 9/12 2023/2/23 第14回 ←→ 第15回

夏季の供給力確保

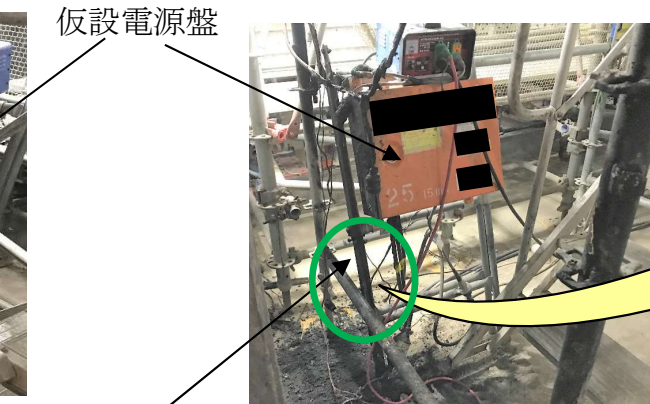
【特定重大事故等対処施設の工事現場における火災について】

- 特定重大事故等対処施設の工事現場において、2021年11月16日、電源ケーブルを巻き取る電工ドラム付近から、発火及び発煙を確認した。
- 狭隘な場所に仮設電源盤を設置したため、取付架台の脚部を開いて設置することができず、取付架台の脚部の開き止め金具が固定されていなかったことから、ケーブルがこの開き止め金具と脚部との間に挟まったこと等により、半断線が生じ、火災に至ったものと推定した。
- 仮設電源盤は狭隘な場所には設置せず、取付架台の脚部を開いて設置し、開き止め金具を確実に取り付けることをルール化する等の対策を行った。
- 小さな変化に気づき、作業に係る危険を早期に察知できるよう、4S（整理、整頓、清掃、清潔）活動が重要であることが判明した。
- 原子力工事現場の特殊性を理解した十分な取組みができていなかったことが判明した。

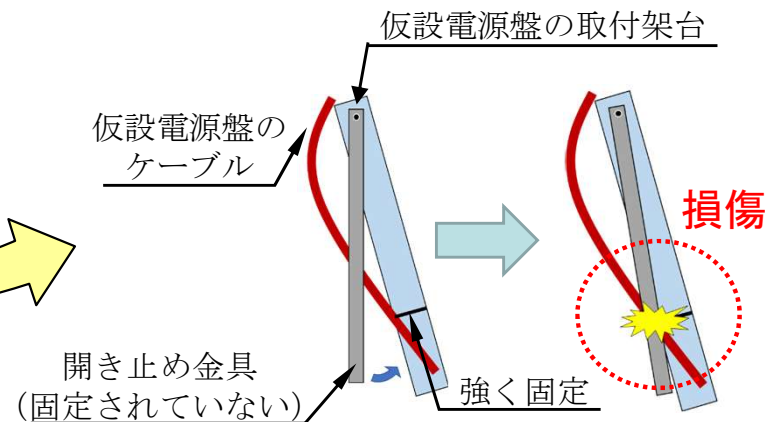
〔火災発生状況〕



火災発生箇所

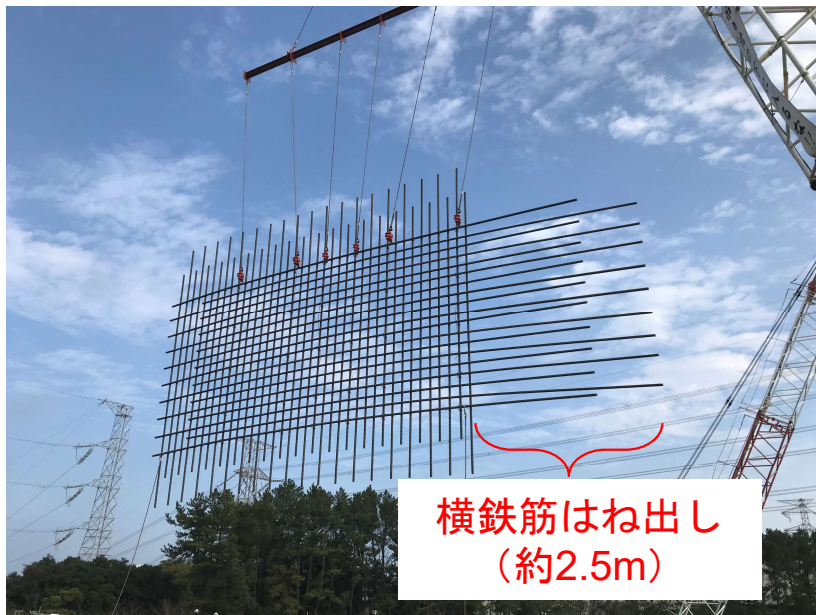
取付架台脚部
(閉じた状態)

