

原子力発電部会セッション

「原子力発電所の再稼働までの取り組み、並びに、40 年運転規制の技術的及び制度的課題について」

(1) 川内原子力発電所 1, 2 号機の再稼働までの取り組みについて

(1) Various Efforts toward Restarting Operation of Unit 1 and 2 of Sendai Nuclear Power Station

江藤 和敏¹

¹九州電力(株)

1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、平成 25 年 7 月に核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(以下、原子炉等規制法)の改正等により強化された原子力発電所の新規制基準が施行されたことから、当社は、原子力規制委員会(Nuclear Regulation Authority; NRA)に対し、川内原子力発電所 1, 2 号機及び玄海原子力発電所 3, 4 号機に関して、新規制基準への適合性確認のための「原子炉設置変更許可(基本設計)」、「工事計画認可(詳細設計)」、「保安規定変更認可(運用管理)」を一括して申請した。

数 10 回の審査会合、数 100 回のヒアリングを重ねた後、平成 26 年 9 月 10 日、NRA は、川内原子力発電所 1, 2 号機について、原子炉設置変更を許可した。

その後、工事計画認可、保安規定変更認可、使用前検査等の手続きを踏んで行き、川内 1 号機が平成 27 年 9 月 10 日、川内 2 号機が 11 月 17 日に通常運転に復帰した。

本講演では、川内原子力発電所が再稼働を果たすまでの取り組みについて概説する。

2. 新規制基準への適合

新規制基準においては、地震や津波などの共通の要因によって、原子力発電所の安全機能が一斉に失われることを防止するために、耐震・耐津波性能や自然現象の想定、電源の信頼性、冷却設備の性能などの設計基準が強化された。

また、設計基準の想定を超えるような、万一の重大事故が発生した場合に備え、可搬型設備などを活用した重大事故に備えた対策が新たに追加された。

2.1 重大事故を防止するために強化・新設した主な対策

(1) 地 震

- ・ 発電所は、活断層がない地盤に設置していることを確認した。
- ・ 基準地震動(発電所の建屋や機器の耐震安全性評価に用いる基準となる地震動)として、発電所周辺の活断層から想定される地震動(①)と、震源と活断層の関連付けが難しい過去の地震に基づく地震動(②)を設定した。
 - ① 発電所周辺の活断層による地震を厳しく評価し、540 ガルに設定
 - ② 国が示した過去に国内で発生した 16 地震のうち、北海道留萌支庁南部地震(2004 年)を考慮して、620 ガルを追加

(2) 津 波

- ・ 琉球海溝のプレート間地震(Mw9.1)による津波の高さを海拔 5m 程度(取水口付近)と評価し、地震による地盤沈下や満潮位の変動なども考慮の上、発電所への最大遡上高さを海拔 6m 程度と想定し、対策を行った。
- ・ 発電所の主要設備がある敷地は海拔約 13m であり、津波に対し十分な余裕があることを確認した。
- ・ 海水ポンプエリア(海拔約 5m)の周辺に、防護壁(海拔約 15mm)を設置するとともに、津波の引き波時にも原子炉等の冷却に必要な海水を確保するための貯留堰を取水口前面に設置した。
- ・ 更に、津波や漂流物に対する安全性を向上させるため、防護堤(海拔約 8m)を設置した。

(3) 火 山

- ・ 発電所から半径 160km 圏内にある 39 火山を調査し、将来活動する可能性のある 14 火山の影響について評価した。
- ・ 発電所運用期間中に、発電所への影響が最も大きい火山事象として、約 1.3 万年前に発生した桜島薩摩噴火規模の厚さ 15cm の火山灰を想定した対策を実施した。

Kazutoshi ETO¹

¹Kyushu Electric Power Co., Inc.

- ・ カルデラの破局的噴火(噴出物量 100km³以上)が発電所運用期間中に発生する可能性は、十分小さいと評価^{※)}し、今後も可能性が十分小さいことを継続的に確認するため、火山活動をモニタリングする。

※) 桜島のある鹿児島地溝におけるカルデラの破局的噴火の活動間隔は約 9 万年であり、直近の破局的噴火は約 3 万年前である等

(4) 竜 巻

- ・ 日本で発生した過去最大の竜巻を考慮して、最大風速 100m/s の竜巻を想定した対策を実施した。
重要な屋外設備には飛来物の衝突を防止する防護ネットを設置
資材保管用コンテナは固縛等により飛散を防止

