

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、大飯発電所4号機に係る安全性向上の取組みについて、2016年4月から2019年10月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。

(1) 所見

保安活動については、品質保証活動、運転、保守、燃料、放射線及び放射性廃棄物の管理、緊急時の措置、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、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、訓練等、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。（「2.4 追加措置の内容」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については、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）のリスクに加え、地震と津波を起因とする事故（外部事象）について、炉心損傷、格納容器機能喪失のリスクを評価した。

その結果、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の効果が顕著であることを確認した。一方、リスク上重要な代表的事故シナリオを、（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の整備及び維持向上に関する実施基準：2019」を参考に分析した。炉心損傷に至る事故シーケンスグループ（シナリオ）については、内部事象出力運転時において「原子炉補機冷却機能喪失」が重要度「高」リスクとして抽出されたほか、内部事象停止時と地震出力運転時において重要度「低」のリスクとしていくつかの特徴が抽出された。また、格納容器の機能喪失については、内部事象出力運転時において「水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による過圧破損」が重要度「高」のリスクとして抽出されたほか、地震出力運転時において重要度「中」のリスクとしていくつかの特徴が抽出された。

これらに対して、更にリスクを低減する上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、並びにハード面では、RCPシャットダウンシールの導入及び特定重大事故等対処施設による格納容器スプレイとフィルタベントを措置する予定である。

今回、リスク評価結果をもとに、更なるリスク低減につながる対策を計画したことは、安全性向上に当たって強みといえるが、同時に、

評価対象には改善の余地があり、今回対象としなかった事象についても評価手法等を整備する予定である。

また、安全裕度評価は、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、地震、津波それぞれの単独事象については基準地震動 856gal（≒0.88G）、基準津波高さ E.L.+5.9m に対して、一番低いクリフエッジが、それぞれ 1.26G、E.L.+11.4m となった。地震・津波の重畳事象については、地震単独と津波単独のクリフエッジ・シナリオが異なることから、1.26G、E.L.+11.4m に加えて 1.07G と E.L.+8.0m の重畳も一番低いクリフエッジとなった。

その一方で、大飯3号機との号機間相互影響を考慮すると、炉心損傷防止対策、格納容器損傷防止対策及び使用済燃料ピット燃料損傷防止対策のクリフエッジ地震加速度及びクリフエッジ津波高さが変化することを確認した。

ただし、上記の通りクリフエッジが変化したとしても、これらのクリフエッジ地震加速度及びクリフエッジ津波高さは、基準地震動及び基準津波高さに対して十分な裕度があり、いずれのケースにおいても、十分高い耐性を有することが確認でき、裕度を持たせた安全対策工事を実施したことは、安全上の強みと考えている。

また、現状の炉心損傷防止に必要な対応操作（復水ピットへの海水補給）等に要する時間は、対応操作を完了させなければならない制限時間に対して十分余裕があることを確認した。

(2) 評定

上記の異なる観点からの評価をもとに、大飯発電所4号機に対する評定は、以下のとおりである。

確率論的リスク評価の結果より、2013年7月の原子炉等規制法改正前に比べ顕著なリスク低減が確認できた。ただし、これは、従来の事故対応が運転員中心であったものに対し、今回の対策は、運転員以外の社員・協力社員が、緊急安全対策要員として連携して対応す

る必要があることから、平時から訓練を反復し習熟しておく必要がある点に留意が必要である。

また、安全裕度評価の評価結果は、地震等のハザードに対する十分な耐性を示したが、安全対策設備等がこれからも適切に維持されることが前提である。すなわち、大飯発電所4号機は1993年の運転開始から約30年が経過しており、今後も適切な時期に設備の更新を行いながら、現状維持にとどまらず、一層の安全性・信頼性につながる設備の改造・更新を行う必要があることに留意が必要である。

その上で、第4.2節に掲げる安全性向上に係る具体的な追加措置は、これら留意点に関わる措置に加え、確率論的リスク評価を実施した結果抽出され、残留リスクを低減する上で効果的な改善方策を含んでいる。そして、安全裕度評価において明らかになったクリフエッジ・シナリオにおける、技術的に想定されるハザードを超える事態に対する具体的な方策も含んでおり、耐性を更に向上させることができる。

