2023年春の年会

原子力発電部会セッション

BWR 型原子力発電所の再稼働に向けたソフト面およびハード面の取り組み
Activities for restart of BWR nuclear power plants

（2）女川原子力発電所２号機における安全対策について

(2) The safety countermeasures for restart of Onagawa-2

*猪股 一正 [1]
[1] 東北電力株式会社

1. はじめに

女川原子力発電所 2 号機（沸騰水型軽水炉（BWR）、定格電気出力 82 万 5 千 kW）は、宮城県牡鹿郡女川町及び石巻市に立地した原子力発電所であり、現在は、2023 年 11 月を工事完了の目標とした安全対策工事に取り組み、再稼働を目指しているところである。

本稿では、女川原子力発電所 2 号機の再稼働に向けた取り組みのうち、ハード面からの対策である安全対策工事の内容について、具体的な事例を挙げて紹介するとともに、更なる安全性向上に向けた取り組みについて紹介する。

2. 女川原子力発電所２号機の新規性基準適合性審査の状況

新規制基準においては、重大事故への進展を防止するための対策等が義務付けられ、再稼働にあたっては、原子力規制委員会による審査において、新規制基準への適合性の確認を受ける必要がある。

女川原子力発電所 2 号機は、2013 年 12 月 27 日に新規制基準への適合性審査申請を行い、2020 年 2 月 26 日に原子力規制委員会より原子炉設置変更許可を受けている。また、2021 年 12 月 23 日に、工事計画認可を受けている。

現在は、工事計画認可により内容が確定した安全対策工事を、2023 年 11 月の工事完了を目標に進めているところである。

3. 女川原子力発電所２号機の安全対策

3-1. 安全対策の全体像

女川原子力発電所 2 号機の安全対策は、万が一の原子力災害時に備え、「施設を守る」、「燃料破損を防止する」、「放射性物質を閉じ込める」の各段階において、実効性を高めるため、複数の対策を用意している。対策の実施にあたっては、高台（海抜約 59m 以上）を有する女川原子力発電所の敷地形状を有効活用し、原子炉建屋（海抜 13.8m）に設置する設備と同等の機能を持つ可搬型設備は、高台に設置するなどの対応を実施している。

図 1　安全対策の全体像

3-2. 地震対策

これまでも、約 6,600 カ所の耐震裕度向上工事等を実施してきており、東北地方太平洋沖地震においても、大きな被害は生じることはなかった。現在は、発電所の耐震設計に用いる基準地震動 Ss を 1,000 ガル（従前は 580 ガル）と設定し、基準地震動 Ss に対する耐震裕度の向上を図るための耐震補強（配管へのサポート追

設等）を実施している。

3-3. 津波対策

女川原子力発電所１号機の建設当初から、津波への備えとして、歴史上の津波実績等を踏まえた敷地高さ設定を行う等の取り組みを行ってきており、東北地方太平洋沖地震においても、最大津波高さ（約13m）は敷地高さ（海抜 13.8m）を超えることはなかった。現在は、震災の知見等を踏まえ、到達する想定津波高さを 23.1m と評価した上で、高さに余裕を持たせた海抜 29m の防潮堤かさ上げ工事を実施している。防潮堤の設置にあたっては、沈下防止、安定性向上への対策として、防潮堤下部の地盤改良や置換コンクリートの追加設置を実施している。また、敷地への浸水防止対策として、防潮堤の他にも、取放水炉の開口部に防潮壁を設置する対策も実施している。

