

「原子力発電所の耐震・耐津波性能のあるべき姿
(土木工学からの視点)」
— 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理
の提案 —

一般財団法人 電力中央研究所 大友 敬三
Central Research Institute of Electric Power Industry

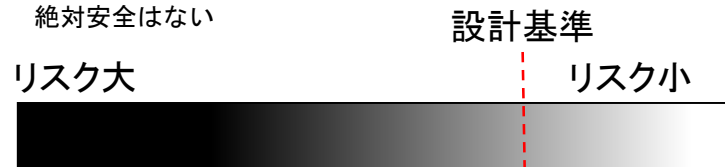
原子力発電所の耐震・耐津波性能のあるべき姿
に関する提言
(土木工学からの視点)

1. はじめに
2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案
 - 2.1 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理の枠組み
 - 2.2 新たな性能「危機耐性」
 - 2.3 地震動・津波のハザードレベル
 - 2.4 被災シナリオの拡充
3. 原子力安全確保に向けた発電所周辺地域の関わり
4. 土木技術者の役割

1

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案
2.1 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理の枠組み

本来リスクは連続的
絶対安全はない



設計に対する誤った理解
安全, 安全でない, の2色の色分けの危険性



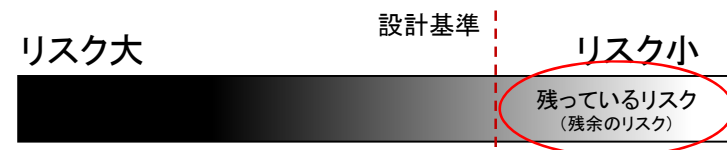
安全でない

安全

2

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案
2.1 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理の枠組み

リスクは連続的, 絶対安全はない



「安全性」: 緊急手段を必要とせずに危機的状況を回避
(施設や構造物に重大な損傷を生じさせない)
「安全性」に関する設計 ⇔ 基準地震動, 基準津波

それでも残っている「危機的な状況に至る可能性」への対処
→ 「危機耐性」

3

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案

2.1 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理の枠組み

地震、津波に対する性能として従来の「安全性」に加え、新たに「危機耐性」を提案する。基準地震動・津波を超えた事象などに対処するための「危機耐性」の確保が重要である。

安全性

緊急手段を必要とせずに危機的状況を回避
(構造物に重大な損傷を生じさせない)

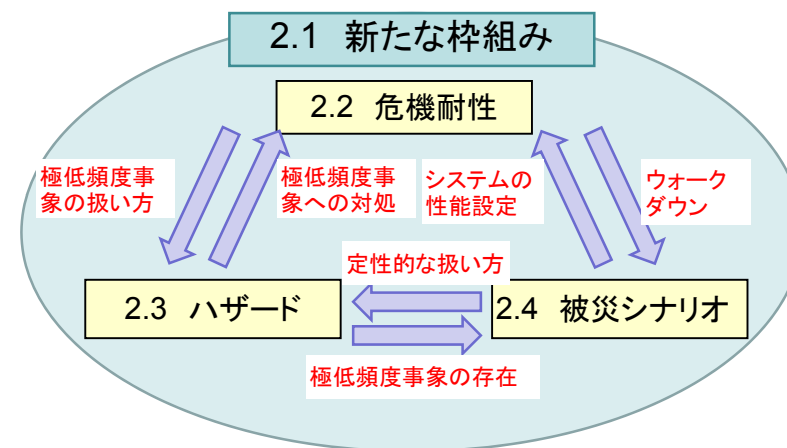
危機耐性

安全性が損なわれたとしても危機的状況には至らない
重大な損傷を議論することはこれまではタブー

4

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案

2.1 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理の枠組み



5

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案

2.2 新たな性能「危機耐性」

危機的な状況に至る可能性を十分に小さくする性能「危機耐性」を確保するためには原子力発電所のシステム全体の理解が必要であり、原子力、土木、建築、機械、電気などの技術分野の垣根を越えて、個々の施設や構造物の壊れ方及びその影響を理解し、緊急手段も含めて総合的に「危機耐性」を確保する必要がある。