〔現場状況のイメージ〕

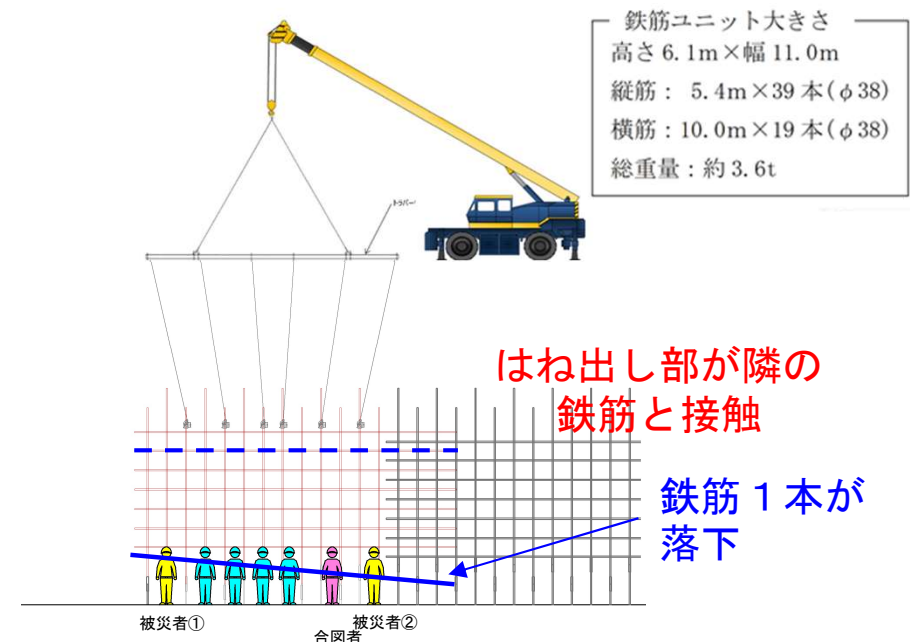


【緊急時対策棟の工事現場における負傷者発生について】

- 緊急時対策棟の工事現場において、2021年12月11日、建屋の壁に使用する鉄筋をクレーンで吊り降ろす作業を実施していたところ、鉄筋1本が落下して2名の請負会社作業員の方が負傷した。
- 鉄筋ユニットの吊り降ろし中に鉄筋ユニットのはね出し部が設置済の鉄筋に引っ掛かり、この際に加わる力に対し、結束線の耐力が不足していたことから結束線の一部が断線したが、これらの異常に気付かず作業を継続したため、残りの結束線が断線し、鉄筋が落下した。
- 結束線を使用しない縦筋と横筋に分割したユニットへ見直す、及び鉄筋ユニットを吊り降ろす際は、隣接する鉄筋や足場への干渉を確認する監視員を増員する等の対策を行った。
- 原子力工事現場の特殊性を理解した十分な取組みができていなかったことが判明した。



〔鉄筋ユニット吊り上げ状況〕



〔横鉄筋落下時の状況〕

【検証内容】

- 特定重大事故等対処施設の工事現場における火災、緊急時対策棟の工事現場における負傷者発生について、**徹底して原因究明**を行うとともに、以下の観点から**当社の活動について検証**を行った。
 - ・2020年の作業点検で抽出した取組みに不足はなかったか。
 - ・それらの取組みをしっかりと継続していたか。
 - ・共通的な要因が潜んでいないか。
 - ・それらに対して徹底して実施すべき更なる取組みがないか。
 - ・特重施設については設置期限を踏まえ工程優先となっていなかったか。

- 検証にあたっては、**当社のみならず、元請会社や関係会社との車座対話等により、幅広く現場の意見を拾う**ことに努めた。

- 検証の結果、**安全意識の浸透、危険感受性、原子力工事現場の特殊性への理解について、当社の活動に不足している部分がある**ことがわかった。
なお、車座対話等で確認した結果、**現場では安全を軽視していた状況は認められず、工程を優先したという声はなかった。**