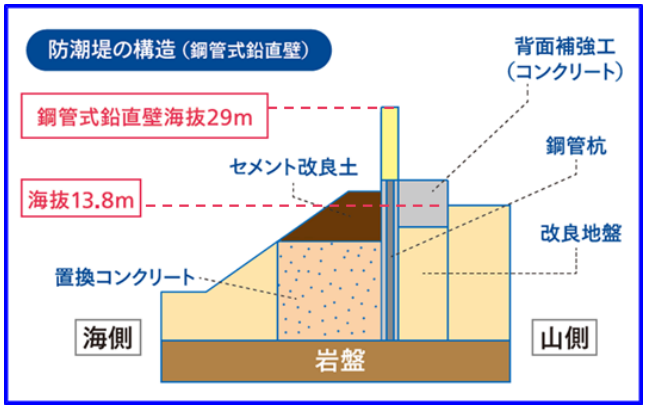

図２　防潮堤の構造

3-4. 地下水への対応

防潮堤を設置する以前においては、発電所敷地内の地下水は、山側から海側へ向かう流れが形成されていたが、防潮堤の設置後においては、防潮堤の沈下防止、安定性向上対策により、敷地内の地下水の流れが遮断されることになる。このため、地下水位の上昇による揚圧等への影響を考慮し、揚水井戸、揚水ポンプ、配管等で構成される地下水位低下設備を設置することとし、これにより、原子炉建屋等に作用する揚圧の低減及び地震時に周辺の構造物に生じる液状化影響の低減を図っている。

図３　揚水井戸

3-5. 電源の確保

これまで設置している外部電源（５回線）及び非常用ディ―ゼル発電機（女川２号機には３台）に加え、電源供給の信頼性向上のため、ガスタービン発電機、電源車等の代替電源を追加で設置する。このほか、直流電源の供給時間延長のための蓄電池の容量増強、自然災害による影響を防止するための燃料タンクの地下設置を行う。

図４　ガスタービン発電機と地下軽油タンク

3-6. 竜巻、火山、外部火災への対応

竜巻による重要な安全施設の損傷を防止するため、海水ポンプが設置されている海水ポンプ室への竜巻防護ネットの設置等、飛来物による損傷の防止対策を行う。火山に対しては、火山灰の除去に必要な資機材（ブルドーザ）の配備、空調系フィルタの予備品の確保等を行う。外部火災に対しては、敷地周辺の森林火災による発電所構内への延焼を防止するため、構内周辺斜面の伐採及びモルタル吹付による防火帯（幅約 20m、延長約 3km）の設置を行う。

3-7. 内部火災、内部溢水への対応

発電所内部の火災への対策として、火災発生防止対策（難燃性ケーブルの使用等）、速やかな火災の感知・消火対策（火災感知器等の多様化、自動消火設備の追加設置等）及び火災の影響軽減対策（防火扉の追加設置等）を実施する。建屋内溢水による重要な設備への浸水防止としては、水密扉設置や配管貫通部等の止水処置等の対策を実施する。

3-8. 冷却機能の確保

原子炉内の燃料の著しい損傷を防止するため、原子炉の圧力状態に応じた注水手段を追加で設置する。原子炉が高圧状態における注水手段としては、既設の原子炉隔離時冷却系の代替手段として、原子炉の蒸気で駆動する高圧代替注水系を設置する。原子炉が低圧状態における注水手段としては、直流駆動低圧注水系を設置するとともに、常設の低圧注水手段が使用できない場合に備え、可搬型の大容量送水ポンプ車を配備する。

