

「美浜発電所1号機定期安全レビュー（第2回）報告書」および
「大飯発電所3，4号機定期安全レビュー（第1回）報告書」の概要

1．評価対象期間

(1) 美浜発電所1号機

平成6年4月1日～平成18年3月31日

(2) 大飯発電所3，4号機

3号機：平成3年12月18日（運転開始）～平成18年3月31日

4号機：平成5年2月2日（運転開始）～平成18年3月31日

必要に応じ、上記以外の期間における取り組みについても評価または確認を実施。

2．評価項目

(1) 運転経験の包括的評価

「品質保証活動」、「運転管理」、「保守管理」、「燃料管理」、「放射線管理及び環境放射線モニタリング」、「放射性廃棄物管理」、「事故・故障等発生時の対応及び緊急時の措置」、「事故・故障等の経験反映状況」の8分野の保安活動について、組織・体制、社内マニュアル、教育・訓練、改善状況等の観点から評価し、事故やトラブルを含む運転経験で得られた教訓が各保安活動に適切に反映されていることを確認した。

また、平成17年12月26日付原子力安全・保安院文書に基づき、「安全文化に関する取組」も評価し、現在は、美浜発電所3号機二次系配管破損事故の反省を活かし、その再発防止対策の実施を通じて、安全文化の再構築に取り組んでいるところであることを確認した。

(2) 最新の技術的知見の反映

今回の評価対象期間に得られた軽水炉の安全性・信頼性に関連する重要な技術的知見を、「安全研究成果」、「国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓」、「技術開発成果」に分類して調査し、これら最新の技術的知見が適切に反映され、安全性・信頼性の向上が図られてきていることを確認した。

(3) 確率論的安全評価

平成17年12月26日付原子力安全・保安院文書に基づき、設計での想定を大幅に超えて炉心損傷および格納容器破損に至る可能性を確率論的安全評価を用いて評価し、プラント運転時および停止時において、美浜発電所1号機および大飯発電所3,4号機の安全性が十分確保されていることを確認した。

「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」に基づくものではなく、原子力安全・保安院文書に基づき実施したもの。

3. 評価過程

原子力事業本部副事業本部長を統括責任者として、「運転経験の包括的評価」は当該発電所、「最新の技術的知見の反映」および「確率論的安全評価」は原子力事業本部で評価を実施した。美浜発電所1号機は昨年9月から、大飯発電所3,4号機は昨年8月から評価を開始した。

この評価の過程については、平成18年度および平成19年度の保安検査において国の確認を受けている。

4. 公開場所

関西電力原子力情報センター（大阪市北区中之島2-18 住友中之島ビル2F）

美浜原子力PRセンター（福井県三方郡美浜町丹生）

エル・パークおおい「おおいり館」（福井県大飯郡おおい町大島）

美浜発電所1号機の概要

- ・着工 昭和42年 8月（建屋基礎工事）
- ・営業運転開始 昭和45年11月
- ・運転実績（営業運転開始～平成18年度）
 - 累積発電時間 約16.7万時間
 - 発電電力量 約540億kWh

大飯発電所3,4号機の概要

- ・着工 昭和62年 5月（建屋基礎工事）
- ・営業運転開始 平成3年12月（3号機）
平成5年2月（4号機）
- ・運転実績（営業運転開始～平成18年度）
 - 累積発電時間 約10.6万時間（3号機）
約9.8万時間（4号機）
 - 発電電力量 約1,244億kWh（3号機）
約1,161億kWh（4号機）

以上

「運転経験の包括的評価」について

今回の評価対象期間における原子力発電所での運転経験で得られた教訓が、以下の 3.1 から 3.8 の活動に適切に反映されているかについて、組織・体制、社内マニュアル、教育・訓練、改善状況等の観点から、評価を実施した。

