

第15回原子力安全委員会
資料第1号

-(案)-

関西電力株式会社大飯発電所3号機及び4号機の安全性に関する
総合的評価（一次評価）に関する原子力安全・保安院による確認結果について

平成24年3月23日

原子力安全委員会

1. はじめに

原子力安全委員会（以下「当委員会」という。）は、平成23年3月11日に発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえ、既設の発電用原子炉施設について、設計上の想定を超える外部事象に対する頑健性に関して、総合的な評価を行うことが重要であるとの考えのもと、平成23年7月6日に「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた既設の発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価の実施について」をとりまとめ、原子力安全・保安院（以下「保安院」という。）に対し、発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価（以下「総合的安全評価」という。）の実施を要請した。

当委員会が要請した総合的安全評価は、何らかの基準に対する合否判定を目的とするものではなく、設計上の想定を超える外部事象に対して施設の潜在的な脆弱性を事業者自らが的確に把握し、様々な対策を行うこと等により、施設の頑健性を高め、これらの内容について技術的説明責任を果たすことについて、規制行政庁である保安院がこれらの評価結果を的確に確認することを求めたものである。

保安院は、この総合的安全評価を一次評価と二次評価に分けた評価手法及び実施計画をとりまとめ、事業者に評価の実施を指示した。その後、事業者において評価が行われるとともに、その評価結果について、保安院による確認が行われている。

当委員会は、平成24年2月13日に保安院より「関西電力株式会社大飯発電所3号機及び4号機の安全性に関する総合的評価（一次評価）に関する審査書」（以下「審査書」という。）の報告を受けた。

当該審査書は、関西電力株式会社（以下「関西電力」という。）が保安院に平成23年10月28日及び11月17日にそれぞれ提出した、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた大飯発電所3号機の安全性に関する総合的評価（一次評価）の結果について（報告）」、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた大飯発電所4号機の安全性に関する総合的評価（一次評価）の結果について（報告）」に対する保安院の審査結果を取りまとめたものである。

当委員会は、保安院から報告を受けた一次評価の範囲において、平成23年7月6日の要請文を踏まえて確認を実施したので以下に当委員会としての見解を述べる。

2. 保安院による一次評価の実施方法について

保安院は平成 23 年 7 月 21 日に策定した「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた既設の発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価に関する評価手法及び実施計画」において、一次評価として、事業者に対して以下の方法に基づく評価を求めている。

「安全上重要な施設・機器等について、設計上の想定を超える事象に対して、どの程度の安全裕度が確保されているか評価する。評価は、許容値等に対しどの程度の裕度を有するかという観点から行う。また、設計上の想定を超える事象に対し安全性を確保するために取られている措置について、多重防護（defense in depth）の観点から、その効果を示す。これにより、必要な安全水準に一定の安全裕度が上乘せされていることを確認する。」

また、保安院による上記文書に関する参考資料等において、一次評価のスコープ（範囲）は、以下のとおりとしている。

- ・ 対象事象：自然現象として、地震、津波、その重畳
安全機能の喪失として、全交流電源喪失(SB0)、最終ヒートシンク喪失(LUHS)
- ・ 対象設備：安全上重要な施設・機器等
- ・ 建屋、系統、機器等の評価：地震や津波によって建屋、系統、機器等に対して加わる力などと設計基準上の許容値との比較による安全余裕を評価する
- ・ 施設全体としての安全対策の評価：建屋、系統、機器等がどの範囲まで損傷、機能喪失すれば、燃料の重大な損傷に至るかについて評価する
- ・ 燃料の重大な損傷の防止対策の評価：燃料の重大な損傷を防止するため対策の有効性を評価する

3. 当委員会による確認

3. 1 確認の進め方及び方針等

当委員会による確認は次のとおり実施することとした。

(1) 確認の進め方

平成 24 年 2 月 13 日の原子力安全委員会臨時会議において、外部有識者の参加を得た「発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価検討会」（以下「検討会」という。）を開催し、技術的観点からの確認を行うこととした。