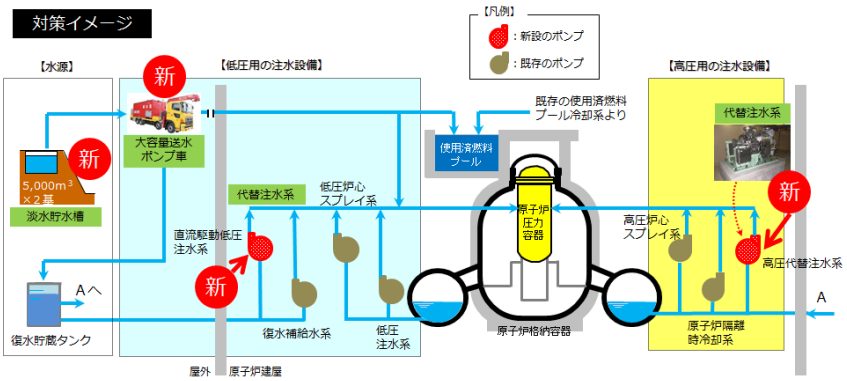

図 5　冷却機能確保のための対策

水源については、敷地内の高台に淡水貯水槽（1 基あたり容量約 5,000m³。2 基で構成。）を追加で設置し、必要な水量を確実に確保することとしている。

3-9. 閉じ込め機能の確保

重大事故時に、放射性物質の閉じ込め機能を持つ原子炉格納容器の圧力・温度が上昇した場合においても、原子炉格納容器の破損を防止するため、既存の残留熱除去系に加え、代替循環冷却系を設置する。

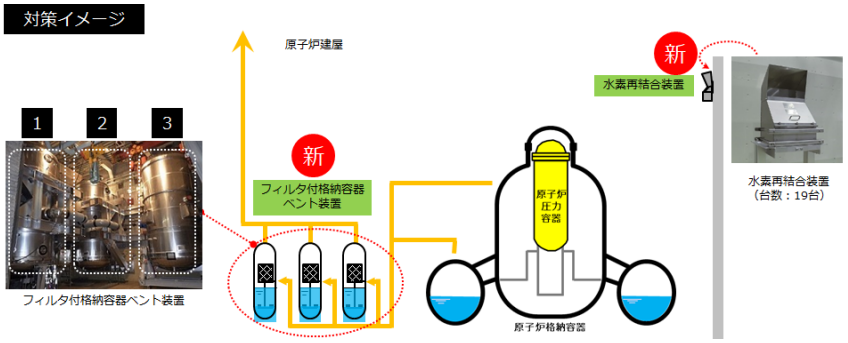

図 6　フィルタ付格納容器ベント装置と水素再結合装置

代替循環冷却系は、サプレッションチェンバのプール水を熱交換器にて冷却し、原子炉圧力容器へ注水及び原子炉格納容器内へスプレイする系統であり、原子炉格納容器バウンダリを維持しながら原子炉格納容器の圧力及び温度を低下させることが可能である。また、熱を最終的な逃がし場である海へ輸送する手段として、熱交換器ユニット及び大容量送水ポンプ車の配備を行う。

代替循環冷却系が使用できない場合は、原子炉格納容器の圧力を低下させため、原子炉格納容器内の気体を外部に放出する対応を行うが、外部に放出する放射性物質を抑制するため、フィルタ付格納容器ベント装置を設置する。これにより、直接放出時に比べ、放射性物質の放出量を 1/1,000 以下まで大幅に抑制することが可能となる。

また、原子炉格納容器から原子炉建屋に漏えいした水素の濃度上昇を抑制し、水素爆発を防止するため、触媒により水素を再結合させる水素再結合装置を設置する。

3-10. 事故時対応の基盤整備

重大事故等が発生した場合においても、緊急時の対応に支障をきたすことがないよう、緊急時対応に必要な指揮所機能を有する緊急時対策所を敷地の高台に設置する。緊急時対策所は、通信連絡設備等を有し、放射線遮へいを考慮した躯体としている。

図 7　緊急時対策建屋

4. 更なる安全性向上のための対応

「3. 女川原子力発電所２号機の安全対策」で示した安全対策に加え、バックアップ対策である特定重大事故等対処施設の設置等に向けた取り組みを行っている。特定重大事故等対処施設は、原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突等により、炉心に著しい損傷が発生するおそれがある場合などにおいて、原子炉格納容器の破損を防ぎ、放射性物質の放出を抑制するための機能を有する施設である。当該施設の設置については、2022 年 1 月 6 日に適合性審査申請を行い、現在、審査中の状況である。

5. まとめ

女川原子力発電所 2 号機は、2023 年 11 月の工事完了を目標に、安全対策工事に取り組んでいるところである。今後も、安全対策工事を着実に進めて行くとともに、地域の皆さまのご理解を頂きながら、再稼働を目指していく。

*Kazumasa Inomata[1]
[1]Tohoku Electric Power Co., Inc.