

# I 概要

## 1. 対象事業所の概要

日本原子力技術協会(以下、「原技協」という。)は、2011年11月7日(月)から11月18日(金)まで、関西電力株式会社大飯発電所(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。

発電所は、若狭湾国定公園内にある福井県大飯郡おおい町の海岸部に位置し、加圧水型軽水炉(PWR)4基を有している。1979年に1号機および2号機が、1991年に3号機、1993年に4号機が営業運転を開始している。発電量としては関西電力で最大となる471万kWの発電所であり、関西電力の原子力発電設備の容量の約48%を占めている。

レビュー期間中、2号機のみが定格熱出力一定運転中であり、その他の号機は福島第一原子力発電所事故の影響から定期検査後の再起動を実施できない状況となっていた。

中央制御室は、1号機と2号機、3号機と4号機でそれぞれ一つの中央制御室となっている。1～4号機は、4ループ型で国内でも最大級の発電量のプラントである。また、1、2号機、3、4号機共に原子炉格納容器に特徴を持っており、1、2号機には格納容器内にブロック状の氷を備えた「アイスコンデンサ方式」を3、4号機には格納容器コンクリート壁内にPC鋼より線( tendon )を入れてあらかじめ格納容器を締め付けておく「プレストレストコンクリート製方式」を採用している。

発電所では、福島第一原子力発電所事故を踏まえた「緊急安全対策」および「シビアアクシデントへの対応」について迅速に対応しており、非常用電源の設置および必要な資機材が備えられていた。また、中長期的な対策についても検討が進められている最中であった。

2011年8月1日現在、発電所員は約530名、協力会社社員は約1500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 (2011年10月末現在)	
			発電電力量*1 (億 kWh)	設備利用率*2 (%)
1	1175	1979年3月	2217.3	66.0
2	1175	1979年12月	2394.8	72.9
3	1180	1991年12月	1626.1	79.1
4	1180	1993年2月	1638.8	84.5

\*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

## 2. レビュースケジュール

2011年11月2日(水)から4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および準備を行った後、表1に示すとおり、11月7日(月)から11月18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、2011年8月16日(火)から8月18日(木)までの3日間、発電所において運転中の2号機を除くユニットの定期検査中における作業実施状況などを観察した。(以下、「事前観察」という。)

また、2011年8月15日(月)、19日(金)に原子力運転サポートセンターにある運転訓練用シミュレータを用いて実施された運転員の直員連携訓練等の状況を観察した。(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
11月／ 7日(月)	(午前)	・開始会議(レビューチームの紹介、レビューの進め方等)
	(午後)	・レビュー分野ごとに、発電所側対応者とのスケジュール調整 ・発電所設備等の状態観察
8日(火)		・消防訓練観察 ・発電所設備等の状態観察および現場観察、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
9日(水) 10日(木) 11日(金)		・現場観察、インタビュー、書類確認およ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 ・チームリーダーと発電所側代表者との発電所状況および発電所設備等の状態観察結果に関する意見交換
12日(土)		休日
13日(日)		・発電所側代表者を含めたチーム会議(長所、改善提言の議論)
14日(月) 15日(火)		・現場観察、インタビュー、書類確認 ・問題点の原因および要因について、発電所側対応者と議論 ・長所、改善提言に関する事実確認および検討 ・発電所側代表者を含めたチーム会議 ・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
16日(水)		・レビュー分野ごとに発電所側対応者と議論 ・発電所側代表者を含めたチーム会議 ・総括代表者およ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
17日(木)		・チームによる長所、改善提言の最終確認 ・最終会議用資料の取りまとめ
18日(金)	(午前)	・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、および発電所からの質問に応じて補足説明)
	(午後)	・原技協主催 記者会見

### 3. レビュー方法およびレビュー内容

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および信頼性の一層の向上を図ることである。あわせて、レビューを受ける原子力発電所が有する長所を原子力産業界に紹介し、他の発電所を支援することを目的としている。

#### 3.1 レビューの方法

本レビューでは、WANO<sup>\*3</sup>(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。これは、原技協とWANOが交互にレビューを実施し、相互に補完する関係にあることから、双方のレビュー間の連続性を勘案したためである。

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」および「改善提言」の判断をした。

「長所」は、他の発電所の参考となる優れた点について必要な情報を盛り込んだ事項である。一方、「改善提言」は最高水準を達成するために努力が望まれる事項であるが、「改善提言」とし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、レビューの対象期間を概ね過去3年間とし、INPO<sup>\*3</sup>(米国原子力発電運転協会)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。

なお、原技協の前身であるニュークリアセーフティネットワークによって、2002年1月22～25日に、発電所に対する相互評価(ピアレビュー)を実施しているが、原技協がINPOやWANOの方式に沿ったレビューを実施したのは、今回が初めてである。

