

4. 総合的な評定

4.1 評定結果

4.1.1 安全性向上評価の結果

本届出書においては、美浜発電所3号機に係る安全性向上の取組みについて、2015年4月1日から2022年9月26日までの期間を対象に評価を行った。

評価は、保安活動全般、最新の科学的知見及び技術的知見、確率論的リスク評価、安全裕度評価等、異なる観点から行った。

保安活動については、品質保証活動、運転、施設、燃料、放射線及び放射性廃棄物の管理、非常時の措置、安全文化の醸成活動、これらの分野ごとに実施状況を評価した。評価は、組織・体制、社内マニュアル、教育・訓練、実績指標の4つの側面を含めて行った。その結果、各評価分野では、他プラントの安全性向上評価にて示した安全性向上計画を含めて継続的に大小の改善に取り組んでいることが確認され、実績指標も安定あるいは改善を示し良好な実績（パフォーマンス）を示していることから、品質マネジメントシステムに基づく、PDCA（Plan-Do-Check-Act）サイクル、すなわち継続的改善のサイクルが定着し有効に機能していることが確認できた。

継続的改善のサイクルが有効に機能していることは、安全性向上に係る活動の基盤として、強みであると考えられる一方、保安活動の仔細に立入って確認をすると、設備等、改善の余地が認められる事項も各分野において存在する。見出された改善の余地については、今後必要な措置を講じる予定である。（「第4.2.1表「安全性向上に資する自主的な追加措置」追加措置の概要」参照）

最新の科学的知見及び技術的知見の保安活動等への反映は、安全研究、原子力施設の運転経験（国内事業者の安全性向上措置を含む）、国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関するものを含む）、規格・基準類、メーカ提案のほか、確率論的リスク評価用データを対象に、知見を抽出した。その結果、例として、原子力施設の運転経験の分野では、国内外の原子力発電所の不具合情報に加え、他産業施設等の不具合情報

も収集したうえで、それらの情報から当社プラントに対する同種不具合の未然防止等の観点で対策が必要なものを抽出し、具体的な改善対策の検討を行ったうえで、発電所の保安活動に反映していることを確認するなど、全ての分野において必要な知見は反映済みか、反映に向けた活動が進められていることを確認した。これは、最新の知見を継続して取り込む仕組みが有効に機能している点で、保安活動の強みと考えられる。

次に、確率論的リスク評価及び安全裕度評価については、東京電力福島第一原子力発電所事故を受け、2013年7月に改正施行された原子炉等規制法に基づく基準等に対する安全性向上対策及び特定重大事故等対処施設（以下「特重施設」という。）が設置完了したことも踏まえ、当該設備を考慮したリスクを評価した。プラント設備の故障や運転員の誤操作に起因する事故（内部事象PRA）及び地震と津波を起因とする事故（外部事象PRA）については、炉心損傷・格納容器機能喪失のリスクを評価した。また、安全性向上対策及び特重施設等の導入による炉心損傷・格納容器機能喪失のリスク低減効果を確認した。安全裕度評価については、地震、津波それぞれの単独事象と地震・津波の重畳事象を対象に、炉心損傷、格納容器破損及び使用済燃料ピット損傷の防止、並びにプラント停止中の評価を行った。その結果、福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策及び特重施設等の導入後の地震、津波及び地震・津波の重畳に対する十分高い耐性が確認できた。

内部事象PRA及び外部事象PRAではリスク上重要な代表的事故シナリオについて、（一社）日本原子力学会の「原子力発電所におけるシビアアクシデントマネジメント整備及び維持向上に関する実施基準：2019」を参考に確認した。その結果、炉心損傷及び格納容器の機能喪失に関して重要度「高」の事故シーケンスグループ等は抽出されず、重要度「中」及び「低」の事故シーケンスグループ等がいくつか抽出された。これらに対して、更にリスクを低減するうえで効果が高い対策として、ソフト面では、運転員や緊急安全対策要員を対象とした教育・訓練へのリスク情報の活用、ハード面では、RCPシャットダウンシールの導入及びECCS再循環自動切替装置の導入を措置として抽出し、今後実施