【作業安全達成に向けた更なる取組み】

- 今回の検証によりわかった「安全意識の浸透が不足」、「危険感受性が不足」、「原子力工事現場の特殊性への理解が不足」に対し、日常的なコミュニケーション風土を醸成し、以下に取り組む。
 - ・小さな変化に気づき、作業に係る危険を早期に察知できるよう、
4 S（整理、整頓、清掃、清潔）活動の徹底
 - ・一般作業と同様に見える発電所の工事現場に潜んでいる、
原子力発電所の特殊性を理解した危険回避活動の徹底
 - ・作業安全を達成するため、当社、元請会社、元請の関連会社間相互で、
日々の現場状況や問題点及び安全意識を共有
し、関係者全員が一丸となって、
常に細心の注意を払ってリスクを見出し、回避することを意識した活動の徹底

- 上記を達成するため、新たに以下の対策を実施している。
 - ・原子力発電部門と独立した玄海安全推進担当の設置
 - ・安全パトロールや安全教育の強化
 - ・作業安全達成に向けた項目の背景や具体的な内容の追加
 - ・請負会社との意見交換（1次、2次請負会社を含めた車座対話）
 - ・現場観察スキルの更なる向上（社外研修等）

- また、必要以上に工程を意識し、安全への意識を不足させる結果となった可能性もあるとの認識を持ち、改めて安全最優先の工程となっているか、安全意識が徹底されているかを継続して確認していく。

2. 川内原子力発電所 特別点検

【背景】

○当社は、**2050年のカーボンニュートラルを実現するため**、再生可能エネルギーの主力電源化とともに、**安全を大前提に、原子力を最大限活用していく方針**であり、将来の需給状況や電源構成の見通しも踏まえつつ様々な選択肢を検討していくことが必要である。

○その一環として、特定重大事故等対処施設及び緊急時対策棟（指揮所）が完成し、安全への備えがより高まった**川内原子力発電所 1, 2号機**について、**原子炉等規制法に基づく運転期間延長認可申請に必要な特別点検を実施中**である。

○運転開始後40年※を超過して原子力発電所を運転する場合は、特別点検の結果等を添付して、原子力規制委員会に運転期間延長認可申請を行い、認可を受ける必要がある。

(※) 40年運転期間満了時期

発電所	40年運転期間満了
川内 1 号機	2024年 7月 3日
川内 2 号機	2025年11月27日
玄海 3 号機	2034年 3月17日
玄海 4 号機	2037年 7月24日

【運転期間延長認可申請について】

○運転期間を延長する場合は、運転開始後40年満了日の1年前までに、以下の添付書類とともに申請が必要

- ① 申請に至るまでの間の運転に伴い生じた原子炉その他の設備の劣化の状況の把握のための点検（**特別点検**）の結果
- ② 延長しようとする期間における運転に伴い生ずる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価（**劣化状況評価**）の結果
- ③ 延長しようとする期間における原子炉その他の設備に係る**施設管理方針**

① 特別点検

特別点検の結果

※特別点検の結果を踏まえ、評価条件として反映

反映※

② 劣化状況評価

評価対象機器(代表)の選定

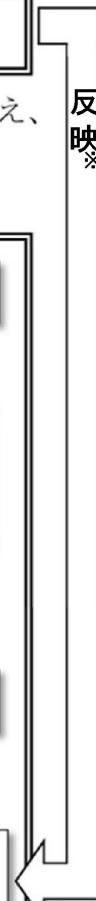
- ・安全機能を有する機器、常設重大事故等対処設備から評価対象機器を抽出
- ・機器を型式、使用環境等からグループ化し代表機器を選定

経年劣化事象を抽出

想定する運転期間を考慮した劣化状況評価
(健全性評価+現状保全)

③ 施設管理方針

施設管理に関する方針の策定
(想定する運転期間において、現状の保全に追加で実施する項目を策定)



