

4. 緊急安全対策

福島第一原子力発電所事故は、巨大地震に付随した津波により、
(1) 緊急時の電源が確保できなかったこと、
(2) 原子炉の熱を最終的に海中に放出する海水系機能が喪失したこと、
(3) 使用済み燃料貯蔵プールへ冷却水の供給ができなかったこと、
が直接的要因

→(1)、(2)、(3)が生じないよう規制上要求

(3月30日指示、5月6日確認)

○具体的要求事項(AM整備)^(省令解釈の改訂→保安規定の改定)

- ① 津波に起因する緊急時対応のための機器、設備の緊急点検の実施
- ② 全交流電源喪失、海水冷却機能喪失及び使用済み燃料貯蔵プールの冷却機能喪失を想定した緊急時対応計画の点検と訓練の実施
- ③ 所内電源が喪失し、緊急時電源が確保できない場合に、必要な電力を機動的に供給する代替電源の確保
- ④ 海水系施設、若しくはその機能が喪失した場合を想定した、機動的な除熱機能の復旧対策の準備
- ⑤ 使用済み燃料貯蔵プールの冷却が停止した際に、機動的に冷却水を供給する対策の実施
- ⑥ 各サイトにおける構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施²¹

○追加(4月9日指示、5月11日確認)

←4月7日の宮城県沖地震で東通原子力発電所で2基の非常用ディーゼル発電機(EDG)が点検中に残りの1台が油漏れ
原子炉が冷温停止中においても、各原子炉について、2基以上のEDGを、「必要な非常用電力系統に接続可能であり、動作可能な状態」で確保することを担保する。(保安規定の変更)

○追加(6月7日指示、6月18日確認)

←6月7日のIAEA閣僚会議提出政府報告書の教訓から

1. 中央制御室の作業環境の確保
2. 緊急時における発電所構内通信手段の確保
3. 高線量対応防護服等の資機材の確保及び放射線管理のための体制の整備
4. 水素爆発防止対策
5. がれき撤去用の重機の配備

5. 原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書
—東京電力福島原子力発電所の事故について—（6月7日）

（第1の教訓のグループ）シビアアクシデント防止策の強化

- (1) 地震・津波への対策の強化
- (2) 電源の確保
- (3) 原子炉及び格納容器の確実な冷却機能の確保
- (4) 使用済燃料プールの確実な冷却機能の確保
- (5) アクシデントマネジメント(AM)対策の徹底
- (6) 複数炉立地における課題への対応
- (7) 原子力発電施設の配置等の基本設計上の考慮
- (8) 重要機器施設の水密性の確保

（第2の教訓のグループ）シビアアクシデントへの対応策の強化

- (9) 水素爆発防止対策の強化
- (10) 格納容器ベントシステムの強化
- (11) 事故対応環境の強化
- (12) 事故時の放射線被ばくの管理体制の強化
- (13) シビアアクシデント対応の訓練の強化
- (14) 原子炉及び格納容器などの計装系の強化
- (15) 緊急対応用資機材の集中管理とレスキュー部隊の整備

23

（第3の教訓のグループ）原子力災害への対応の強化

- (16) 大規模な自然災害と原子力事故との複合事態への対応
- (17) 環境モニタリングの強化
- (18) 中央と現地の関係機関等の役割の明確化等
- (19) 事故に関するコミュニケーションの強化
- (20) 各国からの支援等への対応や国際社会への情報提供の強化
- (21) 放射性物質放出の影響の的確な把握・予測
- (22) 原子力災害時の広域避難や放射線防護基準の明確化

（第4の教訓のグループ）安全確保の基盤の強化

- (23) 安全規制行政体制の強化
- (24) 法体系や基準・指針類の整備・強化
- (25) 原子力安全や原子力防災に係る人材の確保
- (26) 安全系の独立性と多様性の確保
- (27) リスク管理における確率論的安全評価手法(PSA)の効果的利用

（第5の教訓のグループ）安全文化の徹底

- (28) 安全文化の徹底

24

6. 我が国原子力発電所の安全性の確認について（政府）

（欧州諸国のストレステストを参考にした安全評価の導入等） 平成11年7月11日

<現状認識>

原子力発電所は、現行法令下で適法に運転が行われており、緊急安全対策等の実施について原子力安全・保安院による確認がなされており、従来以上に慎重に安全性の確認が、国民・住民の方々に十分な理解が得られていない。

<解決策>

政府(国)において新たな手続き、ルールに基づく安全評価を実施する。

原子力安全委員会の要求(7月6日)を受け、以下の安全評価を行う。

原子力安全委員会による確認の下、評価項目・評価実施計画を作成し、事業者が評価を行う。その結果を、原子力安全・保安院が確認し、さらに原子力安全委員会がその妥当性を確認する。

