

5. まとめ

今回、発電用原子炉施設の安全性に関する総合評価の一次評価として、伊方発電所第2号機を対象に、設計上の想定を超える自然事象として地震、津波およびその重畳、安全機能の喪失として全交流電源喪失および最終的な熱の逃し場の喪失、並びに地震と津波との重畳を起因として全交流電源喪失および最終ヒートシンク喪失が重畳した状態が発生した場合を起因事象とした事故に対する頑健性に関して評価を行った。

本評価においては、安全設計上想定されている範囲を超えて、どの程度の安全裕度をプラントが有しているかを定量化するとともに、これらの起因事象について、事象が進展、急変し、燃料の重大な損傷に至る状態（クリフエッジ）を明らかにした。また、これらの起因事象によって燃料の重大な損傷に至る過程の進展を防止するための措置について、その他のシビアアクシデント・マネジメント対策も含めて、多重防護の観点からその効果を確認した。さらに、東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故に関するこれまでの知見を踏まえて実施した緊急安全対策によって、プラントの安全性が一層向上したことについても明らかにした。

今回の評価においては、緊急安全対策として手順等が整備されていない場合は事象の過程の進展を防止する措置として期待しないこと、また、燃料の重大な損傷に至る時点については、特定した必要な機能が喪失した時点とみなすなど、保守的な評価を行っている。

なお、評価にあたっては、プラントの機器・構造物等の経年劣化についても考慮している。

地震に対する評価の結果、炉心にある燃料に対しては、「外部電源喪失」および「補機冷却水の喪失」を起因事象とするシナリオで、電源供給に必要な原子炉コントロールセンタの耐震裕度が最小であり、クリフエッジは1.80Ssであることが特定された。また、SFPにある燃料に対しては、「SFP損傷」の耐震裕度である2Ssがクリフエッジであることが特定された。

本評価において、緊急安全対策の効果を確認したところ、炉心にある燃料に対するクリフエッジは、海水ポンプの機能喪失に起因する複数の補機の冷却不全により、複数の機能が喪失する結果、燃料の重大な損傷に至ると評価され、クリフエッジは1.66Ssと特定された。一方、緊急安全対策実施後は、海水ポンプの機能が喪失した場合においても電源車の配備、タービン動補助給水ポンプの水源の確保により、海水系を用いた冷却に頼らないタービン動補助給水ポン

プを用いた2次系冷却が可能となり、クリフエッジが1.80Ssと大きくなっていることが確認できた。さらに、SFPにある燃料に対しては、緊急安全対策前には、海水ポンプが機能喪失することにより、海水系による冷却が必要な非常用所内電源の起動に失敗する結果、燃料取替用水タンクポンプによるSFPへの冷却水の補給ができず、燃料の重大な損傷に至ると評価され、クリフエッジは1.66Ssであり、安全余裕が向上したことが確認できた。

なお、当社として安全評価の耐震裕度を向上させる検討を行っており、これにより安全裕度はさらに向上すると考えられる。

津波に対する評価の結果、炉心にある燃料に対しては、「過渡事象+補機冷却水の喪失+主給水喪失+外部電源喪失」を起因事象とするシナリオで、タービン動補助給水ポンプ等の機能が喪失する津波高さ T.P. +13.8m がクリフエッジであることが特定され、想定される津波高さ T.P. +4.28m を大きく上回ることを確認することができた。また、SFPにある燃料に対しては、緊急安全対策として整備したSFPへの水の補給手段により、津波高さの影響を受けず、継続的にSFPの冷却が行われ、燃料の重大な損傷に至る事象は回避される。

よって、プラント全体としての津波に対するクリフエッジは、津波高さT.P. +13.8mであると特定された。

本評価において、緊急安全対策の効果を確認したところ、炉心にある燃料に対しては、緊急安全対策実施前においては、海水ポンプ等が機能喪失する津波高さT.P. +10.2mがクリフエッジとなっていたが、緊急安全対策で電源車等を配備し、プラント監視上必要な計器類等の電源を確保したことに加え、タービン動補助給水ポンプ、蓄電池等のS/Gの除熱に必要な安全上重要な機器が設置されているエリアの扉や壁貫通部にシール施工等を実施したことにより、タービン動補助給水ポンプ等の許容津波高さが、T.P. +10.2mからT.P. +13.8mと大きくなっていることが確認できた。さらに、SFPにある燃料に対しては、緊急安全対策前においては、海水ポンプ等が機能喪失する津波高さT.P. +10.2mがクリフエッジとなっていたが、緊急安全対策で消防自動車等を津波の影響を受けない高台に配備し、淡水タンクまたは海水を水源とする補給手段を確保したことにより、淡水タンク等からSFPに給水して冷却する収束シナリオが成立することとなることを確認できた。

