

概要

1. 対象事業所の概要

1.1 概要

日本原子力技術協会(以下、「原技協」という。)は平成20年3月3日(月)から3月14日(金)まで、日本原子力発電株式会社敦賀発電所(以下、「発電所」という。)のピアレビュー(以下、「レビュー」という。)を実施した。発電所には沸騰水型軽水炉(BWR)1基、加圧水型軽水炉(PWR)1基の合計2基の原子炉がある。レビュー期間中、1号機(BWR)は定格熱出力一定運転中であり、2号機(PWR)は定期検査中であった。

平成19年11月末現在、発電所員は400名、協力会社従業員は1,854名である。

号機	定格電気出力 (MWe)	営業運転開始年月	運転実績 (平成20年3月末現在)	
			発電電力量 ^{*1} (億 kWh)	設備利用率 ^{*2} (%)
1	357	昭和45年3月	814.9	67.4
2	1160	昭和62年2月	1,743.5	80.1

*1) 発電電力量・・・試運転期間を含む

*2) 設備利用率・・・営業運転開始以降

1.2 発電所を取り巻く状況、及びこれに対する発電所の取り組み

発電所は福井県敦賀市北部の、国定公園にも指定されている風光明媚な敦賀湾に面した敦賀半島の先端部に位置している。

日本原子力発電株式会社は、原子力発電事業の開拓を目的に昭和32年に原子力発電専門の会社として設立された。同社はわが国初の商業用原子炉として天然ウラン・炭酸ガス冷却型原子炉を採用した東海発電所の営業運転を昭和41年に開始し、これを嚆矢として、BWR、PWRの建設・運転経験を着実に重ね、これまで50年間にわ

たってわが国の原子力発電技術の開発と発展に取り組んできたパイオニア事業者である。

敦賀1号機は、日本で初めての商業用軽水炉として昭和41年4月に着工し、昭和45年3月に営業運転を開始したBWRである。敦賀2号機は国産技術の粋を集めて建設された100万キロワット級改良標準型PWRの初号機であり、それまでのわが国の運転経験を取り入れ、様々な設備改良を加えて安全性、信頼性の向上を図ったものである。

発電所では安全性と信頼性向上の観点から、様々な設備改善が実施されてきている。例えば、平成19年8月より開始された2号機第16回定期検査工事において、国内外で発生した応力腐食割れ事象に鑑み、予防保全対策として、管台部の応力腐食割れに強い材料を採用した原子炉容器上部ふたへの取替工事や、翼取り付け部の応力腐食割れに強い材料を採用した低圧タービンへの取替工事が実施されている。低圧タービン取替工事の際には、蒸気タービン点検時の保守性向上の観点から、合わせて高圧タービンの取替えも実施された。また、2号機では蒸気発生器入口管台溶接部に応力腐食割れによる傷が発見されたため、現在、傷の除去、肉盛り及び応力腐食割れに強い690系ニッケル基合金による表面全周のコーティング工事を実施中である。

発電所は、平成18年に決定された新耐震指針に基づく耐震安全性評価のための地盤・地質調査に取り組んできたが、平成19年7月に発生した新潟県中越沖地震に鑑み、平成19年9月に、柏崎刈羽発電所で観測された地震動に基づく概略評価を公表した。耐震安全性評価については、平成20年3月に重要設備に対する中間報告を行い、平成21年3月に全ての評価対象設備についての耐震安全性評価を完了させる予定である。

発電所では、具体的な運営目標として「労働災害ゼロ」と「安全・安定運転」が掲げられ、協力会社社員を含む発電所員に対して、安全第一が最優先事項であるという意識の浸透が図られている。

また、現在、電気出力153.8万キロワットの改良型加圧水型軽水炉(APWR)である3、4号機の建設準備工事が実施されており、平成22年に着工、平成28年及び平成29年にそれぞれ3号機と4号機の運転が開始される計画である。

2. レビュースケジュール

平成20年2月27日(水)から29日(金)の間、原技協事務所においてレビューチームとしての訓練及び準備を行った後、表1に示すとおり、3月3日(月)から14日(金)までの2週間にわたって発電所でレビューを実施した。

なお、レビューに先立ち、平成19年11月5日(月)から7日(水)までの3日間、発電所において2号機定期検査における作業実施状況を観察した。(以下、「定期検査時作業観察」という。)