○一次評価

(定期検査で停止中の原子力発電所の運転の再開の可否について判断)

定期検査中で起動準備の整った原子力発電所の安全上重要な施設・機器等が設計上の想定を超える事象に対しどの程度の安全裕度を有するか

○二次評価

(運転中の原子力発電所について運転の継続又は中止を判断)

欧州諸国のストレステストの実施状況、福島原発事故調査・検証委員会の検討状況も踏まえ、全ての原子力発電所を対象に総合的な安全評価

既設発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価の実施

平成23年7月6日 原子力安全委員会

○設計上の想定を超える外部事象に対する頑健性を総合的に評価

評価事項の例

①地震及び津波といった自然現象

(これらの重畳を含む。最も苛酷な条件やそれを上回る事象も考慮)

②全交流電源喪失、最終的な熱の逃し場の全喪失といったプラント状態

(これらの重畳を含む。その状態に至るまでのシナリオをも示す。

サイト内の複数号機間の相互作用の可能性についても考慮)

③シビアアクシデント対策

評価の視点

①多重防護の考え方に従い、各防護対策との関係を明示すること

②シビアアクシデントに至るまでのシナリオを描き、多重防護対策の有効性ならびに限界を示すこと(各防護対策が機能しなくなるまでの過程・余裕の大きさについて評価)

③評価には決定論的な手法を用いること

④運転状態としては最も厳しい状態を仮定すること

⑤これまでの内的事象PSA、地震・津波PSA等の知見を活用すること²⁶

●安全性総合的評価実施における留意点

○基本的分析が大切

最も厳しい運転状態等の下で、各防護対策が次々に失敗する(機能しない)と仮定して、最終的にシビアアクシデントに至るまでの事故シナリオを描くこと

→内的事象PSA、地震・津波PSA等の知見を活用して、

- ・イベントツリー／フォールトツリーの形式で事故シナリオを示し、
- ・イベントツリーの各段階において、その段階で有する全ての防護対策について検討し、
- ・フォールトツリーを用いて各防護対策の信頼性を評価し、その有効性及び限界を示す。
- ・事故シナリオの進展や防護対策作業にかかる時間も検討する。

○合格基準の設定；運転再開或いは運転継続

○透明性、公開性；EUのような国間の相互レビュー

原子力以外の分野、非政府組織等の関係者を含む
国内及び国際的公開セミナー

○EUで別途各国が実施する人的災害(航空機衝突及びテロ活動) 27

(1) 地震・津波への対策の強化

地震は複数震源の連動による極めて大規模であったが、安全上重要な設備、機器の地震による大きな損壊は確認されていない。(更なる調査は必要)

津波は設置許可(3.0m)及びその後の評価(5.7m)による想定高さを大幅に超える14～15mの規模であり、対策が不十分であった。

耐震設計では、考慮すべき活断層の活動時期の範囲を12～13万年以内とし、大きな地震の再来周期を適切に考慮し、さらに「残余のリスク」の考慮を求めている。

津波設計では、過去の津波の伝承や確かな痕跡に基づいて行っており、達成すべき安全目標との関係で、適切な再来周期を考慮していなかった。

○今後は、

十分な再来周期を考慮した津波の発生頻度と高さを想定して設計用津波を策定し、敷地への浸水影響を防止する構築物等の安全設計を行う。

さらに、設計用津波を上回る津波が施設に及ぶことによるリスク(残余のリスク)の存在を十分認識して、重要な安全機能を維持できる対策を講じる。

→地震動に対する「残余のリスク」を津波にも導入、明記

ただし、地震動と津波の重畳効果も考慮

(28) 安全文化の徹底

「原子力安全文化」とは、「原子力の安全問題に、その重要性にふさわしい注意が必ず最優先で払われるようにするために、組織と個人が備えるべき統合された認識や気質であり、態度である。」(IAEA)

これをしっかりと我が身のものにすることは、原子力に携わる者の出発点であり、義務であり、責任である。

原子力事業者及び原子力規制に携わる者は組織も個人もともに、安全確保の上でわずかな疑念もないがしろにせず、新しい知見に対して敏感にかつ俊敏に対応することに真摯に取り組んできたかを省みるべき。

○今後は、

原子力安全の確保には深層防護の追求が不可欠であるとの原点に常に立ち戻り、原子力安全に携わる者が絶えず安全に係る専門的知識の学習を怠らず、原子力安全確保上の弱点はないか、安全性向上の余地はないかの吟味を重ねる姿勢をもつことにより、安全文化の徹底に取り組む。