地震と津波との重畳に対する評価の結果、クリフエッジは耐震裕度と津波高さの組み合わせとして、以下の通りであることが確認できた。

- (1) 炉心にある燃料に対するクリフエッジ
 - ・耐震裕度 1.80Ss／津波高さ T.P. +13.8m
- (2) S F Pにある燃料に対するクリフエッジ
 - ・耐震裕度 2Ss (津波高さによらない)

よって、地震と津波との重畳に対するクリフエッジは、炉心にある燃料に関するクリフエッジが、S F Pにある燃料に関するクリフエッジよりも小さいことから、プラントとしてのクリフエッジは、炉心にある燃料に関するクリフエッジと同じであると特定された。

全交流電源喪失が発生した場合、蓄電池から中央制御室等のプラント監視上必要な箇所に給電が開始され、約 5 時間は電源供給が可能である。蓄電池枯渇までに、配備した電源車から電源を供給することが可能であるが、継続的に電源を供給するためには、電源車の運転に必要な燃料（重油）を補給する必要がある。プラント運転時においては、発電所に備蓄してある電源車の燃料を全て消費するまでの時間を評価すると約 17.4 日後に枯渇することから、電源機能のクリフエッジは電源車の運転に必要な重油の枯渇であり、継続時間は約 17.4 日間である。炉心にある燃料に対しては、タービン動補助給水ポンプが自動起動し、復水タンク 2 号等を水源として S/G 2 次側への給水を行い炉心の除熱を行う。また、海水系統は健全であることから、電源車により海水ポンプ等を起動することで、炉心の冷却を余熱除去系による冷却に切り替えることが可能である。S F Pにある燃料に対しては、消防自動車を用いて S F Pへ給水を行う必要があり、水源としては 2 次系純水タンク 2 号、淡水タンクの順に切り替え、最終的には消防自動車を用いて海水を取水し、S F Pへの給水を確保することが可能である。しかし、消防自動車の運転に必要な軽油が約 43.0 日後に枯渇することから、運転中の S F Pに関するクリフエッジは消防自動車の運転に必要な軽油の枯渇であり、継続時間は約 43.0 日間である。プラント停止時においては、海水系統は健全であることから、電源車により海水ポンプ等を起動することで、使用済燃料の冷却を S F P水浄化冷却系による冷却に切り替え、さらに電源車の燃料である重油が枯渇した後は、消防自動車により淡水もしくは海水を供給することが可能である。しかし、消防自動車の運転に必要な軽油が約 40.3 日後に枯渇することから、停止時の S F Pに関するクリフエッジは消防自動車の運転に必要な軽油の枯渇であり、継続時間は約 40.3 日間である。

本評価において、緊急安全対策の効果を確認したところ、プラント運転時の炉心に対しては、緊急安全対策前のクリフエッジは蓄電池の枯渇であり、

継続時間は約 5 時間であった。また、S F P のクリフエッジは保有水が温度上昇し、蒸散が顕著となる水温 100℃付近に到達する時点であり、継続時間は約 55 時間であった。プラント停止時に対しては、S F P のクリフエッジは保有水が温度上昇し、蒸散が顕著となる水温 100℃付近に到達する時点であり、継続時間は約 15 時間であった。以上のことから、緊急安全対策により安全裕度が向上したことが確認できた。