また、平成20年1月15日(火)及び16日(水)に、株式会社BWR運転訓練センター(福島センター)の運転訓練用シミュレータを用いて実施された当直員の連携訓練状況を観察した。(以下、「シミュレータ訓練観察」という。)

表1 発電所でのレビュースケジュール(実績)

		レビュー内容
3月／ 3日(月)	(午前)	<ul style="list-style-type: none"> ・開始会議(レビューチームの紹介、レビューの進め方等) ・レビュー分野毎に、発電所側対応者とのスケジュール調整
	(午後)	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所設備等の状態観察
4日(火)		<ul style="list-style-type: none"> ・発電所設備等の状態観察及び現場観察、インタビュー、書類確認ならびにそれらの結果について、発電所側対応者と意見交換 ・発電所側代表者を含めたチーム会議
5日(水)		<ul style="list-style-type: none"> ・現場観察、インタビュー、書類確認及びそれらの結果について、発電所側対応者と意見交換 ・発電所側代表者を含めたチーム会議
6日(木)		
7日(金)		
8日(土)		休 日
9日(日)		<ul style="list-style-type: none"> ・チーム会議(長所、改善提言の絞り込み)
10日(月)		<ul style="list-style-type: none"> ・現場観察、インタビュー、書類確認 ・問題点の原因及び要因について、発電所側対応者と議論 ・長所、改善提言に関する事実確認及び検討 ・発電所側代表者を含めたチーム会議
11日(火)		
12日(水)		
13日(木)		<ul style="list-style-type: none"> ・レビュー分野毎に発電所側対応者と議論 ・チームリーダーと発電所側代表者との、長所、改善提言に関する議論 ・発電所側代表者を含めたチーム会議
		<ul style="list-style-type: none"> ・チームによる、長所、改善提言の最終確認

		<ul style="list-style-type: none"> ・総括代表者及びチームリーダーと発電所側代表者との、長所、改善提言に関する議論 ・最終会議用資料の取りまとめ
14日(金)	(午前)	<ul style="list-style-type: none"> ・最終会議(長所、改善提言に関して、レビューチームからの説明、及び、発電所の求めに応じて補足説明)
	(午後)	<ul style="list-style-type: none"> ・原技協主催 記者会見(於:敦賀原子力館)

3. レビュー方法及びレビュー内容

原技協が実施するレビューの目的は、レビューを受ける原子力発電所の安全性及び信頼性の一層の向上を図ることである。

3.1 レビューの方法

本レビューでは、WANO^{*3}(世界原子力発電事業者協会)が使用している「達成目標と基準」(Performance Objectives and Criteria: PO&Cs)を基準として用いた。WANOの基準とは別に、INPO^{*3}(米国原子力発電運転協会)の「達成目標と基準」もあるが、原技協とWANOが交互にピアレビューを実施し、相互に補完する関係にあることから、双方のピアレビュー間の連続性を勘案して、WANOの基準を用いた。

この基準は原子力発電所の運営状態を最高水準に導くためのガイドラインとして策定されたものであり、レビューではこれを活用して、「長所」及び「改善提言」を抽出した。

「長所」は、最高水準に至っていると判断される事項である。一方、「改善提言」は最高水準を達成するために努力を要する事項であるが、「改善提言」として抽出された事項が平均的な原子力発電所の運営状態に比べて必ずしも不十分であることを示すものではない。

レビューチームは、INPOやWANOのレビュー方式に沿って、現場観察を中心に活動し、発電所側対応者と緊密な意見交換を行いながら、以下のプロセスでレビューを進めた。

*3) WANOは、1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故が契機となって、世界的な原子力発電所情報網の必要性が痛感され、1989年に世界の原子力発電事業者により設立された機関である。その使命は、原子力発電所の運転の安全性と信頼性を最大限に向上させることであり、世界の原子力発電所を対象としたレビュー活動、故障・トラブル事象の情報交換等、発電所に対する各種支援活動が実施されている。

INPOは、1979年のスリーマイルアイランド事故を契機に米国原子力事業者によって設立された機関である。全米の原子力発電所を対象に行う定期的なレビューは、INPOの主要な活動のひとつであり、発電所に2週間滞在して行う現場観察を主要なプロセスとしている。原技協のレビューはこの方式に従ったものである。原子力関係者の間では、1990年代以降の米国原子力発電所の安全性、信頼性の向上にはINPOの貢献が大きいと認識されている。