する予定である。

以上のような異なる観点から評価を実施した結果、美浜発電所3号機に対して継続的に安全性向上の取組みが行われていることが確認できた。なお、規制の枠を超えたこれらの取組みは、基本的には自社プラントの特徴を理解したうえでの個社の取組みであって、他電気事業者との横並びを取る性質のものではないが、安全性向上につながる新知見の「欠け」の発見に資するきっかけとして、国内事業者の安全性向上評価にて抽出された追加措置を新知見として収集し、当社プラントへの反映要否を検討する体制を整備している。

当社は、原子力発電の安全性向上の取組みに終わりはないとの認識のもと、今後も引き続き、規制の枠組みにとどまることなく、プラントのリスクを見つけ、それを除去、低減していくため、確率論的リスク評価や安全裕度評価の結果も活用し、全社一体となって、原子力発電の安全性向上に向けて、自主的・継続的に取組みを進める所存である。

4.1.2 外部評価の結果

4.1.2.1 外部有識者による評価

美浜発電所3号機の安全性向上評価に係る調査及び評価結果、並びに安全性向上計画については、社外の有識者による外部評価を受けており、外部評価の方法、結果は以下のとおりである。

(1) 評価者

安全性向上評価を通じて、事業者がプラントの現状を適切に把握し、必要な追加措置を抽出しているかどうか等、評価の適切性を客観的に評価いただく観点から、外部の有識者による評価を活用することとした。

安全性向上評価の目的に照らし、当社の原子力事業の運営に関する知識を有し、各専門分野における知見に基づいた評価ができる有識者として、以下に示す方々に評価を依頼した。

小 泉 潤 二 大阪大学名誉教授

((株)原子力安全システム研究所社会システム研究所長)

片 岡 勲 大阪大学名誉教授

((株)原子力安全システム研究所技術システム研究所長)

評価者が所属している(株)原子力安全システム研究所は、1991年2月、当社美浜発電所2号機で発生した蒸気発生器細管破断事故を契機とし、1992年3月に株式会社として設立された。「原子力発電の安全性および信頼性の一層の向上と、社会や環境とのよりよい調和に貢献する。1. 技術的側面と社会的側面の両面から幅広い研究を行う。2. 独立・第三者的な立場からの客観的な研究を行い、原子力発電の発展のための積極的な提言を行う。3. 開かれた研究活動を展開するとともに、得られた研究成果は広く公開する。」を基本理念とし研究活動に取り組んでいる組織である。美浜3号機の評価についての外部評価に当たっても、同研究所の基本理念に基づき独立・第三者的な立場から評価をいただき、客観性を確保した。

(2) 評価方法

① 評価方法

調査及び評価結果（安全性向上計画（案）を含む）並びに届出書の記載案を提示し、評価者との面談において、評価方法、評価結果及び届出書の記載案に対するご意見、ご助言をいただいた。

② 主な評価項目

- ・ 保安活動の実施状況 [届出書第 2 章]
- ・ 最新の科学的知見及び技術的知見 [届出書第 2 章]
- ・ 確率論的リスク評価、安全裕度評価 [届出書第 3 章]
- ・ 総合的な評定 [届出書第 4 章]

(3) 評価結果

評価者との面談実績及び評価者による評価結果とその対応を以下に示す。

① 面談実績

- ・ 2023 年 1 月

評価結果・届出書案の説明

② 評価結果とその対応

評価者には、届出書記載／安全性向上評価全般に対するコメント及び当社の活動全般に対するコメントを頂き、届出書に記載すべきと判断したコメントについては反映を実施し、記載の充実を図っている。その他届出書の全体的な記載について、より分かりやすくなるような記載の工夫等のご助言をいただいております、それらについても届出書に反映している。

4.1.2.2 届出書の電力間レビュー

届出書に関して、外部評価の一環として、記載案について電力各社によるレビューを受けており、その結果は以下のとおりである。

(1) レビュー者

以下に示す電力各社にレビューをお願いした。

北海道電力株式会社、東北電力株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、北陸電力株式会社、中部電力株式会社、中国電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社、日本原子力発電株式会社及び電源開発株式会社

(2) レビュー方法

① レビューの方法及び観点

電力各社に対し届出書案を提示し、専門家も含め広く理解される程度の記載となっているか、評価結果に至るプロセスや根拠が提示されているか、の観点で、ご意見、ご助言をいただいた。

② レビュー対象

第2章～第4章

③ レビュー期間

2023年2月上旬～2月下旬

(3) レビュー結果

電力各社によるレビューの結果、分かりやすさの観点で届出書を通しての用語の整合及び丁寧な説明を付す等の記載の充実に関するコメントが提案され、それらのコメント内容について届出書に反映した。