これらの安全性向上のための追加措置は、原子力安全の確保に係る5層からなる深層防護の概念に照らしても、第5層までを考慮した上で検討していることから、これらを計画的に実施することで、当該プラントの安全性の更なる向上が実現できるものと判断する。

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

大飯発電所4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)

三 島 嘉一郎 京都大学名誉教授

((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。大飯4号機の評価についての外部評価にあたっては、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（PRA） [届出書第3章]
- ・安全裕度評価（ストレステスト） [届出書第3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

- ・第1回（2020年2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

2020年2月中旬～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の結果も考慮した上で、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 まとめ

本評価で抽出した追加措置は、日常の保安活動から抽出されたものに加え、確率論的リスク評価や安全裕度評価から抽出されたものも含まれており、リスク情報を踏まえた追加措置についても抽出することができた。

今後の取組みとしては、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 / 4）

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	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。 現在、「是正処置プログラムに係る要綱」を制定し、試運用中である。	新検査制度の 運用開始時期 (2020 年度) の実施に向けて 試運用中	品質保証
2	R C P シャットダ ウンシール導入	全交流電源喪失時等の対応能力向上及び信頼性向上を図るため、1 次冷却材ポンプ (R C P) シール部にシャットダウンシールを導入する。	2020 年度 (第 17 回定期 検査)	保守管理・ 新知見・ 確率論的 リスク評価
3	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。	対象となる海水 ポンプの分解点 検に合わせて 実施 B ポンプ：2022 年度 (第 18 回定期検査) A,C ポンプ：実施済	保守管理
4	O2SCC 配管取替	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。	2022 年度 (第 18 回定期 検査)	保守管理

※総合評価チームによる追加措置決定時点（2020年2月26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 / 4）

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	1 相開放故障検知システム設置	所内母線への 1 相開放故障検知システムを設置し、所内母線の安定化（所内への異常拡大防止）を図る。	2021 年度中に 設置完了	保守管理・ 新知見
6	設計基準文書（D BD）の整備	コンフィグレーションマネジメント（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まとめた文書を整備する。	2019 年度中に 整備完了	保守管理
7	自主的安全性向上 のための P R A 活 用の充実	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。 また、運転期間中においても、P R A によって得られるリスク情報等を活用した意思決定（R I D M）を推進し、発電所の安全性を向上させていく。	既に取り組ん でいる活動の 強化・定着を 図っていく	保守管理
8	野外モニタ装置取 替	交換部品の製造中止等から、予防保全及び信頼性向上のため、装置の一部を取り替える。	2020 年度	放射線管理 及び 環境放射線 モニタリン グ

※総合評価チームによる追加措置決定時点（2020年2月26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（3 / 4）

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
9	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。	既の実施している研修を継続・改善していく	緊急時の措置
10	シビアアクシデント対応に係る要員の力量向上に向けた改善	現在、模擬操作をしている重大事故等対処設備（送水車、可搬式代替低圧注水ポンプ、大容量ポンプ）等の操作について、力量向上を図るため、実起動を撮影した教材を活用する。	2020 年度	緊急時の措置
11	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。	既に取り組んでいる活動の強化・定着を図っていく	安全文化醸成
12	特定重大事故等対処施設による格納容器スプレイ及びフィルタベントの導入	格納容器の過圧破損に係るリスク低減を図るため、特定重大事故等対処施設を用いた格納容器スプレイ及びフィルタベントを整備する。	2022 年度	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（2020年2月26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（4 / 4）

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
13	運転員及び緊急安全対策要員への教育・訓練へのリスク情報の活用	確率論的リスク評価の評価で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・訓練に活用する。	2020年度から 活用開始	確率論的 リスク評価
14	緊急時対策本部要員等を対象とした教育・訓練への活用	安全裕度評価を通じて得られた知見（例：津波遡上の影響範囲等）を教育、訓練に活用する。	2020年度から 活用開始	安全裕度 評価

※総合評価チームによる追加措置決定時点（2020年2月26日）の状況