また、平成 17 年 12 月 26 日付原子力安全・保安院文書の要求に基づき、「安全文化に関する取組」も 3.9 で評価している。

概要は以下のとおり。

3.1 品質保証活動

- ・平成 15 年 10 月の品質保証の法制化に伴い、法令などの要求事項および「原子力発電所における安全のための品質保証規程 (JEAC4111-2003)」(平成 15 年 9 月、(社)日本電気協会)をもとに平成 15 年 10 月に本店で制定した「原子力発電の安全に係る品質保証規程」に基づき、社長をトップマネジメントとした品質マネジメントシステムを構築している。
- ・社内標準については、「原子力発電所における安全のための品質保証規程 (JEAC 4111-2003)」で要求されている文書・記録管理、内部監査、不適合管理、是正処置、予防処置のほか、保安活動を適切に実施するための運転管理、保守管理、燃料管理、放射線管理、放射性廃棄物管理、緊急時の措置について規定する社内マニュアルを定めており、継続的に改善している。
- ・平成 11 年 9 月に発生した JCO 東海村ウラン加工施設の臨界事故を踏まえた「核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律」の改正 (平成 12 年 7 月施行)を受け、平成 13 年 1 月に「美浜 (大飯) 発電所原子炉施設保安規定」を改正した。この中で、従業員教育の義務を明確化し、保安教育として、教育すべき対象者に応じて教育項目・頻度および時間を明確に定めるなど、教育・訓練の充実を図っている。
- ・品質マネジメントシステムの有効性の継続的改善については、内部評価 (マネジメントレビュー、内部監査、是正処置、予防処置) および外部評価 (保安検査および定期安全管理審査の結果ならびに定期安全管理審査に係る国の評定における保安活動に反映すべき指摘事項) が実施されていることを確認した。
なお、平成 16 年度第 3 回保安検査から平成 17 年度第 4 回保安検査までの間、原子力安全・保安院文書「美浜発電所 3 号機二次系配管破損事故について」(平成 16 年 9 月 27 日)に基づく、特別な保安検査、特に厳格な定期安全管理審査が実施されたことを記載した。

3.2 運転管理

- ・シビアアクシデント への対応として、炉心損傷後の事象に対しても、原子炉格納容器内注水、代替再循環などのアクシデントマネジメントにより事故収束を行うため、当直用の運転操作マニュアルを制定している。

美浜発電所 1 号機では、平成 16 年 8 月に美浜発電所 3 号機で発生した二次系配管破損事故の教訓として、原子炉格納容器外での 2 次冷却材漏えい時に早期のプラント停止を主眼とした 2 次冷却材流出量低減対策を定め、平成 17 年 6 月に運転マニュアルへ反映した。(大飯発電所 3, 4 号機でも同内容を平成 17 年 5 月に実施している。)

平成 18 年 3 月に発生した大飯発電所 3, 4 号機廃棄物処理建屋での火災の教訓として、火災鎮火後に火災の影響範囲について巡回点検することを運転操作マニュアルに反映した。

シビアアクシデント

設計基準事象(原子炉施設を異常な状態に導く可能性がある事象のうち、原子炉施設の安全設計とその評価に当たって考慮すべきものとして抽出された事象)を大幅に超える事象であって、安全設計の評価上想定された手段では適切な炉心の冷却または反応度の制御ができない状態であり、その結果、炉心の重大な損傷に至る事象。

- ・運転直員の技能・知識を強化するため、平成 8 年度から運転体制を 6 班体制(4 班 3 交替 + 1 日勤直 + 1 教育直)とし、教育・訓練の充実を図っている。教育直は運転員として必要な知識と技能の維持向上を図るために、職場内教育・訓練、シミュレータ研修などを行うこととしている。

3.3 保守管理

- ・美浜発電所 3 号機二次系配管破損事故後、「美浜(大飯)発電所保守業務所則」を改正し、原子力発電所の保守管理活動の実施方針として「安全を何よりも優先することを基本とし、安全のためには積極的な資源の投入は勿論のこと、メーカー・協力会社との協業を図りつつ、保守管理を継続的に改善していきます。」と定め、保守管理活動を実施している。
- ・「美浜発電所原子炉施設保安規定」第 120 条(大飯発電所では同発電所保安規定第 125 条)の保守管理計画に対応するため、「原子力発電所の保守管理規程(JEAC4209 - 2003)」の要求事項を満足した「美浜(大飯)発電所保守業務所則」を制定するなど、適宜、社内標準の改善を図っている。