【特別点検の状況】

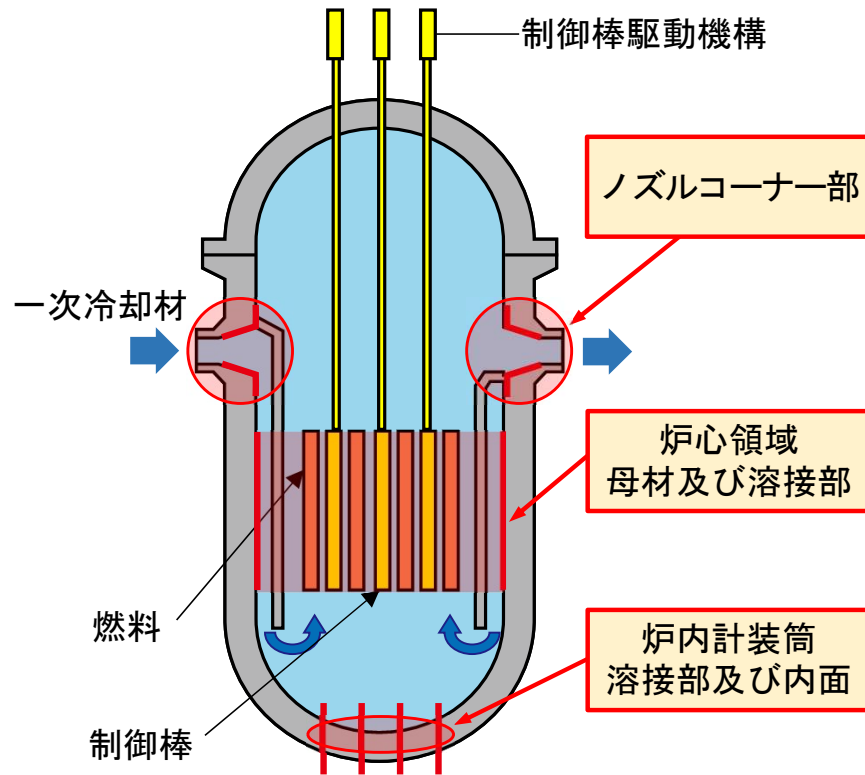
- 特別点検は、運転開始から40年を迎えるにあたり、**取替えの難しい原子炉等の機器を対象として、運転開始35年以降に採取したデータ**（次ページ参照）**について詳細に確認、評価**を実施するものである。
 - 1号機は2021年10月18日より、
 - 2号機は2022年 2月21日より、特別点検を開始している。
- 今後、**特別点検の結果等を踏まえた上で、運転期間延長認可申請について判断**する予定である。



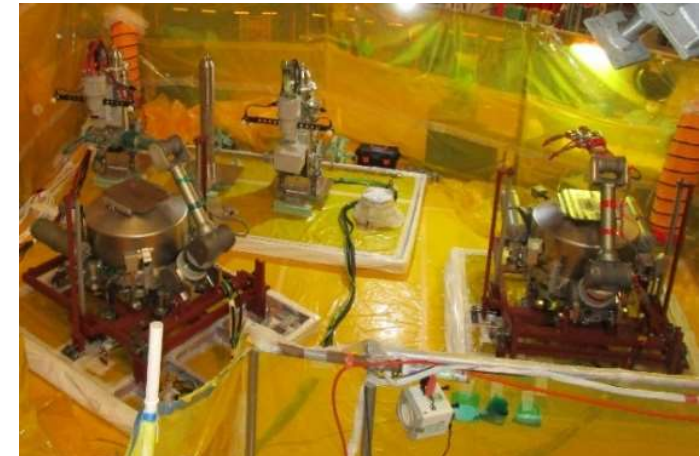
特別点検の状況（発電所会議室）

【データ採取の状況】

○原子炉容器



原子炉容器データ採取
(イメージ)



探傷装置〔ノズルコーナー部・炉心領域用〕
(渦流・超音波探傷試験共用)