→事故の主要な要因は、設計基準事象の設定やそれを超える事象に対する対策に関する指針、基準が不十分なのではなく、建設、運転する者及びそれを審査、規制する者の安全文化の欠如

例えば、耐震設計指針では設計用基準地震動 S_s を上回る地震動による「残余のリスク」を低減する努力を求めたが、原子力安全に携わる者は、この認識を地震随件事象である津波に対しても持つべきことは当然。²⁹

→シビアアクシデント対策の規制要件化

●付録 EUストレステスト

(2011/5/25) ENSREG

(欧州原子力安全規制者グループ)

「ストレステスト」の定義

・FUKUSHIMA事故－厳しい自然現象がプラントの安全機能を脅かし、シビアアクシデントに至った－を踏まえ、原子力発電所の安全余裕の再評価

・再評価の構成

- ・一連の過酷条件下でのプラント応答評価
- ・深層防護の論理－起因事象、安全機能喪失、アクシデントマネジメント(AM)－において整備された防護(防止)対策の有効性検証

・「一連の過酷条件」では、防護障壁の連続的喪失を仮定し、安全機能を有する複数の設備が機能喪失しシビアアクシデント(SA)状態に至るが、さらにAM策すら機能しないことも想定

・想定した過酷条件下での潜在的脆弱点及び限界点を越えたときの効果(Cliff-Edge Effect)に着目した、プラント応答及び防護対策の有効性を評価

・現行のAM策が適切であることを評価し、技術面及び組織面－手順、要員、緊急時対応体制、外部資源の活用等－の安全上の改善点を抽出

「ストレステスト」の実施及びレビュー

- 再評価は被許認可者が実施し、規制機関がレビューする。
 - スケジュール(6月1日に事業者に指示)

	経過報告	最終報告
・事業者の報告書	8月15日	10月31日
・国の報告書	9月15日	12月31日
 - 規制機関によるレビューでは、欧州規制機関同士が相互協力する。
 - 国の最終報告書はピアレビューチームのレビューを受ける。
 - ・ピアレビューチームはENSREGと欧州委員会の合意する7人からなり、第3国の専門家が加わる場合もある。
 - ・ピアレビューは2012年4月に終了する。
 - 経過報告(2011年12月9日)、最終報告(2012年6月)を欧州委員会に提出
 - レビュー結果については、(原子力以外の分野、非政府組織等の)関係者を招聘した各国内及び欧州レベルでの公開セミナーの両方で議論されるべき。
- (注)「Cliff-Edge Effect」とは、例えば、プラントを飲み込むような巨大津波や、全AC電源喪失時のバッテリー機能喪失のような限界点を³¹越えること

「ストレステスト」の技術範囲

- 想定起回事象
 - 地震
 - 洪水
- 喪失する安全機能
 - ・全AC電源喪失(SBO)を含む電源系統の機能喪失
 - ・最終ヒートシンク(UHS)の喪失
 - ・上記の2つの安全機能の喪失
- AM策(SAM)の課題
 - 炉心冷却機能喪失に対する防護手段
 - 使用済み燃料プールの冷却機能喪失に対する防護手段
 - 格納容器閉じ込め機能喪失に対する防護手段
- その他の安全問題は既に評価済みであり、再評価では考慮する必要は無い。
- サイト外支援(消防、警官、自衛隊等)は、テストの範囲外(考慮しない)

地震に対する評価条件

- I. 設計基準 (→日本:耐震バックチェック(第1段階)の活用)
- 設計基準地震動の妥当性の検証
 - 設計基準地震動に対する防護策
 - ・原子炉停止に必要で且つ地震後も健全であるSSCの同定
 - ・地震後の炉及び使用済み燃料プール防護に必要な主要な運転設備(緊急時運転手順等含む)の同定
 - ・地震動による間接的影響(外部電源喪失、設計基準地震動未満で設計されたSSCの損傷、道路や階段等の損傷による接近性劣化、等)
 - 許認可事項の遵守
 - ・定期点検、検査、試験等を遵守するためのプロセス
 - ・緊急時運転手順で考慮しているサイト外移動機器等の利用性及び法の遵守(例えば、サイト外の火災対応のため消防車が期待できない等)
- II. 耐震余裕の評価 (→日本:耐震バックチェック(第2段階)の活用)
- 地震PSA等からの情報に基づく、安全機能(止める、冷やす、閉じ込める)の耐震余裕
 - ・地震動に対する脆弱点の抽出及びCliff Edge Effectの特定
 - ・Cliff Edge Effectを防護すると予想される設備またはプラント健全性を補強すると予想される設備の明確化
 - 地震PSA等からの情報に基づく、封じ込め機能劣化に対する耐震余裕³³