(5) 火 災

- ・ 火災を早期に感知・消火するため、安全上重要なポンプ等の設置エリアにおいて、検知方法の異なる火災感知器や自動消火設備を増設するなど、発電所構内の火災対策を強化した。

(6) 内部溢水

- ・ 配管やタンクの破損によって、安全上重要な設備が使用できなくなることがないように、配管からの蒸気漏れを早期に検知して自動で止める設備や、浸水を防止する水密扉の設置など、内部溢水に対する防護対策を行った。

2.2 重大事故の発生に備え新設した主な対策

(1) 電源の多様化

- ・ 非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンクの増設など、常設の電源設備を強化するとともに、外部電源及び常設の非常用電源が喪失した場合に備え、大容量空冷式発電機などを新たに設置するなど、電気を供給する手段を多様化した。

(2) 炉心損傷防止対策

- ・ 常設のポンプに加えて、可搬型のポンプ等を追加配備し、原子炉等の冷却手段を多様化した。
可搬型注入ポンプ(新設)による原子炉・蒸気発生器への注水
常設電動注入ポンプ(新設)による原子炉への注水
格納容器スプレイポンプ(機能追加)による原子炉への注水
移動式大容量ポンプ車(新設)による海水供給

(3) 格納容器破損防止対策

- ・ 格納容器スプレイポンプによる格納容器の冷却ができない場合に備え、冷却手段を多様化した。
常設電動注入ポンプ(新設)による格納容器スプレイ
可搬型注入ポンプ(新設)による格納容器スプレイ
移動式大容量ポンプ車(新設)による格納容器再循環ユニットへの海水供給
- ・ 水素爆発を防止するために、事故時に格納容器内に水素が発生した場合でも、水素の濃度を低減する対策を行った。
静的触媒式水素再結合装置(新設)
電気式水素燃焼装置(新設)

(4) 放射性物質の拡散抑制

- ・ 万が一、格納容器が破損したとしても、発電所外への放射性物質の拡散を抑制するため、破損箇所へ放水する放水砲を配備するとともに、放水時に放射性物質を含んだ水が海洋へ拡散することを抑制するため、シルトフェンス(海中カーテン)を配備した。

(5) 指揮所等の支援機能の確保

- ・ 発電所構内の高台に、重大事故が発生した場合の現地対策本部として、耐震性を有し、通信設備等を備えた緊急時対策所を設置しました。

(6) 重大事故時等の対策の有効性

- ・ 新たに設置した設備や対策により、最も厳しい重大事故(炉心溶融が早く、格納容器内の圧力が高く推移するケース^{※)}が発生した場合でも格納容器は破損せず、放射性物質(¹³⁷Cs)の放出量は 7 日間で

5.6TBq になることを評価し、原子力規制委員会によって確認された。

- ・ この放出量は、新規規制基準の制限値 100TBq の約 18 分の 1(福島第一事故の約 1,800 分の 1)の水準である。

※) 全交流電源喪失とともに、原子炉冷却水が配管破断により大量に漏れ出る事故

3. 設置変更許可から再稼働を果たすまで

原子炉設置変更許可、工事計画認可、保安規定変更認可を一括申請したものの、設置変更許可申請書は、その後の審査会合での議論等を踏まえ、大幅な補正が加えられた後、許可された。

これに伴い、工事計画認可申請書、保安規定変更認可申請書にも、補正を加え、平成 27 年 3 月 18 日に 1 号機の工事計画が、5 月 22 日に 2 号機の工事計画が、5 月 27 日に保安規定変更が認可された。

その後、使用前検査に加え、施設定期検査、安全管理検査、溶接安全管理検査、保安検査を受検し、通常運転に復帰した。

また、世界原子力発電事業者協会(World Association of Nuclear Operators; WANO)及び原子力安全推進協会(Japan Nuclear Safety Institute; JANSI)の再稼働に関する支援を受けた。

3.1 工事計画認可

従前は、電気事業法に基づく規制だったが、新規規制基準では原子炉等規制法の要求へと変更された。この際、従前から要求されている強度計算、耐震計算に加え、火災防護、溢水防護、竜巻等の自然現象への配慮に関する説明書等も必要となり計算書の種類が大幅に増えたこと、可搬設備や通信設備等、評価対象設備が増えたことにより、工事計画認可申請書の最終版は、1 号機が約 30,000 ページ、2 号機が約 29,000 ページとなり、建設工事のものに匹敵する膨大な量となった。

また、特に、認可実績のない評価手法に考慮すべき不確実さの扱い等に関し、原子力規制庁との合意に非常に多くの時間を要したことから、設置変更許可から工事計画認可までに半年以上を要することになった。