また、検討会の議事は原則として公開とし、資料及び速記録についても公開することとした。

(2) 確認の方針等

平成 24 年 2 月 20 日の原子力安全委員会定例会議において、当委員会による確認は、以下の項目を中心に行うこととした。

- ①確認の主旨
- ②確認の視点
- ③最新知見の反映
- ④発電用原子炉施設の特徴を踏まえた確認
- ⑤安全性向上等に対する今後の継続的な取組

3. 2 当委員会の確認した内容

当委員会は、大飯発電所3号機及び4号機の総合的安全評価に関して、保安院の審査書、検討会での説明等により、一次評価の範囲内において、以下のことを確認した。

- ・ 評価は基本的に平成23年10月1日時点であること。
- ・ 自然現象として地震及び津波ならびにそれらの重畳、安全機能の喪失として全交流電源喪失及び最終ヒートシンク喪失を対象とし、これらに起因して炉心（燃料）損傷に至るまでの事象（炉心損傷シナリオ）を同定し、これを対象として裕度を評価していることを、保安院が確認したこと。
- ・ 一旦機能喪失に至った施設・機器等は復旧しないものとして取り扱っていることを、保安院が確認したこと。
- ・ 保安院は、自然現象等の起因事象に対しては、安全上重要な施設・機器等について許容値等と比較することにより、イベントツリーを用いて炉心損傷を回避するパス（成功パス）を抽出し、多重防護の効果を示していることを確認したこと。
- ・ 上記の評価の許容値等について、地震については耐震バックチェックで使用されたものに加えて実験値等を用い、津波については機器の設置高さを用いることとしており、保安院はそれらの妥当性を確認したこと。
- ・ 事業者が行うとした事象対応オペレーションについて、保安院が現地調査を行い、実際のルートや操作性の確認及び時間の測定などを確認したこと。
- ・ 保安院が求めた緊急安全対策による裕度の向上を評価していることを、保安院が確認したこと。

その結果、当委員会としては、以下のように考える。

- ◎ 一次評価は、技術的に言えば、地震及び津波に対する施設の裕度を簡略な方法¹によって評価したものであるが、個別の原子炉施設について事業者による評価結果が提出され、規制行政庁による確認が行われたことは、一つの重要なステップである。
- ◎ 上記の方法によって、地震及び津波に対して最も余裕の少ない、炉心損傷に至りうるシナリオとして、最終ヒートシンク喪失（LUHS）に伴う全交流電源喪失（SBO）を同定している。本シナリオは、東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、施設の頑健性を確認する上で、特に重要度の高いシナリオである。

¹ 地震に対して、実際の耐力ではなく、より安全側であるとして、設計において用いる許容値等と比較する方法によって試算していること等を指す。

- ◎ 緊急安全対策は、上記シナリオの発生を防止する効果を持つものではないが、発生した場合には、発電所外部からの支援なしで対処し得る時間を延長し、炉心損傷を回避して安定的な冷却に至る成功パスの可能性を高める効果を持つものである。
- ◎ 緊急安全対策は、本評価結果による限り、成功パスが成立する地震動及び津波高さの範囲を大きく拡張するものではないが、実質的には、建屋への浸水防止、可搬施設の複数配備等によって、成功パスの成立性をより確実にするものである。

3. 3 二次評価に向けた当委員会の意見

当委員会は、確認に当たって、保安院、独立行政法人原子力安全基盤機構及び関西電力から補足説明を求めるため、今後、二次評価まで行われることを前提として7項目の基本的な質問²を提示した。また、検討における質疑応答の内容は、概ねこれらの7項目に分類可能であった。以下、各項目について、質問の趣旨と、保安院及び関西電力からの回答の要点、及び、今後、二次評価に向けて留意すべき点等について当委員会の意見を示す。

(1) 事業者独自の努力、マイプラント意識

質問の趣旨

- 施設の頑健性を担保し、改善するに当たって、事業者が独自の目標を設定し、目標達成のための合理的方法について判断し、それらの内容について技術的説明責任を果たすことが重要である。ここでは、総合的安全評価における関西電力独自の努力の内容についての説明を求めた。

回答の要点ならびに当委員会の意見

- 自主的努力の内容として、具体的な設備整備について設備容量の大型化、機器数の増加等について説明がなされた。これら設備整備については、その仕様や数量だけでなく、その必要性や効果についての技術的判断の根拠と内容についての説明責任が果たされること、また現場確認（ウォークダウン）によって得られた情報、個別対処及び水平展開による安全性向上効果についての説明責任が果たされることが、今後の継続的改善のために重要であると考えた。

(2) 技術的背景

質問の趣旨

- アクシデントマネジメント策を含め、今般の評価対象内容に関係し、かつ従来は規制対象でなかった領域に関し、事業者が自主的に整備した技術の内容を把握するための説明を求めた。

² 関西電力株式会社大飯発電所3号機及び4号機の安全性に関する総合的評価（一次評価）に関する原子力安全委員会からの質問事項（平成24年2月21日 第1回検討会 総検第1-6号）

