

(1)原子力安全部会WGでとりまとめた外的事象に関する今後の課題

2. 外的事象(自然事象, 人為事象)に特有の大きな不確かさを踏まえたリスクマネジメントの在り方

原子力学会秋の大会原子力安全部会企画セッション

2021年9月8日

原子力安全部会外的事象に対する安全確保の高度化WG

宮田浩一

外的事象に対する原子力発電所の安全対策に関する経過報告

目次

はじめに

1. 外的事象に対して残されている課題

2. 残された課題への改善策の提言

2.1 外的事象(自然事象, 人為事象など)に特有の大きな不確かさを踏まえたリスクマネジメントの在り方

2.1.1 ハード・ソフトの特性を踏まえたマネジメントの戦略的導入
～設備などのグレーディング～

2.1.2 外的事象毎の特性の考慮と評価法

2.1.3 設計基準ハザードの設定と基準超の取り組み

2.1.4 設計基準対象設備のシビアアクシデント時の性能

2.1.5 設備設計の想定を超えた場合の緊急時対応の整備

2.2 新知見などの継続的な検討と迅速に対応する体制の確立

2.2.1 設備・運用の改善をタイムリーにする仕組み

2.2.2 新知見に対する取り組み

2.2.3 設計対象外の外的事象の継続的な検討

2.2.4 規制, 事業者, 産学協会が外的事象に対する技術知見を共有する場の設立

2.2.5 規制要求の技術的根拠の明確化と継続的な改善

2.3 PRAなどのリスク評価手法を活用した外的事象の安全対策の向上

3. まとめ

2.1.1 ハード・ソフトの特性を踏まえたマネジメントの戦略的導入 ～設備などのグレーディング～

(1) 課題設定の問題意識

- ・重大事故等対処設備(SA設備)が導入されたが、事故時の対応を見据えた体系的な整理がなされていない
- ・グレード分けされていないため、日常の性能維持活動に多くのリソースが必要
- ・一方、特定重大事故等対処施設(特重施設)が独立に要求され、効果的に活用する戦略的マネジメントが不十分

(2) 関連する知見

- ・米国FLEX(Diverse and Flexible Coping Strategies)はTech.Spec.(保安規定)、メンテナンスルールの対象外(グレーディング考慮)
- ・フェーズドアプローチ:事故初期の対応は、時間余裕や要員も限られることから常設設備で対応、事故後期の対応は、事象の進展に応じて柔軟な対応も可能となる可搬設備の運用も含めた多様な手段による対応、さらにサイト外からの支援

(3) 検討

- ・福島第一、第二での事故経験から、マネジメントを事前に準備することの必要性
- ・自然現象による影響の時間的余裕に応じ、設計基準事故対処設備(DB設備)、SA設備(常設, 可搬), 特重施設を活用したマネジメントが有効
- ・事象の複雑さを考慮し、preventionを重視

(4) 提案

- ・自然現象等の不確実さ・複雑さを考慮し、設計で対処する領域を超えた領域ではマネジメント主体で対処
- ・設備グレーディング:

DB設備>常設SA設備>特重施設>可搬SA設備>外部支援

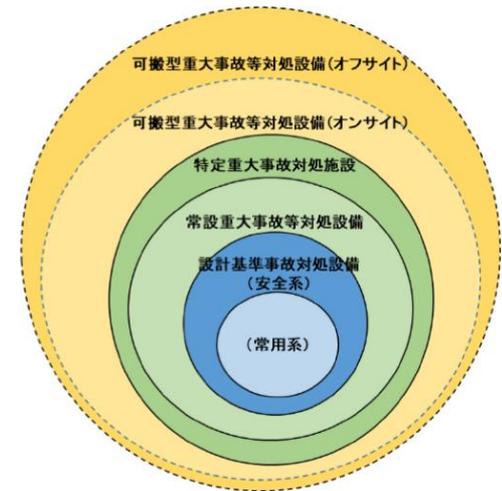


図 2.1.1-1 SA 設備などのグレーディング

2.1.2 外的事象毎の特性の考慮と評価法

(1) 課題設定の問題意識

- ・福島第一原子力発電所事故では、地震による影響は限定的、設計基準を大幅に超える津波による被害で大量の放射性物質を放出
- ・頻度論を考慮した設計基準ハザードに対し安全設備の耐力を要求
- ・外的事象の特性に応じた対応がとられていることが重要