\*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の主要な活動の一つであり、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 情報収集および分析

各分野のレビュー者は、レビュー対象期間中のトラブル等の情報、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、事前観察およ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、レビュー者全員で分担して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232件であった。これを分野ごとに整理すると、運転分野で約170件、保守分野で約130件、技術支援分野で約70件、放射線防護分野で約20件であった。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、分野ごとの合計は総数よりも多くなっている。

### 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、発電所の設備状態、あるいは発電所員および協力会社社員の作業を専門的な視点で観察した。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、この段階で気付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社員も交えて、意見交換を繰り返し行い、内容を精査した。

以上の結果を、レビューチーム会議で紹介し、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項、3. 1. 2項および3. 1. 3項のプロセスで集められた事項の中からレビューの基準(PO&Cs)に照らして、優れている点およ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(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、これらをもとに「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)ならびに他の発電所での優れていると認められる運用状況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、およ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、およ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)教育訓練   |
| (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   | : 奥野 耕三 原技協テクニカルアドバイザー  |
| チームリーダー | : 河島 弘明 原技協顧問   |
| チームメンバー | : 19名(総括代表者、チームリーダーを除く)<br>(WANO レビュー者:2名、原技協会員組織職員:2名、<br>原技協職員:15名) |

## 4. 結果の概要

レビューの結果、長所および改善提言は、以下のとおりであった。

### 4. 1 長所

長所は、以下の8件である。

#### 〔運転〕

- (1) 発電所では中央制御室で警報が発信した際の警報対応操作を容易にするため警報窓の識別を行うシステムを導入していた。このシステムはプラントの状態や作業の実施により、警報が発信することが妥当であったり、発信があらかじめ予測される警報に対して、警報窓を識別表示させるシステムである。警報が多数発信した状態となるプラント停止状態では運転員のプラント監視業務の負担軽減に大きく繋がっていた。
- (2) 同社の3原子力発電所発電室、自社シミュレータを持つ原子力運転サポートセンター、社外のシミュレータ訓練施設である原子力発電訓練センターの教育計画責任者は、毎年「教育直カリキュラム検討会議」を開催し運転員教育訓練プログラムの改善点を抽出・反映し、教育訓練の適正化を図っている。この検討会議によって、ミッドループ運転の教育訓練や、中央制御室退避時制御盤を使用した教育訓練が強化され運転員の技術力向上が図られていた。

#### 〔 保 修 〕

- (3) 発電所では、従来、管理区域内作業着等の洗たく排水を逆浸透膜方式の処理装置で処理してきたが、装置の更新に合わせて安全性、保守性及び運用性に優れた装置の導入について検討し、国内原子力発電所で初めて膜分離活性汚泥方式を採用した。この装置は、従来の装置に比べ、保守性の改善、作業環境・安全性の向上、放射性廃棄物の発生量の低減等において大きな改善効果が見込まれている。

#### 〔 技 術 支 援 〕

- (4) 発電所では、2010年2月の1号機燃料集合体漏えい事象への対応として、同型燃料についての対策を講じていた。この時、運転中の3号機については、燃料漏えいの兆候を示していなかったものの、対策が必要な燃料を装荷していたことから、定期検査時期を待たずに、プラントを一旦停止し対策を実施している。このような、前向きなリスク低減に基づく判断と対応によって、発電所では2010年2月以降、同様な事象を再発せずに運転している。
- (5) 発電所では火災感知器と監視カメラを連動させた火災監視システムを設置し、2009年12月から運用を開始している。このシステムを用いることで火災感知器動作直後に現地の状況を自動的にモニター画面で確認でき、火災発生時の初期活動を安全・的確に実施することができる。また、火災時以外の発電所緊急時においても現場の状況確認、情報共有の観点で有効であると考えられる。

#### 〔 放 射 線 防 護 〕

- (6) 発電所は、工事を請け負う協力会社の放管専任者の選任時に適正認定試験を実施している。この認定試験は他の発電所と比べ難易度が高く厳しい条件となっている。このため、当該認定試験に合格した放射線管理専任者によって、請負工事の放射線安全がより確実に確保されている。

#### 〔 運 転 経 験 〕

- (7) 発電室では、当直で運転操作や作業に伴う隔離・復旧操作を行う前に「プレジョブブリーフィングガイド」を用いて、操作準備が整っていることや操作者の技量を確認しているが、その際に、当直内で過去に経験したトラブル事例や教訓を活用して作成した「PJB(プレジョブブリーフィング)シートデータベース」を使用し、ヒューマンエラーを防止し、トラブルの未然防止に効果をあげている。