- ・美浜発電所3号機二次系配管破損事故を受けた平成17年7月の組織改正では、設備の経年劣化対策や定期事業者検査対応など、保全業務の確実な遂行を図るため、保守管理要員を増員するとともに、技術基準などに関する不適切な運用を防止するため、法令や技術基準などに関する知識を有する人材を「電気・機械技術アドバイザー」として配置し、現場第一線での確かな技術判断ができる体制とするなど、組織の見直しおよび体制強化を適宜実施し、継続的な保守管理体制の改善を図っている。

また、同事故の教訓として、配管業務担当者に対して、配管肉厚管理に関する教育や、作業長以下の技術系社員に対する技術基準教育を実施するなど、事故・故障等から得られた教訓を適宜反映し、教育内容の充実を図っている。

- ・国内外原子力発電所事故・故障から得られた知見の反映、技術開発の成果および経年変化対策としての改良、作業性や保守技術の改善を適宜実施しており、設備信頼性の維持・向上および安全性向上を図っている。
- ・重要度の高い安全機能を有する設備・機器の定期事業者検査の結果の推移には、経年的な影響と判断される著しい変化が認められておらず、また、大飯発電所3,4号機では高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に対しても、適切な対応がなされており、設備・機器の健全性が維持され、安全性・信頼性が確保されている（美浜発電所1号機は、高経年化技術評価等報告書にて別途評価実施予定）。

3.4 燃料管理

- ・平成11年9月に発覚したBNFLによるMOX燃料のデータ改ざん問題の対策として、平成12年度より燃料調達に係る検査員の承認制度を導入した。研修およびOJTなどにより必要な力量等基準を満足した者を検査員として承認し、検査の際には承認された検査員を派遣するなど、教育・訓練に関する改善を図っている。
- ・燃料の信頼性向上のために実施している「ペレットの形状変更」、「I型支持格子燃料の採用」、「異物対策下部ノズルの採用」や運転経験の反映に係る改善が適宜実施され、継続的な改善を図っている。
- ・美浜発電所3号機二次系配管破損事故を受けた平成17年7月の組織改正では、定期事業者検査などの対応体制強化を図るため、技術課原子燃料係を原子燃料課として独立させた。さらに美浜発電所1号機では、燃料管理を主体とする係と炉心管理を主体とする係に分割するとともに、係長および班長を1名ずつ増員し、燃料管理に係る保全体制を強化している。

3.5 放射線管理及び環境放射線モニタリング

- ・ 社内マニュアルについては、ICRP1990年勧告の法令取り入れ反映（平成13年3月改正）、品質保証の原子力安全規制への導入反映（美浜発電所：平成15年7月、大飯発電所：平成15年10月改正）など、都度必要な改正を適切に実施している。
- ・ 教育・訓練面では、JCO東海村ウラン加工施設の臨界事故を受けた保安教育義務化への対応、ICRP1990年勧告の法令取り入れに伴う変更内容の周知、定着を図っている。
また、大飯発電所3、4号機では平成16年6月10日に発生した大飯発電所1号機燃料取替用水タンク変形事象の記憶の風化防止及び類似事象の再発防止のため、6月10日を「燃料取替用水タンク変形トラブルメモリアルデー」と定め、毎年関係者に対し啓発活動を実施している。
- ・ 被ばく線量に関しては、「運転中の1次冷却材pH管理の改善」による配管・機器などへの放射性腐食生成物の付着の抑制および「停止時の酸化運転方法の改善」により、配管・機器などに付着している放射性腐食生成物を溶出させ除去している。
さらに美浜発電所1号機では第14回定検で実施した蒸気発生器取替工事において、一次冷却材配管の内面除染や同配管内遮へいプラグの設置により、合理的に達成可能な限り最適と考えられる線量低減対策を図っている。
- ・ 美浜発電所1号機では通常定期検査分の平均線量は、年々減少している。
これは、蒸気発生器を取り替えたことにより蒸気発生器からのクラッド溶出によって環境の線量当量率が上昇し第18回まで線量が高く、その後初期皮膜が形成されクラッドの溶出がおさまったことと酸化運転の効果も手伝って環境の線量当量率が低下したものと考えられる。
- ・ 大飯発電所3、4号機では、通常定期検査分の平均線量は、至近4回の定期検査と運転開始当初の定期検査を比較すると増加している。
これは、線量集計方法の違い（経済産業省からの指示を受け至近4回の定期検査は、1次冷却材ポンプ分解点検工事と原子炉容器供用期間中検査工事および蒸気発生器水室隔離工事を通常定期検査分として線量集計しているが、それ以前の定期検査においては特別工事分として線量を集計）による見かけ上の増加（約20%増加）に加え、1次冷却材ポンプインターナル除染後の線量当量率上昇および経年変化に伴う作業環境線量当量率の上昇によるものが主な要因である。