(2) 関連する知見

- ・地震に対する耐力の裕度や地震動による機器の損傷にある程度のランダム性があることで限定的な影響
- ・津波による影響は海岸沿いの低標高の土地に限定
- ・浸水した設備はほぼ全て機能を喪失(クリフエッジ性が高い)

(3) 検討

- ・屋外に設置される可搬SA設備では様々な性質の異なる外的事象の荷重を考慮
⇒相反する設計条件(固縛による柔軟性阻害、耐震性との両立)
- ・米国FLEXでは個々の設備への耐力要求ではなく、発電所の能力を要求
NEI12-06, “no one external event can reasonably fail the **site FLEX capability** (N)”
- ・自然現象は認知可能であり、その性質・影響に応じた対応が可能

(4) 提案

- ・外的事象に対する発電所の有する能力を要求することで、柔軟なマネジメントを促進
- ・自然現象の前兆を捉えた対応手順の準備
- ・自然現象毎に脆弱個所をあらかじめ同定、復旧手順やツールの準備、想定される事故シーケンスに応じた体制、手順の整備

2.1.3 設計基準ハザードの設定と基準超の取り組み

(1) 課題設定の問題意識

- ・設計基準ハザード超に対して、地震には「残余のリスク」の考え方があり、その他自然事象にはなし
- ・現行規制基準では大規模損壊対応(おおまかなプラント状態を想定)
- ・不確かさが故に、設計基準ハザードは過度に保守的に設定されがち⇒マネジメントを阻害する要因

(2) 関連する知見

- ・発生頻度だけでなく施設への影響度も考慮したSSE(Safe Shutdown Earthquake)決定手法(R.G.1.208)
- ・地震安全の基本原則(原子力学会、地震工学会):設計に過度に依存せず、設計用地震ハザードを超えたとしても急激に安全性能が低下しないような備えにより、全体的にバランスよくリスクを低減
- ・WENRAでは、自然現象に対する設計基準事象の発生頻度として 10^{-4} /年未満を共通目標値

(3) 検討

- ・外的事象の設計基準ハザードは事故頻度程度(10^{-3} ~ 10^{-4} /年程度)、SA防止はさらに低頻度(10^{-5} /年程度)に
- ・設計基準ハザードを超え大規模損壊まで至らない領域では想定される事故シーケンスに対応する最小の組合せ(ワンパス)を確保
- ・当該ハザードに対する脆弱個所の同定と対応方法を明確にすることで、大規模損壊への対応力も向上