○炉内計装筒の溶接部及び内面

探傷装置でデータを採取（渦流探傷試験、目視試験）し、応力腐食割れに着目した欠陥の有無を確認

○ノズルコーナー部

探傷装置でデータを採取（渦流探傷試験）し、疲労による欠陥の有無を確認

○炉心領域の母材及び溶接部

探傷装置でデータを採取（超音波探傷試験）し、中性子照射脆化に着目した欠陥の有無を確認

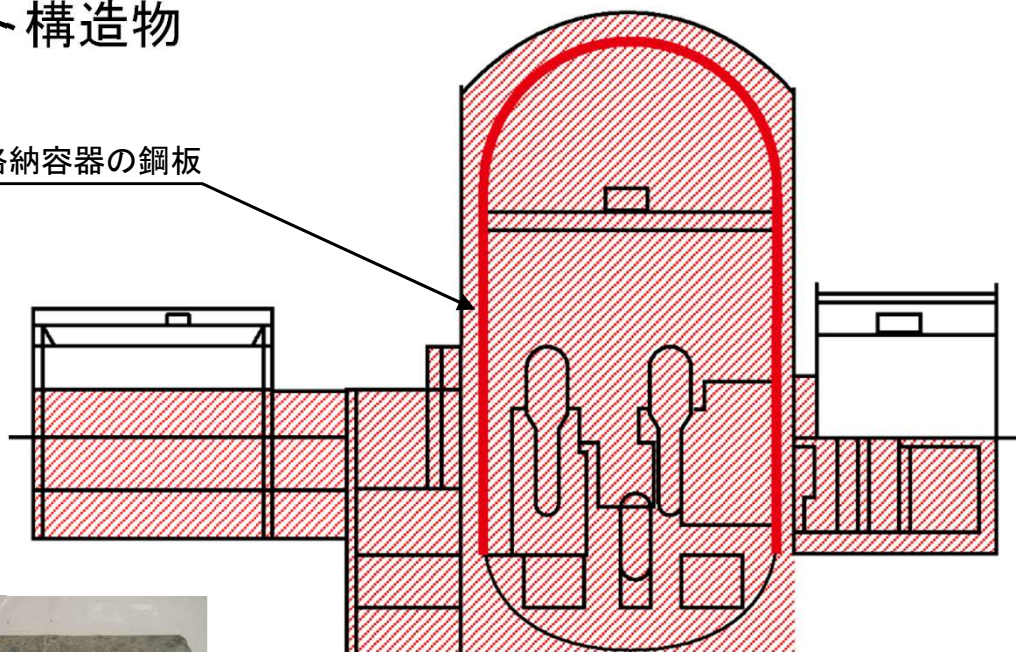
【データ採取の状況】 (続き)

○原子炉格納容器、コンクリート構造物



原子炉格納容器データ採取状況

原子炉格納容器の鋼板



コンクリートサンプル

コンクリート構造物点検範囲



コンクリートサンプル取得状況

- 原子炉格納容器
鋼板の内外表面に対し、目視点検を行い、「塗装のはがれ」や「腐食」等の異常がないことを確認
- コンクリート構造物
コンクリートサンプルを取得し、試験等を行い、「強度」や「遮蔽能力」等に影響がないことを確認

【劣化状況評価について】

I. 評価対象機器（代表）の選定

- ・クラス1～3機器、常設重大事故等対処設備（次ページ参照）から評価対象機器を抽出
- ・抽出した機器を型式、使用環境等からグループ化し代表機器を選定

II. 経年劣化事象を抽出

- ・代表機器に対し、経年劣化事象※を抽出

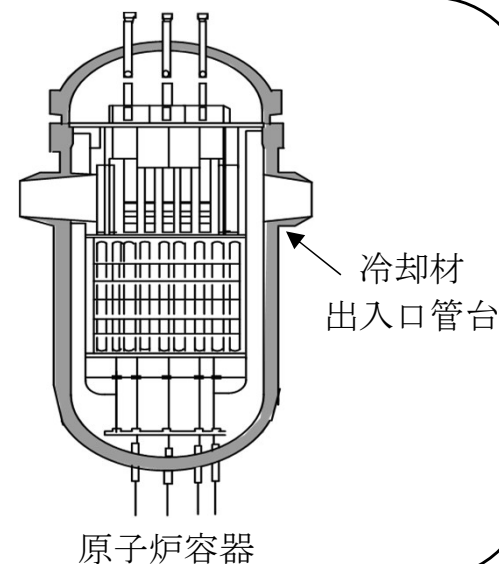
III. 劣化状況評価

- ・想定する運転期間（60年）において、**経年劣化事象※**を考慮しても健全であるかの評価等を実施 ← **特別点検の結果を反映**

※ 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、熱時効、絶縁低下、強度低下及び遮蔽能力低下 等

[経年劣化事象の例]