3. 1. 1 情報収集及び分析

各分野のレビュー者は、トラブル等の情報、手順書、会議議事録など事前に発電所から提供された情報や、定期検査時作業観察及びシミュレータ訓練観察の記録を分析し、発電所でレビューを効果的に実施するためのレビュー計画を作成した。

3. 1. 2 発電所設備等の状態観察

発電所では、最初に、レビュー者全員で手分けして発電所全体の設備等の状態観察を行った。その際に気付いた事項を記録し、整理した。その総数は 444 件であった。これを分野毎に整理すると、運転分野で約 160 件、保守分野で約 130 件、技術支援分野で約 90 件、放射線防護分野で約 90 件等であった。これらの記録はレビューの対象分野別に分類され、各分野の担当レビュー者に分配された。各レビュー者はこれらの記録を以後のレビューで発電所の現状を理解する材料として活用した。

なお、各事項の内容は複数の分野にまたがるものもあるため、分野毎の合計は総数よりも多い。

3. 1. 3 現場観察とフォローアップ

発電所設備等の状態観察に引き続いて、各分野を担当するレビュー者は、2、3名が一組となって、発電所の設備状態、あるいは所員及び協力会社従業員の作業を専門的な視点で観察した。すなわち、レビュー計画を基に、詳細な現場観察実施後に、インタビューや書類によるフォローアップを行った。各レビュー者は、この段階で気づいた事項が重要か否かを、レビューの基準(PO&Cs)と自らの実務経験に基づいて判断した。重要と判断した事実の中から、優れている、または問題があると考えられる事実を、引き続き検討すべき事項として記録に残した。各レビュー者は、これらについて発電所側対応者と、また、必要に応じて協力会社従業員も交えて、意見交換を繰り返し行い、内容を精査した。

以上の結果は、夕刻のレビューチーム会議(約1時間)で紹介され、優れている、または、問題があると考えられる事実について、チームメンバー全員で討議した。

3. 1. 4 観察結果の分析

各分野のレビュー者は、3. 1. 1、3. 1. 2及び3. 1. 3のプロセスで集められた事柄の中からレビューの基準(PO&Cs)に照らして、優れている点及び問題点を抽出した。

優れている点については、他の発電所の参考となるよう、必要な情報を盛り込んで「長所」としてまとめた。

問題点については、問題の本質は何か、なぜ問題が発生しているのか(原因及び要因)を分析し、どうすれば解決できるか(改善の進め方)を検討した。この作業の過程で追加情報が必要となった場合には、改めて現場観察、書類確認、あるいはインタビューを行い、これらを基に「改善提言」を作成した。

「改善提言」については、レビューの基準(PO&Cs)ならびに優秀と認められている他の発電所での運用などを具体的に示しながら、発電所に問題点を説明し、問題の本質、原因、及びそれらの背景について相互の理解が得られるまで、繰り返し議論を行った。

これら議論の内容、及び発電所の意見については、レビューチーム会議において再度紹介し、他分野のレビュー者も交えて、記述内容が正確かつ公正となるように、多面的に検討した。

3. 2 レビュー内容

3. 2. 1 レビュー項目

今回、レビューの対象は、以下(1)から(6)の基本6分野とした。なお、(7)から(10)については、必要に応じ基本6分野の中で取り上げた。

- | | |
|------------|-----------|
| (1)組織と管理体制 | (2)運転 |
| (3)保守 | (4)技術支援 |
| (5)放射線防護 | (6)運転経験 |
| (7)化学 | (8)訓練 |
| (9)火災防護 | (10)緊急時対応 |

3. 2. 2 レビューの実施体制

レビューの実施体制は、以下のとおりである。

総括代表者 : 松下 原技協理事

チームリーダー : 河島 原技協理事

チームメンバー : 河島リーダー以下 19 名

(WANO職員:2名、原技協会員組織職員:2名、原技協職員:15

名)