#### 〔 組 織 と 管 理 体 制 〕

- (8) 発電所では、労働安全における安全意識の醸成、労働災害の撲滅を目指す活動の一つとして、2006年度から安全技術アドバイザーという制度を設けている。安全技術アドバイザーは、社外の労働安全の専門家であり、労働安全の視点で定期検査中の現場のパトロール、教育ツールの作成、研修会の講師、実際の作業での密着指導など第三者の目で労働安全面の指導を実施し現場安全管理の向上を図っている。

## 4.2 改善提言

改善提言は、以下の 10 件である。

### 〔運転〕

- (1) 発電所内の環境整備が十分でない部分がある。固縛されていない状態で保管されている資材が多数あり、地震等により安全上重要な機器に影響を与える可能性がある。また、機器・配管の一部が発錆または汚損した状態で放置されていた事例もあり改善の余地がある。

たとえば、原子炉補機冷却水ポンプ室では、固定されていない資材が置かれていた事例が観察された。

### 〔保守〕

- (2) 発電所内で異物管理に関して一部に不適切な状況が認められるため、改善が望まれる。

たとえば、異物管理区域である使用済み燃料ピット周辺に異物となる得る無色透明なビニール袋や黒いテープ片などが放置されているなどの事例が観察された。

- (3) 玉掛け・揚重作業において一部に不適切な作業慣行が見られたり、それらに使用する機材の一部で適切な確認や保管がなされていなかったりするため、改善が望まれる。

たとえば、吊り上げた荷物の近くに人がいるなどの事例が観察された。また、必要な点検済タグが付いていない吊り上げ・玉掛けの機材があったり、点検済タグが一部剥がれていたりするなどの事例が観察された。

- (4) 計量器(測定・試験装置、トルクレンチなど)の一部が適切に保管・管理されていないため、改善の余地がある。

たとえば、多数のトルクレンチがスチール製のかごの中に整理されずに立てた状態で置かれ、衝撃から保護される状態ではなかった事例などが観察された。

### 〔技術支援〕

- (5) 発電所現場の可燃物の仮置き管理や防火設備の維持管理など、国際的に高いレベルの発電所と比較して火災防護に関する作業慣行の一部に改善の余地がある。

たとえば、仮置きが未承認の廃油や梱包材が置かれていたり、建屋内に設置してある消火器が固縛されていなかった事例が観察された。

### 〔放射線防護〕

- (6) 被ばく低減を効果的に実行するためのプログラム(計画および目標(中長期を含む))が十分でなく、被ばく低減を実現するために必要な事項が、作業員(協力会社を含む)と放射線防護要員に対して十分に浸透、定着していないため、改善の余地がある。

たとえば、各号機とも放射線業務従事者の集団線量値が他の国内 PWR 発電所よりも有意に高くなっている。

- (7) 作業員(協力会社を含む)と放射線防護要員は、身体汚染と、管理区域および管理区域内の機器類の汚染を可能な限り低く抑えることに対する厳しい意識が十分でないため、改善の余地がある。作業員の汚染管理に対する意識が十分でないと、身体汚染の発生による内部被ばくや、汚染の拡大の恐れが生じる。

#### 〔運転経験〕

- (8) 運転経験情報を活用するための仕組みのなかで、是正処置プログラムおよび不適合に至らない軽微な事象を活用するプログラムの一部で効果的な運用となっていないため改善の余地がある。  
たとえば、異物管理区域に持込まれる物品管理に関する軽微な事象の情報は収集、活用されていない。

#### 〔組織と管理体制〕

- (9) 発電所管理者層の期待事項が必ずしも協力会社作業員に浸透していないため、協力会社作業員が、作業安全や保守作業等の基本的遵守事項を遵守していない場合があるため改善が望まれる。
- (10) 緊急時対応の訓練の一部については、リアリティが十分考慮されたものとなっていない。また訓練の内容と頻度が十分でない。このため、訓練が十分効果的なものとなっていない可能性があるため、改善が望まれる。  
たとえば、全電源喪失を想定した訓練において、当番者の宿泊所の電源喪失を想定した訓練になっていない等、リアリティが十分でない事例や、指揮命令をする者への指揮能力養成訓練が、年に1度の原子力防災訓練のみとなっている等、訓練内容と頻度が十分でない事例が観察された。

なお、これら 10 件のうち、保守分野の(2)の「異物管理の徹底」、(3)「玉がけ・揚重作業における作業慣行と機材管理等の徹底」、組織と管理体制分野の(9)の「保守作業等に対する基本的遵守事項の徹底」、(10)「緊急時対応訓練の更なる向上」に係る改善提言は、重要度の高い提言であるとレビューチームは判断した。