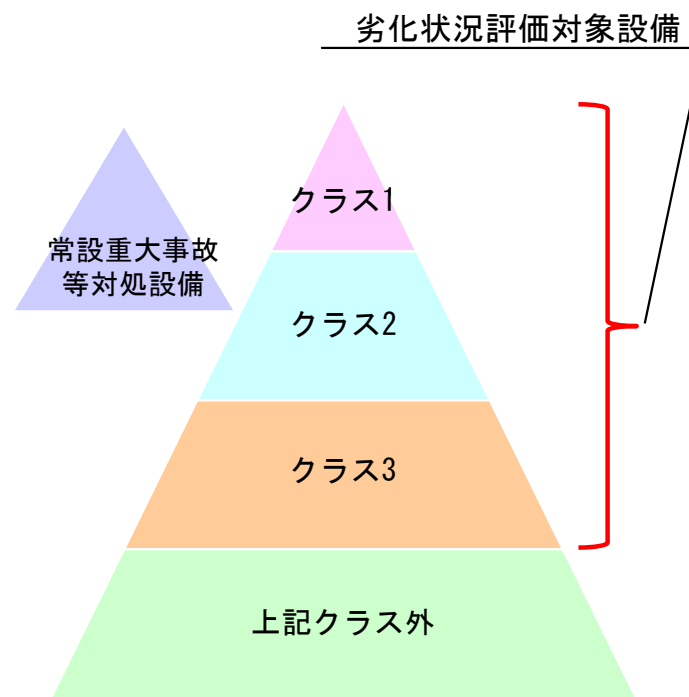
- 原子炉容器の低サイクル疲労
 - ・プラントの起動・停止等により、温度、圧力変化（過渡）を繰り返すため、材料に疲労が蓄積し、疲労割れが発生する可能性がある。
 - ⇒想定する運転期間や環境状況等を考慮した過渡回数で評価し、疲労割れが起こらないことを確認する。



○ 劣化状況評価の対象設備

安全機能及び重要度により分類されるクラス1～3及び常設重大事故等対処設備（下表赤枠内）

クラス1	<p>機器の故障等により発生する事象によって、<u>炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある機器等。</u></p> <p>また、<u>異常発生時に原子炉を緊急停止し、敷地公衆への過度の放射線の影響を防止する機器等。</u></p>	<p>例)</p> <p>原子炉容器 蒸気発生器 主蒸気逃がし弁</p>
クラス2	<p>機器の故障等により発生する事象によって、<u>炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある機器等。</u></p> <p>また、<u>上記機器等の故障等により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする機器等。</u></p>	<p>例)</p> <p>使用済燃料ピット 燃料取替用水ポンプ</p>
クラス3	<p>異常状態の起回事象となるもので、クラス1, 2以外の機器等。</p> <p>また、運転時の異常な過渡変化があっても、クラス1, 2とあいまって、事象を緩和する機器等。</p>	<p>例)</p> <p>蒸気タービン タービン発電機</p>
常設重大事故等対処設備	<p>重大事故等に対処するための機能を有する設備のうち、常設のもの。</p>	<p>例)</p> <p>常設電動注入ポンプ</p>
上記クラス外	<p>クラス1, 2, 3に該当しない機器等。</p>	<p>例)</p> <p>飲料水ポンプ</p>



3. 安全性向上評価届出制度 の更なる活用

【背景】

- 原子炉等規制法に基づく安全性向上評価届出については、保安活動実績調査や最新知見の確認を行うとともに、確率論的リスク評価等を行い更なる安全性向上対策を抽出し実施することで、規制の枠に留まることなく自主的・継続的安全性向上に取り組むことについて安全性向上評価届出書を届出してきた。

- 今後は、自主的な安全性向上に係る以下のATENA技術レポートへの取組みについて、安全性向上評価を活用することとしている。
 - 「ATENA20-ME05 (Rev. 0; 2020年12月24日) 原子力発電所におけるデジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因故障緩和対策に関する技術要件書」
 - 「TENA20-ME03 (Rev. 0; 2022年3月24日) 安全な長期運転に向けた経年劣化に関する知見拡充レポート」

- また、原子力規制検査導入以降は設計基準文書 (DBD) を整備し、これまで複数の図書に記載されていた設計要件を一元管理するなど設備管理の充実を図っているが、安全性向上評価届出書第1章のドキュメント管理と重複している等の課題があり、安全性向上評価制度の改善に向けて、規制側と意見交換を行っている。(当社から説明した安全性向上制度における課題はスライド19。他電力も同様に意見交換を実施)

