

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3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29年7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の評価した。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、今回、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、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。

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、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3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 of 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・協力会社員が、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高い耐性を示したが、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3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、評価プロセス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お願いした。

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)

(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 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

- ・平成29年10月18日（水）
保安活動の実施状況
- ・平成29年10月19日（木）
確率論的リスク評価及び安全裕度評価
- ・平成29年11月2日（木）
最新の科学的知見及び技術的知見
- ・平成29年12月7日（木）
コメント回答、外部評価結果に係る届出書記載案の確認

② 評価結果とその対応

評価者による主なご意見とそれに対する当社の対応を第4.1.2.1表「届出書記載／安全性向上評価全般に対する主なコメント」及び第4.1.2.2表「当社の活動全般に対する主なコメント」に示す。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（補正書）の電力間レビュー

平成30年1月10日に提出した安全性向上評価（第1回）届出書に関して、記載内容の充実の観点で一部補正を実施するにあたり、外部評価の一環として、補正箇所の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

電力各社に対し補正書案を提示し、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

- ・ 2.2.1.9 安全性向上に資する自主的な設備
- ・ 3.1.2 決定論的安全評価
- ・ 3.1.3 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価（PRA）
- ・ 3.2 安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価
- ・ 4.1.2 外部評価の結果

③ レビュー期間

平成30年7月下旬～8月上旬

(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補正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補正書に反映した。

第 4.1.2.1 表 届出書記載／安全性向上評価全般に対する主なコメント

分野	内容	コメントを踏まえた当社の対応
保安活動	○「改善に努めている」との記載にとどめるのではなく、プラントユニークで努力しているところをもっと重視してはどうか。（小泉所長）	・改善活動として、発電所独自に取り組んでいる事項も届出書に記載する。具体的には、原子力防災訓練の改善を図っている状況に関する記載の充実を図った。
確率論的 リスク評価 及び 安全裕度 評価	○対策の検討・実施に当たっては、P R Aの結果ありきではなく、現場（対策実施箇所）ときちんとコミュニケーションを取ることが重要。（三島所長）	・対策実施の検討に当たっては、「検討チーム」の場等を活用し、評価担当箇所と発電所の対策実施箇所間でコミュニケーションを図り、評価結果の共有及び相互理解を図った上で、一体となって対策の検討を行った。今後もこの活動を継続していく。
	○レベル1 P R Aは分かりやすく、解析結果を参考に重要度の高い対策から対応していくのは、合理的であり非常に良いアプローチと考える。（小泉所長）	・リスクに係る重要度分類を定量的に行えることがP R Aの利点であり、この利点を用いて、発電所業務に評価ツールとしてP R Aの活用を図っていく。
最新知見	○収集した知見を整理した結果を現場に反映することが重要であり、反映する仕組みが大事である。最新知見の収集の方法については述べているが、新知見の評価や反映の考え方、そして反映の仕組みについて述べるべきではないか。（三島所長）	・新知見の評価、反映の考え方、及び反映の仕組みに関する記載を充実させた。
全般	○届出書の記載として「活動ができています」と評価しているところは、根拠を分かりやすく説明すること。	・「活動ができています」と評価した根拠について記載を充実させた。