4. 結果の概要

レビューの結果、最終的に抽出された長所及び改善提言は、以下のとおりであった。

4. 1 長 所

長所は、以下の9件である。

〔運転〕

- (1) 運転員のプラント設備及び運転操作に関する知識向上を目的として、「運転員必携ハンドブック」が活用されている。また、定期検査時の作業内容の理解及びこれに係わる運転操作の技術伝承を目的として、「定検概要集」が活用されている。例えば、「運転員必携ハンドブック」は、プラント試運転後に作成されたもので、主要な制御系及び設定値、主要なインターロック、特性曲線、運転実績等の情報が記載されている。運転員はこれを常時携帯し、運転操作に活用している。
- (2) 人的過誤を防止するため、プラント運転中及び停止中の作業が重要度別に分類され、それに応じた管理が実施されている。
具体的には、各々の作業に対して、原子炉安全上重要なステップ、想定される人為ミス及びその影響が検討され、重要度に応じた管理が行われている。

〔保修〕

- (3) 技術センターでは、直営作業に必要な保修に関する知識と技能の向上を図るため、OJT や総合研修センターでの訓練を組み合わせた教育・訓練プログラムが運用されている。さらに、各センター員の訓練状況と資格取得状況も履歴管理されている。同プログラムが、質の高い直営作業実施に寄与している。
- (4) 振動測定プログラムによる設備診断が、米国の資格を保有する所員により実施されており、回転機器の健全性維持に寄与している。同プログラムには、最新の診断装置の使用及び徹底したデータ解析と傾向監視も含まれている。

〔技術支援〕

- (5) わが国の原子力発電事業のパイオニアとして、独自の技術を開発し適用するとともに、保有する各炉型の運転経験を他の炉型へも反映している。
例えば、世界で初めて、2号機加圧器管台にレーザー照射応力改善法を適用し、また、2号機に国内 PWR で初めて高 pH 運転を導入した。
- (6) 発電所長経験者や発電所建設経験者が自ら講師となって、中堅社員に東海発電所や敦賀発電所建設時の経験や教訓を伝える原電エンジニアリングスクール（中堅社員ゼミナール）という研修を実施し、所員の技術力向上に大きく寄与している。
この研修では毎週約2時間の講義が年間を通じて行われ（平成 17 年度及び 18 年度にそれぞれ 20 回、24 回開催）、今まで合計で 40 名の所員が受講している。

- (7) 発電所の全ての運転員を対象に、炉心管理員が毎サイクル起動後に炉心特性を説明している。この説明では、そのサイクルの炉心構成の特徴や制御棒操作による炉心特性への影響に重点が置かれ、運転員の知識向上はもとより、運転員と炉心管理員間のコミュニケーションの向上に寄与している。

〔放射線防護〕

- (8) 電子式個人線量計(EPD)について、過去の不具合や協力会社の要望を反映した改善を行うことにより、線量管理の信頼性及び利便性を向上している。例えば、EPDの線量表示窓を正面から上面に移し、管理服のポケットに入れたまま線量が確認できるようにしている。

〔組織と管理体制〕

- (9) 作業安全を確保するため、安全衛生推進協議会パトロール、通常運転中と定期検査期間中で実施頻度を変えた特別パトロールに加えて、「安全行動隊」、「安全コーチング」の活動に積極的に取り組んでいる。特に、作業安全について経験豊富な人材に若手社員を同行させる「安全行動隊」や工事要領書のヒヤリングに同席する「安全コーチング」は独自のものであり、作業員の作業安全に対する意識の高揚に寄与している。

4. 2 改善提言

一方、以下の 15 件の改善提言が抽出された。

〔運 転〕

- (1) 運転部門(発電部門)の管理者は、盤面監視、中央制御室の環境整備、運転員の役割分担等の運転業務に対する高い期待水準を明確に設定しておらず、運転員がより高いレベルでの業務を遂行するための措置を十分に施していないため、改善が望まれる。
例えば、定期検査中の 2 号機中央制御室内に、運転員、定検実施班員、作業員など約 20 名が在室し、運転操作や監視に集中しにくい状況が観察された。
- (2) 中央制御室及び現場において、管理されていない注意表示、図面、手書きのメモ、計器へのマーキングが数多く存在するため、改善が望まれる。
例えば、2号機タービン建屋1階にある復水脱塩装置制御盤に、ラミネート加工された図面が掲示されていたが、取付け日や管理番号の表示はなかった。
- (3) 発電所内に、運転業務に影響を及ぼす、あるいは整理整頓の観点で好ましくない物品がいくつか存在するため、改善が望まれる。
例えば、定期検査中の2号機タービン建屋内に設置されている所内用空気圧縮機制御盤から約1mの位置にダンボール箱等が仮置きされていたが、運転員が所内用空気圧縮機の起動・停止操作を行った際に、運転員の足が仮置き品に接触する状況が観察された。
- (4) 運転員のより高いレベルでの業務遂行を支援する上で、シミュレータ訓練を有効に活用するため、改善が望まれる。
例えば、訓練参加者が、事象内容をあらかじめ知っている場合、前もって操作・確認事項を想定できるため、訓練効果の低下を招くことが懸念される。