当社から説明した安全性向上制度における課題

課題	内容・対応方針案	対応状況
<p>1. 安全性向上評価届出を活用した許認可手続きの合理化（立案した安全性向上対策の速やかな実施）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・自主的な安全性向上対策を立案したとしても、許認可手続きが必要な場合、<u>事業者の創意工夫を速やかに実施することができない。</u> ・<u>安全性向上評価で届け出ることによって対策が実施できる範囲が追加</u>できれば、更なる安全性向上を速やかに図ることができる。（参考1参照） 	<p>「炉安審・燃安審」及びNRAとCNOとの意見交換会等において、意見交換が行われているところ。</p>
<p>2. PRA及びストレステストの運用見直し</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・PRA等の頻度は、運用ガイドで定められているが、新たな知見等を反映するための期間が十分に確保できないと、<u>安全性向上に向けた十分な検討ができない可能性</u>がある。 	<p>CNO意見交換会において、特に異論は出ていない。</p>
<p>3. 速やかな安全性向上策の実施を可能とする運用の構築</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・新規制基準に適合した上での更なる安全性向上対策について、<u>規制要求化される場合には、規制手続きが必要となるため、リソースの有効活用の観点から、負のインセンティブ</u>となる。 ・安全性向上評価の仕組みを活用し、<u>速やかに安全性向上対策が実施できるような運用を構築</u>していく。 	<p>NRAにおいては、米国NRCのインフォメーションノーティスの日本版についての運用を3月から開始した。</p>
<p>4. 安全性向上評価届出の運用の合理化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>原子力規制制度導入に合わせて取組んだ発電所施設の構成管理に関する資料や、防災関連資料と安全性向上評価届出制度で重複している要素もあり、合理化の余地</u>がある。（参考2参照） 	<p>届出書第1章の構成についてNRAとの面談を行い、新検査制度導入時に整備した構成管理情報を用いながら、合理化する方針として、<u>次回以降の届出において見直しを行うこと</u>としている。（参考3参照）</p>

特重施設の重大事故 (SA) 時への有効活用による安全性向上のイメージ

- 特定重大事故等対処施設 (特重施設) は、重大事故等対処設備 (SA設備) よりも速やかにインサービスできる可能性が高く、第4,5回届出では「設置変更許可」(設置許可) 上の使用想定である故意による大型航空機の衝突その他のテロリズム (テロ等) だけでなくSA時にも有効活用することで、安全性向上に寄与できることを確認している。
- 加えて、特重施設の有効活用等がSA設備や対応要員の適正化につながり、更なる安全性向上に向けた活動にリソースを有効活用することができれば、更なる安全性向上を図ることができる可能性がある。

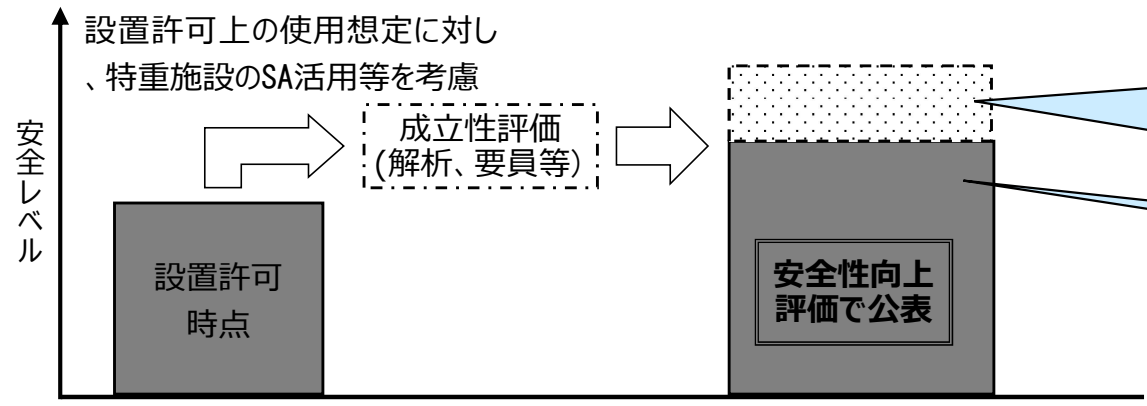
事象	文書	SA設備	特重施設
SA	設置許可、設工認	○	×
	保安規定	○	△
テロ等	設置許可、設工認	△	○
	保安規定	△	○