回答の要点ならびに当委員会の意見

- 関西電力において全交流電源喪失（SBO）時の冷却材ポンプシール漏えい対策が米国に比して遅れた理由として、同社の品質要求との相克が挙げられた。リスク低減のための技術導入が安定運転のための品質要求や規制慣行等と相克を生じることは今後ともあり得ることから、当委員会は、このような領域について、規制行政庁による適切な情報収集ならびに関与が必要であると考えます。
- 上記の問題は関西電力の報告書に含まれておらず、保安院による審査過程で取り上げられたものである。このことに示されるように、今般の評価に関わる範囲であっても、従来、事業者の自主努力の範囲であった領域については、規制行政庁への報告が十分に行われていない可能性があり、事業者と規制行政庁の間の更なる意思疎通が必要である。
- 今般の評価では、保安院は、成功パスに関わるアクシデントマネジメント策についてのみ実行可能性を確認したとしているが、整備済みとされているアクシデントマネジメント策の実行可能性についての総点検も必要である。
- 当委員会は、総合的安全評価において確率論的安全評価（PSA）そのものを必ず実施することまでは求めているものの、内的事象 PSA、地震・津波 PSA 等の知見を活用することを求めている。今般の評価において当該施設に関する PSA の知見は明示されなかったが、評価を的確かつ効率的に行い、シナリオ同定や成功パスの頑健性を担保するという観点から、当委員会は、各施設に関する PSA の知見を活用することを改めて奨励する。

(3) 共通要因故障、従属要因故障の同定

質問の趣旨

- 想定を超える地震や津波に際して共通要因故障、従属要因故障が生じることは、潜在的な脆弱性の要因であることから、このような可能性に係る検討内容について説明を求めた。

回答の要点ならびに当委員会の意見

- 今般の評価においては、簡略な方法を用いていることから、故障の様態や内容の現実的な同定は行われていないが、保安院は本方法によって地震や津波への裕度を保守的に見積もることができたとしている。一方、施設の頑健性をより高めるためには、潜在的な脆弱性の要因となるような故障の可能性を現実的に即して同定し、防止策を講ずべきである。このためには、設計情報（系統図）から読み取れる主要設備間の従属関係だけでなく、補機ないし周辺機器と設備本体の従属関係まで考慮すべきである。
- 保安院は、成功パスの成立のために重要な設備の一つであるタービン動補助給水系については、地震に起因する内部溢水による従属要因故障の可能性を検討し、その可能性が十分に低いことを確認したとしている。

- 一方、非常用ディーゼル発電機については、海水ポンプの故障により従属的に故障し、これが全交流電源喪失（SB0）の原因となるとしている。この故障シナリオによる影響は大きいことから、合理的に達成可能な故障防止策が検討されるべきである。

(4) シナリオ同定の頑健性

質問の趣旨

- 一次評価においては地震や津波による機器故障を簡略な方法によって判断していることから、このようなアプローチによって同定された炉心損傷シナリオの確かさに注意を払う必要があることについて、どのように考慮したか説明を求めた。

回答の要点ならびに当委員会の意見

- 保安院は、地震や津波による機器故障の判断基準が保守的であり、今般の評価に当たって事業者が新たに導入した判断基準についてはその妥当性を確認したとしている。
- しかしながら、上記の判断基準は実際の限界値等との差異が大きいことを踏まえ、施設の潜在的な脆弱性を把握する際の地震起因シナリオの同定、特に進展速度の速いシナリオのふるい落としにおいては慎重を期すべきである。また、安全対策の計画についての評価を目的とする場合には、むしろ複数のシナリオを同定することが望ましい。
- シナリオ同定は、種々の安全対策の基礎となるものであることから、その現実性について、安全対策の実施に当たる関係者の共通理解が得られるものでなければならない。
- シナリオ同定に係る判断基準のうち構造解析に基づくものについては、事業者はさらに技術的な説明責任を果たすことが必要と考えられる。
- 施設・機器等の地震に対する耐力に関する実力値の体系的な評価に向けて、努力がなされるべきである。

(5) 成功パスの頑健性

質問の趣旨

- 今般の評価では、地震や津波によって施設が被害を受けたとき、運転員操作等によって安定的な停止状態に至る道筋、いわゆる成功パスが示されているが、操作の遅れや失敗、設備の故障の可能性が適切に考慮され、その影響に応じて対処策が準備されていることが必要であり、これらについて説明を求めた。

回答の要点ならびに当委員会の意見

- 保安院は、成功パスに係る運転員操作所要時間、設備の多重化について確認したとしている。また、代替パスについても、整備済みのアクシデントマネジメント策の活用等があるとしている。
- しかしながら、成功パスの頑健性をさらに向上させるためには、多様なパスを定量的な解析によって検討し、対処可能な範囲を広げる努力を行うべきである。また、対処策は、想定される種々のシナリオに共通的に有効であることが望ましい。