3.2 保安規定変更認可

内部溢水、地震、津波、竜巻及び火山(降灰)等の発生時の体制整備、火山活動のモニタリング等の体制、重大事故、大規模損壊発生時の体制整備等について追加記載し、認可を得た。

重大事故、大規模損壊発生時の体制として、52 名/班の宿直を編成し、夜間・休日でも速やかに対応できるよう、発電所内又は近傍に待機させている。

3.3 使用前検査

従前は、電気事業法に基づく規制だったが、新規規制基準では原子炉等規制法の要求へと変更された。

法令の内容は、電気事業法で規制されていた従前と変わらないが、バックフィット規制であることから、新設設備のみならず、既設設備も使用前検査の対象となったこと、品質管理検査、基本設計方針検査の従前にはなかった NRA の内規に基づく検査が加わったことから、検査対応に非常に多くの時間と労力を費やす必要が生じ、玄海や本店から 100 名規模の検査応援者を川内に派遣したものの、工事計画認可から使用前検査合格までに約半年を要した。

3.4 その他の検査

使用前検査に加え、以下の NRA による検査・審査にも同時並行で対応した。

- 施設定期検査:いわゆる定期検査
- 定期安全管理審査:定期検査期間中に実施する事業者検査の体制に関する審査
- 溶接安全管理審査:溶接を行った際に実施する事業者検査の体制に関する審査
- 保安検査:保安規定の遵守状況に関する検査

原子炉起動前、プレスに公開された重大事故を想定した訓練は、安全上重要な行為に対する保安検査に新たに加えられた項目として実施されたもので、事故シナリオに対し定められた操作を定められた時間内に完了できるかが検査された。

3.5 長期停止を考慮した対応

4 年以上の長期停止を考慮し、再稼働の際には、以下の対策等を講じた。

- 発電所と本店の情報共有を強化した。
 - 毎朝、発電所、本店、東京支社でミーティングを実施した。
 - 出力上昇前には、CNO(Chief Nuclear Officer)も参加する検討会を発電所と本店とで実施した。
- 運転プラントの経験がない若手社員が増えていることから、以下の対策を講じた。
 - 川内の発電課長経験者を派遣し、ダブルチェックを行った。

- ベテラン運転員を川内に派遣し、若手のコーチを行った。
- タービンバランシング等により、起動工程が変更されることを考慮し、全ての運転当直班で、原子炉起動、発電機並列、出力上昇等のシミュレータ訓練を複数回実施した。
- 出力上昇に関する操作は、日勤の時間帯に計画した。

3.6 再起動時の運転経験

川内 1 号機では、電気出力 75%保持中に復水器細管からの海水混入が発生した。

この事象の概略は以下の通り。

- 電気出力 75%で調整運転を行っていた平成 27 年 8 月 20 日 14 時 19 分に、2 次系の復水ポンプ出口の電気伝導率高警報が発信した。
- 関連機器の調査を実施した結果、復水器#A ホットウェルの電気伝導率が上昇していることを確認するとともに、水質を分析した結果、微量な海水が混入したものと推定されたため、出力上昇を延期し、電気出力を 75%に保持した状態で、復水器#A 水室の点検を実施することとした。
- 調査結果により海水混入の原因として特定された細管 5 本、及び予防保全としてその周辺の細管を含む合計 69 本について施栓を実施した。

川内 2 号機は、順調に通常運転に復帰した。

なお、1 号機の運転経験を反映し、起動前に 2 号機の復水器#A 水室管群外周部の細管 1,358 本について渦流探傷検査(Eddy Current Test; ECT)を行った。ECT の結果、貫通した細管は無かったが、1 号機と同様のエリアにある細管 57 本について、予防保全として施栓を実施した。

3.7 WANO、JANSI による再稼働支援

川内再稼働の動向は世界からも注目されており、WANO による再稼働レビュー、JANSI によるエキスパートワークダウン(Expert Walkdown)等の再稼働支援を受けた。

また、川内再稼働に係る当社が発信した情報は、JANSI、WANO を介して、世界中の原子力事業者に発信された。

4. 最後に

川内原子力発電所は、新規制基準に適合し、再稼働を果たしたが、今後も、原子力のリスクを経営の最重要課題と位置づけ、規制の枠組みに留まることなく、原子力の自主的な安全性向上の取組みを継続・改善していくことが何より重要と考えている。経営トップの強いリーダーシップのもと、「常に世界最高水準の安全性」を目指して行く。

以 上