なお、クリフエッジを防止する対策として、発電所構内に備蓄している燃料が枯渇するまでに陸路、海路または空路による補給を行うことで機能維持が可能である。

また、伊方発電所に隣接する変電所から構内まで敷設した配電線（設備強化対策として設置済み）を使用することで、燃料の損傷に至る事象の進展を防止することが可能である。

最終ヒートシンク喪失が発生した場合、炉心については、タービン動補助給水ポンプまたは電動補助給水ポンプにより復水タンク 2 号等を水源として S / G 2 次側への給水を行い、炉心の冷却を行う。また、海水取水用水中ポンプを用いることで余熱除去系による冷却に切り替えることが可能であり、以降除熱のための S / G への給水は不要となる。S F P にある燃料については、水源としては 2 次系純水タンク 2 号、淡水タンクの順に切り替え、最終的には消防自動車を用いて海水を取水し、S F P への給水を確保することが可能である。淡水タンクへ切り替えた場合の枯渇時間については約 28 日間であり、最終的に海水に切り替えた場合、水源は無量大となる。しかし、消防自動車の運転に必要な軽油が約 60.5 日後に枯渇することから、運転中の S F P に関するクリフエッジは、消防自動車の運転に必要な軽油の枯渇であり、継続時間は約 60.5 日間である。プラント停止時においては、海水取水用水中ポンプを用いることで、使用済燃料の冷却を S F P 水浄化冷却系を用いた冷却に切り替えることが可能であり、以降除熱のための直接給水は不要となる。

本評価において、緊急安全対策の効果を確認したところ、プラント運転時の炉心および S F P に対しては、緊急安全対策前のクリフエッジは 2 次系純水タンク 2 号の枯渇であり、継続時間は約 4 日間であった。プラント停止時に対しては、S F P のクリフエッジは 2 次系純水タンク 2 号の枯渇であり、継続時間は約 6 日間であった。以上のことから、緊急安全対策により安全裕度が向上したことが確認できた。

なお、クリフエッジを防止する対策として、発電所構内に備蓄している軽油が枯渇するまでに陸路および空路による継続的な燃料補給を行うことで除熱

機能の維持が可能である。

また、海水ポンプモーターが使用不能となった場合を想定し、海水ポンプモーター予備品を各号機1台ずつ配備している。

地震と津波との重畳を起因として全交流電源喪失および最終ヒートシンク喪失が重畳した状態が発生した場合、炉心については、事象発生とほぼ同時にタービン動補助給水ポンプが起動し、復水タンク2号を水源としてS/G2次側へ給水を行い、除熱する。復水タンク枯渇後は、消防自動車を用いてS/G2次側へ海水を給水することにより除熱する。なお、海水取水用水中ポンプを取水ピット内に設置した後は、余熱除去系による除熱に切り替える。また、事象発生に伴い、蓄電池から中央制御室等のプラント監視上必要な箇所に給電が開始される。その後、蓄電池枯渇までに電源車からの電源供給を行う。クリフエッジは電源機能の継続に必要な電源車の燃料である重油の枯渇であり、継続時間は約14.6日間である。SFPにある燃料については、事象発生に伴い除熱機能が喪失するため、消防自動車を用いてSFPへ海水を補給することにより燃料を除熱する。クリフエッジは除熱機能の継続に必要な消防自動車の燃料である軽油の枯渇であり、継続時間は運転時が約21.3日間、停止時が約19.4日間である。

AM検討報告書およびAM整備報告書等で報告した防護措置について、設備概要、組織体制、手順書等について現状を再確認するとともに、イベントツリーを用いたシナリオ分析を行い、その有効性を確認した。また、防護措置を燃料の重大な損傷を防止するための措置および放射性物質の大規模な放出を防止するために閉じ込め機能の健全性を維持するための措置に再分類し整理した。その結果、AM検討報告書およびAM整備報告書で整備した対策は、各機能について多様な手段を講じる形で整備されていること、緊急安全対策に係る対策では、炉心冷却機能としての2次系による炉心冷却、安全機能のサポート機能としての非常用電源および原子炉補機冷却水について、一層の強化がなされていること、シビアアクシデントへの対応に関する措置に係る対策では、特にサポート機能の信頼性向上に対して強化がなされていることより、各種防護措置が多重防護の観点から有効に整備されていることを確認した。

当社としては、これらの評価を実施した結果、伊方発電所第2号機の安全上重要な施設・機器等が十分な安全裕度を有していることを示すことができ

たものと考えている。

福島第一原子力発電所の事故については、現在国をはじめとする各機関による調査が進められている。事故の状況についての解明が進み、新たな知見等が得られれば伊方発電所においても適時適切に対応することにより、さらなる安全運転の向上を目指してまいりたい。