4.2 安全性向上計画

第 2 章の調査・分析の結果から、保安活動において管理面や設備面の改善が図られており、保安活動を行う仕組みが有効に機能していることが確認できたが、更にプラントの安全性を向上させる観点から、第 3 章の確率論的リスク評価や安全裕度評価及び中長期的な評価の結果も考慮したうえで、安全性向上に資する自主的な追加措置を抽出し安全性向上計画として取りまとめた。

4.2.1 安全性向上のための具体的な措置に係る計画

第 2 章及び第 3 章を踏まえ抽出した、安全性向上に資する自主的な追加措置について第 4.2.1 表に示す。

4.2.2 安全性向上のための具体的な措置に係る実施状況

第 2 章の調査により抽出された安全性向上のための具体的な措置のうち、今回の評価対象期間中に実施された新たな取組みのうち代表的なものを第 4.2.2 表に示す。

4.2.3 まとめ

本評価では、日常の保安活動、確率論的リスク評価や安全裕度評価から 8 件の追加措置を抽出することが出来た。また、他プラントで抽出された安全性向上措置のうち、美浜発電所 3 号機へ展開が可能なものは、反映が行われていることに加え、評価期間中にも新たな取組みを考案、実施しており、継続して安全性の向上を図っていることが確認できた。

今後とも、日常の保安活動における安全性向上に向けた不断の努力に加え、安全性向上評価において抽出した追加措置を実施していく。

追加措置についても、措置を講じた以降は、日常の保安活動において、設備の状態あるいは措置の実施状況とその改善の状況を適宜確認し、安全性の向上を継続的に図っていく。

第 4.2.1 表 安全性向上に資する自主的な追加措置（1 / 2）

No	追加措置	追加措置概要	実施時期 (予定) ※	関連する 評価分野
1	抽出水オリフィス 取替	通常 of 抽出ラインに設置している 3 台 of オリフィスのうち、 A 抽出水オリフィスを通水量の大きいものに取り替える。	2023 年度 (第 27 回定期 事業者検査)	施設管理
2	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	原子力エネルギー協議会 of 「原子力発電所におけるデジタル 安全保護回路 of 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」 of 設備設計要求事項及び有効性評価手法を踏ま え、ソフトウェアに起因する共通要因故障により安全保護機 能を喪失した場合に、運転時の異常な過渡変化又は設計基準 事故が発生しても適切に事象を緩和できるよう、既存 of 多様 化設備に安全注入系 of 自動起動に係る機能等を追加する対策 を講じる。	2023 年度 (第 27 回定期 事業者検査)	施設管理 ・新知見
3	1 相開放故障検知 システム設置	所内母線の安定化（所内への異常拡大防止）を図るため、所 内母線への 1 相開放故障検知システムを設置する。	2023 年度 (第 27 回定期 事業者検査)	施設管理 ・新知見
4	仮設中圧ポンプ使 用可能条件の手順 書類への反映	2 次系除熱機能喪失時の対応において、仮設中圧ポンプの使 用条件を限定することで「SG ドライアウト」もしくは「炉 心損傷」を回避可能であることが確認されたため、仮設中圧 ポンプにより 2 次系冷却を復旧する場合 of 仮設中圧ポンプ使 用可能条件を手順書類へ反映する。	2022 年 12 月	運転管理

※総合評価チームによる追加措置決定時点（2023年1月11日）の状況

第 4.2.1 表 安全性向上に資する自主的な追加措置（2 / 2）

No	追加措置	追加措置概要	実施時期 (予定) ※	関連する 評価分野
5	非常時における電源と設備の組み合わせの多様化	非常時の対応として、重大事故等対処設備の電源による設計基準事故対処設備の活用、及び設計基準事故対処設備の電源による重大事故等対処設備の活用のために、電源容量を考慮したうえで起動できる設備を選定するための検討手順を作成する。	2023 年度中	非常時の措置
6	ECCS 再循環自動切替装置の導入	ECCS 再循環切替操作に係る信頼性向上のため、自動切替装置を導入する。	2025 年度以降 実施予定	確率論的 リスク評価
7	RCP シャットダウンシールの導入	全交流電源喪失時の対応能力向上及び信頼性向上を図るため、シャットダウンシールを導入する。	2025 年度以降 実施予定	確率論的 リスク評価 ・新発見
8	運転員及び緊急時対策要員への教育・訓練プログラム策定に係るリスク情報の活用	確率論的リスク評価の評価結果から得られた代表的な事故シナリオに登場する操作失敗等のリスク情報を教育・訓練プログラムの策定に活用する。	2023 年度中 活用開始予定	確率論的 リスク評価

