

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、高浜発電所4号機に係る安全性向上の取組について、平成22年4月から平成30年9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等、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、体制等、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、メーカー提案のほか、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、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、平成25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整備及び維持向上に関する実施基準：2013」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、出力時、停止時の内部事象と津波事象において重要度「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関して、「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。

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・訓練プログラム策定への評価結果の活用、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現在建設を進めている特定重大事故等対処設備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 700gal（≒0.71G）、基準津波高さ E.L.4.5m に対して、一番低いクリフエッジが、それぞれ 1.18G、E.L.15.0m となった。

その一方で、地震・津波の重畳におけるクリフエッジ・シナリオで想定される、斜面崩壊、津波遡上の影響を考慮すると、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、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、十分な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。なお、上記のクリフエッジの変化については送水車導入時に解消する見込みである。

また、現状の炉心損傷防止に必要な対応操作（復水タンクへの海水補給）に要する時間に対して、2次系冷却の継続時間の余裕を拡大すれば一層のリスク低減が図れる（改善の余地）と考えている。

(2) 評定

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

現時点の確率論的リスク評価は、前項で述べた強み、弱みを所与のものとして行ったが、それでも、平成25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比べ、今回の対策は、運転員以外の社員・協力社員が、緊急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、高浜発電所4号機は昭和60年の運転開始から既に30年以上経過しており、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。

さらに、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層までをカバーしていることから、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

高浜発電所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、結果を以下に示す。

(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)

上記の評価者が所属されている(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。高浜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

- ・ 2018年12月
高浜4号機評価概要説明（高浜3号機評価との相違点）
- ・ 2019年1月
高浜4号機評価詳細説明
- ・ 2019年2月
届出書案の説明
- ・ 2019年3月
コメント回答、外部評価結果まとめ

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、その結果を以下に示す。

(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、記載の深さ自体が適切か、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

2019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(※)	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準則」を制定し、大飯発電所で試運用を行っており、その状況を踏まえて高浜発電所でも試運用中である。	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	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。	2018年12月より実施中	運転管理
3	RCPシャットダウンシール導入	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。	導入に向け検討中	保守管理・ 新知見・ 確率論的 リスク評価
4	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 Aポンプ：2020年度（第23回定期検査） Cポンプ：2022年度（第24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（2019年2月27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(※)	関連する 評価分野
5	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。	2022 年度 (第 24 回定期 検査)	保守管理
6	送水車導入	S A 時において、消防ポンプから送水車を用いた事故対応に変更することで、事故収束作業の迅速化等を図るとともに、送水車の保管場所を地震津波重畳の影響を受けにくい場所に設定することで、格納容器損傷防止対策にかかるクリフエッジの向上を図る。	発電所全体で 対策を進め、 高浜 1, 2 号 機の新規制基 準適合のため の対策工事 (2019 年度以 降完了予定) に合わせて対 策実施予定	緊急時の 措置・ 安全裕度 評価
7	免震事務棟設置他	事故対応時の現場対応体制及び作業員の安全性を更に確保するため、免震構造を有する事務棟を設置する。	2019 年 3 月下 旬に運用開始 予定	緊急時の 措置
8	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（たいかん訓練）を導入する。	2016 年から試 行中の研修の 結果を踏まえ 本格導入予定	緊急時の 措置

(※)総合評価チームによる追加措置決定時点（2019年2月27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(※)	関連する 評価分野
9	労働災害防止に向けた活動の強化	T B M（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
10	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。	2020 年度	確率論的 リスク評価
11	オリフィスの健全性確認方法の改善	確率論的リスク評価の評価結果から見出されたオリフィス閉塞リスクの低減に向けた対応として健全性確認の手順を追加し、信頼性の向上を図る。	次回定期検査時（2019 年度）に現地を調査し、具体的な実施内容を確定させる予定	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（2019年2月27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(※)	関連する 評価分野
12	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・訓練プログラムの策定に活用する。	2018年11月 より活用中	確率論的 リスク評価
13	余裕時間評価を踏 まえた大規模損壊 手順書の充実	時間余裕評価の結果を踏まえ、更なる余裕を確保するための方策を検討し、大規模損壊手順書の充実を図る。	2019年3月中 に実施予定	安全裕度 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：斜面崩壊の影響範囲等）を教育、訓練に活用する。	2019年度中に 活用開始予定	安全裕度 評価

(※)総合評価チームによる追加措置決定時点（2019年2月27日）の状況