3.6 放射性廃棄物管理

- ・放射性気体廃棄物および放射性液体廃棄物中の放射性物質（トリチウムを除く）の放出実績は、種々の低減対策を実施したことにより年々減少し、年間放出管理目標値と比較して十分低い値となっている。また、放射性液体廃棄物中のトリチウムについても、放出管理の基準値と比較して低い値となっている。
- ・美浜発電所1号機では、放射性固体廃棄物の発生量を抑制し、保管量を抑えるため、平成13年度から雑固体廃棄物処理設備の運用開始による低減対策を実施してきたこと、並びに計画的に日本原燃（株）低レベル放射性廃棄物埋設センターへ搬出したことなどにより、廃棄物庫の保管量が減少している。
- ・大飯発電所3,4号機では放射性固体廃棄物の発生量を抑制し、保管量を抑えるため、雑固体焼却設備（焼却炉）および乾燥造粒セメントガラス固化装置による低減対策を実施してきたこと、並びに固体廃棄物庫に保管している金属、保温材等の雑固体廃棄物を再分別し固型化处理して計画的に日本原燃（株）低レベル放射性廃棄物埋設センターへ搬出したことなどにより、固体廃棄物貯蔵庫の保管量が減少している。

3.7 事故・故障等発生時の対応及び緊急時の措置

- ・平成8年度に、事故・故障等発生時における正確・迅速な通報連絡の実施および関係自治体への対応に万全を期す観点から、携帯電話を通報連絡に係わる関係者に配備し、さらに平成11年度には、社内関係者への連絡・招集をより迅速に行えるように携帯電話を課（室）長以上全員と実務を担当する係長に配備している。
- ・平成11年9月のJCO東海村ウラン加工施設の臨界事故を受けて制定された「原子力災害対策特別措置法」に基づき、「美浜（大飯）発電所原子力事業者防災業務計画」を作成し、原子力防災対策の充実を図っている。また、原子力防災訓練を行うなど、一層の原子力防災対策の充実を図っている。
また、原災法の施行に伴い、平成12年6月から原子力災害発生時の通報連絡として新たに原子力防災管理者および副原子力防災管理者を選任し、平日夜間・休祭日においても、副原子力防災管理者1名を発電所構内待機とすることにより、迅速な通報連絡が行えるよう体制の充実を図っている。
なお、休祭日の当番者は、昼間帯は発電所構内待機とし、夜間帯は発電所および発電所近くの当社宿泊施設待機としている。
- ・美浜発電所3号機二次系配管破損事故を踏まえ、傷病者等救出活動の注意事項や協力会社作業員・当社社員の安否確認方法を、また、現地消防指揮本部や医療機関との連携事項を、「美浜（大飯）発電所救急対策所則」へ反映し、正確・迅速な対応ができるよう体制の維持向上を図っている。

- ・平成18年3月22日に発生した、大飯発電所3,4号機廃棄物処理建屋の火災事象を踏まえ、火災発生時の迅速な通報連絡を行うため、通報者を平日夜間や休祭日と同様に防火管理者から中央制御室の当直課長などに変更を行っている。

また、火災発生時に必要な情報を国・地方自治体へ確実に連絡できるように、火災に特化した通報連絡帳票を新たに取り決め、運用を開始するとともに、国・地方自治体等へ、より迅速な第一報の連絡が実施できるように緊急時通報システムを用いた通報連絡を行っている。