※：総合評価チームによる追加措置決定時点（2022年1月11日）の状況

第 4.2.2 表 評価期間中に実施された新たな安全性向上のための取組み（1 / 4）

【他プラントで抽出された追加措置】

追加措置	追加措置概要	関連する 評価分野	抽出号機	実施時期	備考
軽微事象の検出・対応の仕組みの改善	軽微事象を積極的に検出し、かつ原子力安全上重要な問題への対応に資源を集中するよう仕組みを改善する。	品質保証活動	高浜 3 号 第 1 回届出 高浜 4 号 第 1 回届出 大飯 3 号 第 1 回届出 大飯 4 号 第 1 回届出	新検査制度の運用開始 (2020 年 4 月) に併せて 本格運用開始	
MAAP コードを導入した運転シミュレータでの SA 訓練の実施	MAAP コードにより炉心損傷後のプラント状態を模擬できる運転シミュレータで対応操作訓練を実施する。	運転管理	高浜 3 号 第 1 回届出 高浜 4 号 第 1 回届出	2018 年 4 月から実施中	
海水ポンプ軸受取替	海水ポンプの軸受について潤滑水を必要としないテフロン製の軸受に取り替え、信頼性向上及びメンテナンス性向上を図る。	施設管理	高浜 3 号 第 1 回届出 高浜 4 号 第 1 回届出 大飯 3 号 第 1 回届出 大飯 4 号 第 1 回届出	2022 年度実施	
主変圧器取替	経年劣化傾向を踏まえ、予防保全対策として、主変圧器を取り替える。	施設管理	高浜 3 号 第 1 回届出 高浜 4 号 第 1 回届出	2019 年度実施	
緊急時におけるリーダーシップ能力向上研修（たいかん訓練）の導入	緊急時に現場の指揮者クラスに要求されるリーダーシップ能力（コミュニケーション能力やストレス下の意思決定能力等）を高める研修を実施し、その結果を踏まえて研修内容自体を継続的に改善していく。	非常時の措置	高浜 3 号 第 1 回届出 高浜 4 号 第 1 回届出 大飯 3 号 第 1 回届出 大飯 4 号 第 1 回届出	2016 年度から実施中	
労働災害防止に向けた活動の強化	TBM（ツール・ボックス・ミーティング）の充実、現場パトロールの強化及び作業員の体調管理強化等を実施する。	安全文化の醸成活動	高浜 3 号 第 1 回届出 高浜 4 号 第 1 回届出 大飯 3 号 第 1 回届出 大飯 4 号 第 1 回届出	2017 年 9 月から実施中	

第 4.2.2 表 評価期間中に実施された新たな安全性向上のための取組み（2 / 4）

【他プラントで抽出された追加措置】

追加措置	追加措置概要	関連する 評価分野	抽出号機	実施時期	備考
トラブル対応時に求められる運転員のパフォーマンスの更なる向上	<p>運転員のパフォーマンスの更なる向上を図るため、原子力発電訓練センターのシミュレータにより、以下の訓練を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ヒューマンパフォーマンスツールの活用・習熟に特化した「高集約訓練」 ・チームパフォーマンスの向上に特化した「チームパフォーマンス訓練」 	運転管理	高浜 4 号 第 2 回届出	2020 年 4 月から実施中	
ミッドループ運転の運用改善	<p>ミッドループ運転時の炉心損傷リスクを低減させるため、定期検査のミッドループ運転時に水位を上げた運転を実施する。</p>	運転管理	高浜 4 号 第 2 回届出	2021 年 7 月に実施	
設計基準文書（DBD）の整備・運用	<p>コンフィギュレーション管理（CM）の設計要件の管理を強化するため、安全上重要な設計要件を取りまとめた文書（設計基準文書）を整備し、運用する。</p>	施設管理	大飯 3 号 第 1 回届出 大飯 4 号 第 1 回届出	2021 年 4 月に実施	
O2SCC 配管取替	<p>酸素型応力腐食割れ（O2SCC）感受性のある箇所について、耐腐食性に優れた材料へ取り替える。</p>	施設管理	大飯 3 号 第 1 回届出 大飯 4 号 第 1 回届出	2021 年度まで実施	
自主的安全性向上のための PRA 活用の充実	<p>定期検査中の燃料が装荷されている期間において、リスクの増減を 1 週間ごとに見える化したリスク情報を活用し、定期検査期間中における安全管理の充実を図る。</p> <p>また、運転期間中においても、PRA によって得られるリスク情報等を活用した意思決定（RIDM）を推進し、発電所の安全性を向上させていく。</p>	施設管理	大飯 3 号 第 1 回届出 大飯 4 号 第 1 回届出	活動の結果を踏まえ今後も継続的に実施していく	