- 津波に関しては、成功パスの成立する津波高さの範囲をより現実的に特定するため、地形等を考慮したシミュレーション等により、津波の挙動等を適切に考慮すべきである。
- 現場での手動操作に依存する部分については、作業環境条件の変化を含め多様な状況を想定し、複数のアクセスルートを確認することなどによって確実性を高め、その一方で、失敗したときの影響を評価し、代替策を適切に準備すべきである。
- 複数の原子炉が設置されている発電所で一つの炉が炉心損傷に至ったような場合、隣接炉での炉心損傷防止策（成功パス）が影響を受ける可能性があり、今後検討がなされるべきである。
- 成功パスを頑健なものとするための設備対応や訓練等は、その必要性及び合理性について、設備対応や訓練等に当たる関係者の共通理解が得られるものでなければならない。
- 成功パスに係る構造解析、熱流動解析については、事業者はさらに技術的な説明責任を果たすことが必要と考えられる。
- 今般の評価によれば、成功パスが成立する地震動の上限及び津波高さの上限は、緊急安全対策以前と大差ない結果となっているため、合理的に達成可能な改善策が検討されるべきである。
- 人員の確保・招集、専門的人材の配置を含めた事業者の緊急時対処能力が、今後、より系統的に示されるべきである。
- 事業者は、整備した資機材（施設）について、実際に使用する場面で実効性があるものとするために教育や訓練を実施し、改善事項を常に見出していくことが必要である。また、規制行政庁は事業者の行った訓練について、上記観点から適切な指導を行っていくことが必要である。

(6) 可搬施設による対処の考え方

質問の趣旨

- 可搬施設による対処は、柔軟性に富み、予め詳細に想定することが困難な事態にも有効であると期待される一方、臨機の判断と作業を前提としている。これらを踏まえた恒久的施設の強化と可搬施設の活用の考え方を整備する必要がある、この点についての説明を求めた。

回答の要点ならびに当委員会の意見

- 緊急安全対策等で導入した可搬施設に加え、恒久施設を整備する一方、可搬施設も維持するという方向性が示された。今後、事業者においては、訓練や解析に基づいて、可搬施設の活用及び維持の方針を整備し、今後の対策に反映すべきである。ここでは、可搬施設への品質要求や中長期的な機能維持の考え方も整備されるべきである。設備等の信頼性の確認については、一律の品質要求や定期検査等に限定せず、訓練における動作確認等の実質的な方策が検討されるべきである。

- プラントの安全確保に係る設備は本来規制対象であることが前提である。緊急安全対策は今回の事故を受けた緊急避難的な措置であり、規制行政庁は、緊急安全対策として整備された可搬施設等について、恒久的施設の強化と可搬施設の活用の考え方を明確にしつつ、規制上の扱いを整理することが必要である。

(7) 経過措置の頑健性

質問の趣旨

- 計画されている大型施設の設置等の実施までに時間がかかるものがある場合、それらの対策が実施されるまでの経過措置の頑健性について把握されていることが必要であり、この点についての説明を求めた。

回答の要点ならびに当委員会の意見

- 可搬施設の配備ならびに訓練等によって頑健性を担保するという考え方が示されたが、体系立った訓練及び評価によって施設の相対的な脆弱性を摘出し、排除する努力が払われるべきである。
- 免震事務棟を設置し、緊急時対策所を置くことについては、特に重要と考えられることから、経過措置として考えられている原子炉建屋内の会議室等の利用について、必要に応じて追加措置を講ずるとともに、免震事務棟の建設を急ぐべきである。また、規制行政庁においては、緊急時対策所への機能要求を整備し、審査基準等の形で早急に提示すべきである。

4. まとめ

今般の総合的安全評価は、保安院が東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえて事業者に指示した緊急安全対策等が、主に設計上の想定を超える外部事象に対していかに原子炉施設の頑健性の強化に寄与したかを評価することを目的としており、一次評価により緊急安全対策等の一定の効果が示されたことは一つの重要なステップと考える。今後は、当委員会の意見を踏まえ、二次評価を速やかに実施するとともに、より一層の安全性向上に向けた継続的改善に努めることが肝要である。

(参考)

<ご協力いただいた外部有識者>

可児 吉男 学校法人東海大学 東海大学工学部原子力工学科教授
五福 明夫 国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究科産業創成工学専攻教授
杉本 純 国立大学法人京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻教授
藤城 俊夫 財団法人高度情報科学技術研究機構参与
更田 豊志 独立行政法人日本原子力研究開発機構安全研究センター副センター長
横堀 誠一 学校法人五島育英会 東京都市大学工学部原子力安全工学科教授

※敬称略

<発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価検討会の開催実績>

第1回会合 平成24年2月21日
第2回会合 平成24年2月29日
第3回会合 平成24年3月5日
第4回会合 平成24年3月7日
第5回会合 平成24年3月13日