第 4.1.2.2 表 当社の活動全般に対するコメント（1 / 2）

分野	内容	コメントを踏まえた当社の対応
保安活動	<p>○（高浜発電所 2 号機のクレーン倒壊事故を踏まえる）組織としての意思決定がきちんとなされていなかったことが一番の問題であり、デシジョンメイキングの仕組みを作り、誰が責任を持って決めたのかを明確にすべき。（小泉所長）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所幹部が参加する会議で、発電所幹部が気象情報をはじめ、発電所の運営にリスクとなる情報を把握し、対応策を決定することを明確にしている。
	<p>○（リスク等の）懸念事項が関係者に共有され、適切な対処、意思決定がなされ、その判断結果が提案者にフィードバックされる仕組みが必要。（三島所長、小泉所長）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・当社に懸念事項を伝達する仕組みとして協力会社アンケート、提案、意見要望等の受理制度があり、受け取った意見・懸念事項については、社内で共有・検討し、処置を行い、その結果を懸念事項の提案者の方に対応要否の判断理由も付して回答している。今後もこの活動を継続していくとともに、懸念事項を検知し共有する活動の改善を図っていく。
	<p>○リスク感受性を高める対象者を明確化すべき。（組織全員なのか、リーダー層なのか、リスクに対面する一部の層なのか）（小泉所長）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・クレーン倒壊事故を受け、リスク感受性を高める対象者は、リーダー層を含めた工事に携わる当社社員、協力会社社員とした。 ・リスクレビューに係る会議にて自然事象による影響を含めて、プラントへの影響、過渡変化、及び暫定運用の影響等に関し、安全上重要な機器等に生じるリスク・影響について、事案の重要度に応じて、所長又は原子力安全統括以下、当該工事に関係する主任技術者、技術アドバイザー、及び工事ごとの責任者を招集し、後工程や対策へのフィードバックを行うとともにリスク意識・情報の共有を図っている。

第 4.1.2.2 表 当社の活動全般に対するコメント（2 / 2）

分野	内容	コメントを踏まえた当社の対応
保安活動	<p>○現場の作業員の方も、作業安全に加えて、基本的な原子力安全のところは理解しておくべき。(三島所長)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・当社社員に対し現場リスクへの感受性を向上させる教育を実施している。 ・現場パトロール（当社社員及び協力会社社員）を活用したリスク感受性（リスクに対する着眼点）を高めるための教育を実施している。 ・土木建築関係を含めた当社社員、協力会社社員に対する原子力安全に関する教育を充実させている。 ・教育を継続的に実施していくとともに、教育内容等の改善・充実に取り組んでいく。
	<p>○（検査の対応等を通じて）ルールを守る（コンプライアンスベースの）評価はできていると思うが、パフォーマンスを評価することは重要である。(小泉所長)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・パフォーマンスの評価が重要であることを認識し、管理指標（P I）及び原子力事業本部による現場観察（マネジメント・オブザベーション）等、今後も引き続き強化を図っていく。
確率論的 リスク評価 及び 安全裕度 評価	<p>○P R Aを活用することで、検査を合理的に進めることができ、電力会社及び原子力規制委員会の両者にメリットがあると思う。P R Aについては新検査制度に対し上手く活用していくべきだと考える。(三島所長)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・既に定期検査工程の検討に停止時P R Aを活用しているが、P R Aから得られたリスク情報の活用を図ることとし、評価ツールとしてP R A手法の改善等の課題解決に取り組んでいく。

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。	新検査制度の運用開始時期（平成32年度）の実施に向けて検討中	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。	平成30年度上期 訓練開始予定	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・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：第25回定期検査、 Bポンプ：第23回定期検査)	保守管理
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。	平成30年度	保守管理

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	関連する保安活動
6	プラント計算機取替	部品の多くが製造中止となっていることから、予防保全及び信頼性向上のため、計算機の一部を取り替える。	平成30年度	保守管理
7	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。	平成31年度	放射線管理 及び 環境放射線 モニタリング
8	送水車導入	SA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。	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 (平成31年 度完了予定) に合わせて対 策実施予定	緊急時の 措置
9	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。	平成30年度 中に運用 開始予定	緊急時の 措置

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	関連する保安活動
10	緊急時におけるリーダーシップ能力向上研修の導入	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）を高める研修を導入する。	平成 28 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
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責任者増置等を実施する。	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。	平成 32 年度	確率論的リスク評価
13	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（平成 30 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

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	関連する保安活動
14	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。	平成30年度中に活用開始予定	確率論的リスク評価
15	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。	平成30年度	安全裕度評価
16	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。	平成30年度中に活用開始予定	安全裕度評価