3.8 事故・故障等の経験反映状況

- ・美浜発電所1号機および大飯発電所3,4号機で発生した事故・故障等の再発防止のための仕組みが作られ、評価対象期間中に発生した事故・故障等について、それぞれ適切に再発防止策の立案・実施がなされ、類似のトラブルの再発が防止されていること、および国内外プラントで発生した事故・故障等の情報を収集、検討・評価し、反映するしくみが運用されていることを確認した。

また、軽微な事象に係わる情報共有化のためのしくみが明確になっており、その仕組みに従って情報共有化が確実になされていること、運転経験などを踏まえた仕組みの改善が図られていることを確認した。

3.9 安全文化に関する取組

当社の安全管理に大きな影響を与えた、美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象が発生した平成3年時点まで遡り、安全文化に係る取り組みをレビューした。

その結果、主に「トップマネジメントのコミットメント」、「学習する組織」、「コミュニケーションの良好な職場」の3つの要素に係る取り組みがなされてきたことを確認したが、現時点においても、美浜発電所3号機二次系配管破損事故の反省を活かし、その再発防止対策の実施を通じて、安全文化の再構築に取り組んでいるところである。

また、美浜発電所独自の取組みとして、協力会社とのコミュニケーションおよび現場に関する日常のマナーについて「現場のマナー集」を作成し発電所内に周知している。その中には「協力会社の方との対話におけるベシ&ベカラズ集」があり、協力会社に対してあるべき姿勢がまとめられている。また、「協力会社の社員の方と接する基本姿勢」を発電所事務所内に掲示し意識の高揚を図っている。

また、大飯発電所が他発電所に先駆けて実施してきた取組として、従来なら見過ごされるような小さな事象（気付き事項など）を拾い上げ、是正措置に繋ぐCAP(Corrective Action Program)活動や、アメリカで考案された犯罪学上の「破れ窓理論（建物の窓が壊れているのを放置すれば他の窓もまもなく全て壊されるだろう）」を取り入れ、「安全と品質の基本は5S（整理・整頓・清掃・清潔・躰）」

にあるとの考え方で、当社と協力会社が同じ価値観を持ち一体感を醸成しマイブ
ラント意識の浸透を図る「5S活動」を展開している。

以上の結果より、3.1から3.9の活動については、継続的な改善や取組の
充実が図られており、それぞれの活動における安全性・信頼性が確保されてい
ることから、今後も最新の原子力発電所と同等の安全確保の水準を維持しつつ、安
全運転を継続できるものと評価する。

「最新の技術的知見の反映」について

今回の評価対象期間中に得られた軽水炉の安全性・信頼性に関連する重要な技術的知見を、「安全研究成果」、「国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓」、「技術開発成果」に分類して調査し、これら最新の技術的知見が保安活動に適切に反映され、安全性・信頼性の向上が図られてきているか、評価を実施した。

概要は以下のとおり。

(1) 安全研究成果

- ・シビアアクシデントについて、アクシデントマネジメントの整備（設備面、運用面）を完了し、その状況を平成14年5月に「美浜（大飯）発電所のアクシデントマネジメント整備報告書」としてとりまとめ、原子力安全・保安院に提出した。
- ・「発電用原子力設備規格維持規格（JSME S NA1-2002）」や「原子力発電所における品質保証規程（JEAC4111-2003）」などの安全規制に採り入れられた民間規格等を設備面、運用面に反映し、安全性・信頼性の維持・向上が図られている。

(2) 国内外の原子力発電所の運転経験から得られた教訓

- ・下表に示すとおり、国内外の事故・故障等で得られた技術的知見が、美浜発電所1号機および大飯発電所3，4号機の設備面、運用面に適切に反映されている。

	国内他プラントの 事故・故障等	原子力安全・保安院文書 指示事項	国外プラントの 事故・故障等
美浜 発電所	・評価対象:245件 ・うち水平展開要と判断:137件 〔・水平展開完了:134件 ・実施中:3件〕	・評価対象:25件 〔・対応完了:24件 ・対応中:1件〕	・評価対象:59件 ・うち水平展開要と判断:16件 〔・水平展開の完了:9件 ・実施予定:7件〕
大飯 発電所	・評価対象:313件 ・うち水平展開要と判断:119件 〔・水平展開の完了:116件 ・実施中:3件〕	・評価対象:25件 〔・対応完了:24件 ・対応中:1件〕	・評価対象:83件 ・うち水平展開要と判断:16件 〔・水平展開の完了:9件 ・実施予定:7件〕