〔保 修〕

- (5) 分解点検中機器及び使用済燃料プール周りでの異物混入防止対策に不十分な点があるため、改善すべきである。
例えば、2号機タービン建屋3階の異物管理区域内に可燃性のごみを収集するための透明ビニール袋が置かれていた。

- (6) 赤外線サーモグラフィーによる設備診断が、機器の日常的な異常兆候検知に十分活用されておらず、改善の余地がある。
例えば、バッテリー充電器、インバータ、モーター、開閉装置などには、日常的なサーモグラフィー診断技術が活用されていない。
- (7) 腐食した配管やサポート、及び損傷した保温材が数多くあるため、改善すべきである。
例えば、2号機補機海水ストレーナ入口配管の下部が腐食していた。また、サービス建屋のディーゼル駆動消火ポンプ入口ラインの保温材に、人が踏みつけたと思われるへこみがあった。

〔技術支援〕

- (8) 発電所の安全性または信頼性にかかわる重要な機器や設備の周辺に、十分な固定または固縛の施されていない物品が置かれていたため、改善が望まれる。
例えば、安全系インバータ室の充電器盤から約 1.2m の位置に固定されていない工具棚が置かれていた。
- (9) 建屋内に保管されている可燃物の量や場所の管理が十分ではなく、また、機能が適切に維持されていない防火扉があったため、改善すべきである。
例えば、制御ケーブルトレイの下に可燃物が置かれていたり、防火扉の前に電工ドラムが置かれ閉止の妨げになっていた。

〔放射線防護〕

- (10) 管理区域内における高線量物品の仮置き、線量当量率等の表示及び作業員の不適切なふるまいについて、作業員の被ばく低減の観点から管理方法を改善すべきである。
例えば、管理区域内の安全通路のすぐ横に鉛しゃへいされた高線量のドラム缶が仮置きされていた。
- (11) 管理区域内における汚染検査の管理方法に不十分な点が見られ、また汚染防護に関して作業員の不適切なふるまいが見られたため、改善が望まれる。
例えば、管理区域内の修繕工事において、作業員が汚染区域から退出する際に、定められた手順で防護具を脱いでいない作業員がいた。

〔運転経験〕

(12) 運転経験情報の集約及び分析が、必ずしも体系的に行われていないので、改善が望まれる。

例えば、現在の不適合管理のデータベースは、担当グループ別に分割されており、全体を一括して参照することができない。

〔組織と管理体制〕

(13) 発電所の幹部は、ヒューマンパフォーマンスが危機管理上極めて重要であることを認識しているが、その重要性に対応する組織全体としての取り組みが不十分であるため、改善が望まれる。

例えば、ヒューマンエラー及びヒヤリハットの評価、検討は部署毎の委員会で行われ、発電所全体としての評価が行われていない状況が確認された。

(14) 揚重作業や個人保護具の着用について不適切な状況が見られたため、作業時の安全をより高める観点から、高い期待水準を明確にすることや、徹底することが望まれる。

例えば、揚重作業において作業員が吊り荷の下を通過したり、作業員が保護眼鏡や聴覚保護具を着用せずに切断作業や高騒音環境下での作業を実施している状況が観察された。

(15) 発電所の主要な活動である運転、保守、技術支援及び運転経験の各分野における活動では、高い期待水準が設定されていないか、または所員及び協力会社に徹底されていない場合がある。発電所の幹部や管理者は期待水準を明確にするとともに、運営状態を適切に監視、観察し、問題点を是正する活動について改善すべきである。

例えば、発電所の管理者は、発電所の現状を把握し継続的に評価するための運営指標（パフォーマンスインジケータ）を活用していない状況が確認された。