(4) 提案

- ・設計基準ハザードを超える領域でのワンパス確保の取組とマネジメントを阻害し得る保守的な設計基準ハザードの見直しで、バランスよくリスク低減を図る

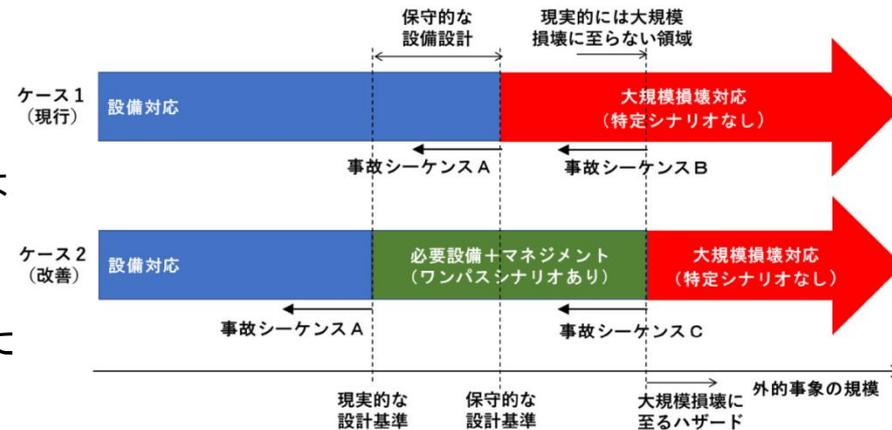


図 2.1.3-2 設計基準ハザードの設定と基準超の取り組み

2.1.4 設計基準対象設備のシビアアクシデント時の性能

(1) 課題設定の問題意識

- ・福島第一原子力発電所事故で、設計基準(DB)対応として設計されたものが、SA対応で阻害要因となり、DBとSAの相反性が存在
- ・耐圧強化ベントライン上の空気作動弁(隔離弁)がフェールクローズ設計であり事故対応を困難にした
- ・非常用復水器(IC)の破断検出インターロックにより機能喪失した可能性

(2) 関連する知見

- ・厳しい火災を想定すると、ブラウズフェリーのような誤動作問題が生じえる(ホットショート問題)
- ・BWRの主蒸気隔離弁試験頻度の相反性(過渡事象発生頻度v.s.閉動作失敗確率)

(3) 検討

- ・RCICの破断検出回路もICと同等
- ・火災によるホットショートで誤信号発信し機能喪失の可能性
- ・新規基準でベントラインの隔離弁を手動で解放できることを要求
- ・格納容器ベントのガイダンス(NEI 13-02)では、格納容器貫通部へのGDC56の自動隔離信号は、通常閉の格納容器ベントラインの隔離弁には不要と記載

(4) 提案

- ・DBとSAの相反性が存在する事象を安全問題としてとらえ、事象を分析し、リスク評価していく仕組み(格納容器隔離弁であれば設計基準要求によるリスク低減とSAに進展した場合の時間余裕を考慮したマネジメント(手動開放操作)の容易性を踏まえたリスク抑制のバランスを評価)

2.1.5 設備設計の想定を超えた場合の緊急時対応の整備

(1) 課題設定の問題意識

- ・発電所内のSA設備等を活用して事故収束を図るよう手順等が定められ、頻繁に訓練が実施されている
- ・福島第一原子力発電所事故では、国と事業者の意思決定組織ができるまでに時間を要し、その間に情報共有、意思決定、適切な指示の遅れなどの問題が生じた
- ・外部からの資機材の支援が必要だったが、事前準備がなく適切な時期に適切な資器材の支援ができなかった
- ・緊急時における体制等が適切に定められておらず、外部からの不適切な干渉や外乱が現場の復旧作業を阻害

(2) 関連する知見

- ・米国では、設備対策の想定を超えた場合に対して、国と事業者のガイドラインが整備されている
- ・FLEXの一環として、プラント外部からの支援(RRC: Regional Response Centerの設置)を強化している

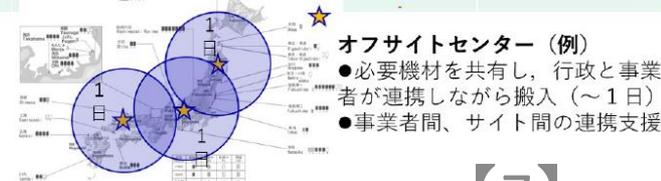
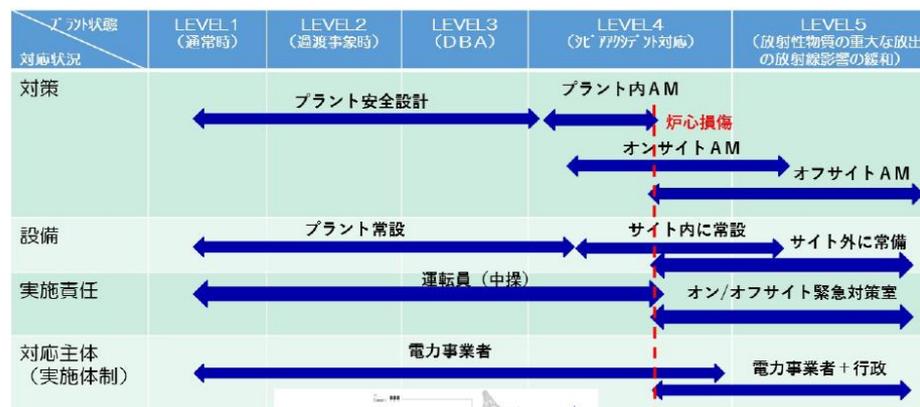
(3) 検討