第 4.2.2 表 評価期間中に実施された新たな安全性向上のための取組み（3 / 4）

【他プラントで抽出された追加措置】

追加措置	追加措置概要	関連する 評価分野	抽出号機	実施時期	備考
労働災害防止に係る本質安全化対策の実施	リスクアセスメントで抽出したリスク軽減措置のために設備改善を必要とする施設に対する改善を促進する	安全文化の醸成活動	大飯 4 号 第 2 回届出	既に取り組んでいる活動の強化・定着	
余熱除去系統の高温水のフラッシュ事象防止対策の実施	余熱除去系統において高温水のフラッシュ事象が発生する可能性を考慮し、事故対応手段である低圧注入系の機能喪失を防止する対策として、プラント起動時に余熱除去系統の早期隔離を行い、また、プラント停止時に使用する余熱除去系統を 2 系統から 1 系統とすることで低圧注入系としての余熱除去系統 1 系統を確保する運用に変更する。	運転管理	大飯 3 号 第 2 回届出	2019 年 11 月に実施	

第 4.2.2 表 評価期間中に実施された新たな安全性向上のための取組み（4 / 4）

【美浜 3 号機で新たに実施された取組み※1】

取組み	取組み概要	関連する 評価分野	実施時期	備考
1 次系強加工曲げ配管取替	1 次系配管の信頼性向上の観点から、配管製作時の強加工により形成された硬化層を有する曲げ配管について、硬化層が形成されていない曲げ配管に取り替えた。	施設管理	2019 年度から実施中	
1 次系試料採取系統配管取替	大飯 3 号機原子炉格納容器内での漏えい事象に鑑み、1 次系試料採取系統の小口径配管の接続部について、信頼性向上の観点より、カップリング溶接式継手から、突合せ溶接式継手の配管に取り替えた。	施設管理	2006 年度から実施中	
中央制御盤取替	中央制御盤に設置されている機器について、既に生産中止となっているものがあるため、保守性向上の観点から、中央制御盤全体を最新のデジタル式の盤に取り替えた。	施設管理	2019 年度実施	
パフォーマンス向上を目指した取組み	発電所のパフォーマンス向上活動の推進を目的に、発電所幹部が直接パフォーマンスの状況をレビューし、改善のための議論を行うため、CAP 会議の中でパフォーマンス向上を目指した取組みの審議を行うこととした。 (パフォーマンス状況確認の例：揚重作業及び高所作業に係るリスク低減活動)	安全文化の醸成活動	2020 年 5 月から実施中	
防災対応時の作業員の安全対策の改善	高浜発電所において 2021 年 12 月に発生したシーケンス訓練におけるホース展張車による労災事象を踏まえ、ホース展張車によるホース展張時には運転者とホース整頓者の間で速やかに意思疎通できるように無線等の通信手段を配備するとともに、訓練時の注意事項を手順書に明記した。	非常時の措置	2022 年 1 月に実施	
ALARA 委員会の設置	効果的な被ばく低減を実現するために必要な方策について発電所大で検討し、取り組むことを目的として、ALARA 委員会を設置した。	放射線管理及び環境放射線 モニタリング	第 26 回定期事業者検査 より実施中	
タービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への実注入	タービン動補助給水ポンプについて、事故時等の条件においても必要な性能が発揮できることを確認するため、第 25 回定期事業者検査期間中に蒸気発生器への実注入によりポンプの性能確認を実施した。	運転管理	2021 年 7 月に実施	

※1：代表的な取組みの抜粋であり、詳細は第2章を参照