(3) 技術開発成果

以下に示すような電力共通研究や自社研究の成果が発電所設備若しくは運用に反映されている。

- ・放射性固体廃棄物の低減に関する技術開発など。（美浜発電所1号機）
- ・制御棒クラスタの摩耗対策や使用済み燃料発生量の低減に関する技術開発など。（大飯発電所3，4号機）

以上のとおり、最新の技術的知見が適切に反映されていることを確認したが、今後とも、原子力発電所の安全性・信頼性を向上させていく上で有効と考えられる重要な技術的知見が得られた場合には、それらの知見を反映する努力を継続して実施していく。

「確率論的安全評価」について

原子力発電所で発生する可能性がある異常事象を想定し、その後の事象進展の確率を設備構成や故障率等をもとに推定することにより、原子力発電所の安全性を定量的に評価した。

以下に示すとおり、今回実施した確率論的安全評価（PSA）の結果、プラント運転時および停止時の2つの状態を合わせて考慮しても、炉心損傷頻度は 4.9×10^{-7} / 炉年（美浜発電所 1 号機）、 2.7×10^{-7} / 炉年（大飯発電所 3、4 号機）、格納容器機能喪失頻度は 3.3×10^{-8} / 炉年（美浜発電所 1 号機）、 1.4×10^{-8} / 炉年（大飯発電所 3、4 号機）となり、例えば IAEA（国際原子力機関）の基本安全原則が示す目標（既設炉に対して 10^{-4} / 炉年以下）および「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について - 安全目標案にかかる性能目標案について -」（原子力安全委員会安全目標専門部会、平成 18 年 3 月）が示す性能目標の指標値（炉心損傷頻度： 10^{-4} / 年程度、格納容器機能喪失頻度： 10^{-5} / 年程度の両方が同時に満足されること）を十分に下回る。

(1) プラント運転時における炉心損傷頻度および格納容器機能喪失頻度に関する評価

- ・当該原子炉施設のプラント運転時における炉心損傷頻度および格納容器機能喪失頻度を評価した結果、炉心損傷頻度の平均値は表 1 に示すとおりであった。
- ・さらに、国内機器故障率データを用いた評価の結果、表 1 に示すとおりプラント運転時における炉心損傷頻度はさらに低減することが確認された。これは、予防保全を主とした我が国の厳格な運転管理による良好な運転実績の現れであると考えられる。

(2) プラント停止時における炉心損傷頻度に関する評価

- ・当該原子炉施設のプラント停止時における炉心損傷頻度を評価した結果、その平均値は表 1 に示すとおりであり、停止時のプラントの安全性が十分確保されている。
- ・保安規定をベースとした感度解析により、現状の保安規定を遵守することで十分な安全性が確保されることを確認した。

表 1：確率論的安全評価まとめ（単位：/ 炉年）

		美浜発電所 1 号機	大飯発電所 3、4 号機	性能目標
炉心損傷頻度	プラント運転時	3.0×10^{-7}	1.3×10^{-7}	-
	停止時	1.9×10^{-7}	1.4×10^{-7}	
	合計	4.9×10^{-7}	2.7×10^{-7}	10^{-4}
格納容器機能喪失頻度（プラント 運転時）		3.3×10^{-8}	1.4×10^{-8}	10^{-5}
炉心損傷頻度（プラント運転時） （国内機器故障率データ使用）		3.4×10^{-8}	9.9×10^{-9}	-

以上のとおり、美浜発電所 1 号機および大飯発電所 3、4 号機について、運転時の炉心損傷頻度および格納容器機能喪失頻度ならびに停止時の炉心損傷頻度は十分低く、安全性が十分確保されていることを確認した。