- ・規制基準では「大規模損壊」として発電所内での活動を求めているが、自然災害時は、広範囲で複雑な被害を及ぼし国や自治体、各種の行政組織(警察、消防、自衛隊など)を含めた国全体での防災・減災活動が必要となる
- ・我が国では事業者間の連携協力が行われているが、機材の輸送などの支援は、国等の支援が不可欠

(4) 提案

- ・国情や制度を勘案したうえで、サイト外からの支援体制と国、自治体が適切に関与する体制を構築する
- ・統合本部では、国と事業者、学協会の権限と役割を明確にし、不要な干渉や外乱を排除する

安全確保のための戦略的展開の考え方 (案)



【7】

図 2.1.5-1 : 緊急時における事業者と国、自治体との連携活動の概念

2.2 新知見などの継続的な検討と迅速に対応する体制の確立(1)

2.2.1 設備・運用の改善をタイムリーにする仕組み

- ・安全性向上評価届出書など継続的改善の仕組みはあるが、許認可手続きがタイムリーさを阻害しているという問題意識の元に検討し、
- ・許認可の審査の基礎となった解析等を含む評価結果への影響が軽微なことを条件として、規制機関による確認が事後的な場合でも許容される仕組みの導入 を提案した

2.2.2 新知見に対する取り組み

- ・リスク情報が得られた場合、誰がどのように取り組んでいくのか、基本的な枠組みが不足しているという問題意識の元に検討し
- ・事業者は新知見の重要度に応じて、時間軸を考慮して必要な対応を行うプロセスを構築すること、産・官・学が連携して優先順位付けを行い、重要な新知見への対応状況を安全性向上評価届出書で公表していくこと を提案した

2.2.3 設計対象外の外的事象の継続的な検討

- ・決定論的な扱いにより設計対象から除外している外的事象の中で、万一の発生時の影響が大きい事象が存在すること、設計対象外となる極低頻度や頻度の定義できない外的事象が存在するという問題意識の元に検討し、
- ・設計対象外としている事象のリスクを評価していくことや、規制の性能規定化とともにリスク情報を活用することで、十分な安全性を確保しつつ、設計上の自由度を拡張していくこと を提案した

2.2 新知見などの継続的な検討と迅速に対応する体制の確立(2)

2.2.4 規制，事業者，産学協会が外的事象に対する技術知見を共有する場の設立

- ・自然災害には、発生時の規模、性状、頻度に大きな不確かさがあり、想定を超える可能性があることから、継続的な研究と対策の見直しが重要であるが、現状は継続的研究体制も対策の実行プロセスも不十分という問題意識の元に検討し、
- ・外的事象に対する原子力の安全に関する技術的な情報と議論を規制，事業者，産学協会が継続的に議論し、最新知見を共有する場を学会内に設立すること を提案した

2.2.5 規制要求の技術的根拠の明確化と継続的な改善

- ・外的事象のガイドラインが発行されているものの、具体的な評価の要件が事業者が申請して議論されることから、個別プラント審査の結果、サイト間での不整合が生じていることや、プラントの審査だけでは継続的な見直し活動にはならないとの問題意識の元に検討し、
- ・自然事象は、荷重の特徴に応じて地域毎に共通した荷重を設定すること、継続的な研究により統一して見直しをして行くこと を提案した

2.3 PRAなどのリスク評価手法を活用した外的事象の安全対策の向上

- ・自然現象である外的事象の荷重評価にあたっては、確定的な見方のみでは個々の不確かさを過度に保守的に重畳したり、地域性のある事象に対して全サイト共通のハザードを要求するなど過度に保守的な規制判断になりがちとの問題意識の元に検討し、
- ・規制当局と学会等が議論して共通の認識を形成するとともに、バランスの取れた原子力発電所のリスク低減を実現するため、規制プロセスの中でPRAをより一層積極的に活用すること を提言した