第4,5回届出で、設置許可上の使用想定であるテロ等だけでなく、SA時への有効活用 (右表「×」⇒「○」) により、安全性が向上することを確認

SA設備や対応要員の適正化により、更なる安全性向上に向けた活動にリソースを有効活用できれば安全性が向上

特重施設の有効活用により安全性が向上

○ : 事象への対処設備 △ : 可能であれば使用 × : 使用想定なし



○ 川内1号機第1回届出書のボリューム

**約14,700ページ（ファイル21冊）**

- 届出書本体（添付資料含む）
 - ・ 第1章：約6,000ページ
 - ・ 第2章：約 600ページ
 - ・ 第3、4章：約1,200ページ
- 参考資料（非公開資料）
 - ・ 第1章関連：約6,600ページ
 - ・ その他：約 300ページ

○ 安全性向上評価第1章、構成管理（CM）及び原子力災害対策活動で使用する資料（防災資料）について、ドキュメント最新化の活動を重複して行っている状況にある。

- 第1章：最新のプラント状態を自ら把握することを目的に、許認可文書等（設置許可申請書、原子炉施設保安規定など）をベースに最新のプラントの設計、運用及び安全評価を記載
- C M：原子力規制検査導入にあわせ、CMの充実を図ったことにより、日常的な保安活動の中でより確実に設計情報、設備情報等の最新化管理を実施
- 防災資料：設置許可申請書や原子炉施設保安規定などを定期的に内閣総理大臣に提出

○ 届出書第1章の構成見直し状況

【現場のAs is管理について】

現場では以下の方法により設計要件、施設構成情報、物理的構成のAs is化を図っている。

- 発電用原子炉施設の設計要件や施設構成情報の変更を行う場合は、設置許可や設工認申請書（設工認）への影響の確認が必要となることから、これらの図書によりAs is状態を管理している。
- 上記の範囲にかかわらず、すべての構成変更は、発電所で管理している系統図、機器配置図に反映されることから、これらの図書によりAs is状態を管理している。
- また、原子力規制検査導入以降は設計基準文書（DBD）を整備し、これまで複数の図書に記載されていた設計要件を一元管理することでAs is管理の充実を図っている。

【届出書1章の構成（章立て）見直し方針】

- 前項に示すAs is管理に即した記載とするため、設置許可、設工認、系統図・配置図及びDBD並びに保安規定を主体とした構成とし、DS449の典型的目次に従う章立てから、安全性向上評価の運用ガイドに記載の章立てに見直す。
- 構築物・系統、機器に関する記載は設置許可本文五号を基本とし、設計要件を一元管理しているDBDについても整備したものから届出書本文に記載することで充実を図る。
- また、設置許可本文五号やDBDを補足説明する資料として要目表（設工認）及び系統図・配置図を参考資料に添付する構成とする。

変更前(DS449ベースの構成)		
項目名	情報源	
1 序論及びプラントの一般的説明	—	
2 敷地特性	設置許可添六	
3 安全目標及びSSCに関する設計規則	設置許可添八	
4 原子炉		
5 原子炉冷却材及びSSCに関する設計規則		
6 工学的安全施設		
7 制御系統		
8 原子炉冷却材及び附属系統		
9 補助系統及び土木構造物		
10 蒸気—電力変換系統	設置許可添八 添九	
11 放射性廃棄物管理		
12 放射線防護		
13 運転の実施	保安規定	
14 プラントの建設及び試運転	—	
15 安全解析	設置許可添十	
16 運転上の制限及び条件	保安規定	
17 安全に関するマネジメント		
18 人的要因工学	—	
19 緊急時対応	防災業務計画	
20 環境側面	環境影響調査書	
21 廃止措置及び寿命終了の側面	廃止措置実施方針	

変更後(運用ガイドベースの構成)		
項目名	情報源	
1.1 発電用原子炉施設概要	—	
1.2 敷地特性	設置許可添六	
1.3 構築物、系統、機器	設置許可本文五号 <u>設計基準文書</u> (DBD)	
1.4 保安のための管理体制 及び管理事項	保安規定	
1.5 法令への適合性の確認 のための安全性評価結果	設置許可本文九号 本文十号	
(削除)		
【添付資料】 ・基本設計方針 ・保安規定		
【参考資料】 ・要目表 ・1章に係る非公開情報(商業機密、防護上の機密情報) ・系統図、配置図、構造図		