システム全体の理解

原子力発電所のシステム全体の理解
原子力、土木、建築、機械、電気などの技術分野の垣根を越える

壊れ方及びその影響

安全性が損なわれたとしても危機的状況には至らない
壊れ方、壊れた後の影響を評価
→ よい壊れ方 (危機的状況を避ける、緊急手段を阻害しない)

緊急手段の確保

6

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案

2.4 被災シナリオの拡充

過去の被災事例などを考慮して、新たな被災シナリオを可能な限り考え適切な対策を講じる必要がある。特に「危機耐性」に対してはシステム全体として被災シナリオを考えることが重要であり、こうした観点からの現地調査(ウォークダウン)の方法の確立、実施が必要である。

新たな被災シナリオ

被災事例から学ぶ
想像力をたくましくして未経験の被災シナリオの想定

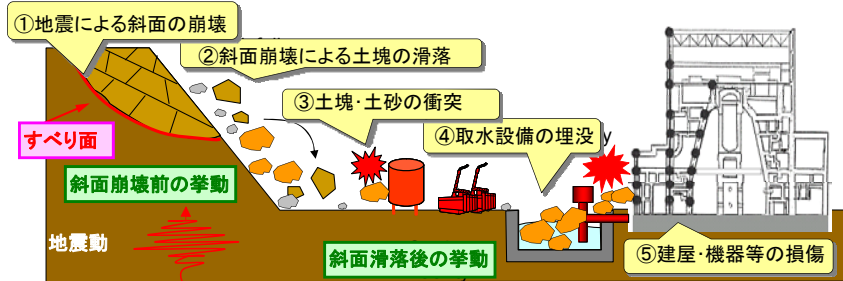
現地調査(ウォークダウン)

「危機耐性」に対してはシステム全体への理解が重要
こうした観点からの現地調査(ウォークダウン)の方法の確立、実施

7

斜面の崩壊に伴う様々なシナリオ

- 崩壊した岩塊の衝突により屋外変電施設が損傷し外部電源が喪失
- 斜面上やのり先の送電鉄塔が倒壊し外部電源が喪失
- 大量の岩塊、土砂が取水ピットを埋めることによる冷却水の取水機能喪失
- 斜面の変状によりAM対策用のアクセスルートが不通、AMを阻害など



8

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案 Newmark法による 2.2 新たな性能「危機耐性」 「安全性」評価

よい壊れ方の例

「安全性」が損なわれたとしても

取水路

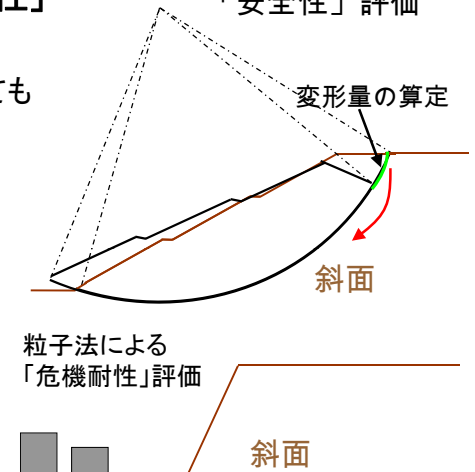
- 通水性を損なわない
- 緊急手段を阻害しない

周辺斜面

- 重要施設までは到達しない
- 大きな影響を与えない

課題

- 壊れ方の理解
- 危機的状況に至らない
- 壊れ方（壊れ方の制御）



9

2. 新たな耐震・耐津波設計へのおよびリスク管理提案 Newmark法による 2.2 新たな性能「危機耐性」 「安全性」評価

よい壊れ方の例

「安全性」が損なわれたとしても

取水路

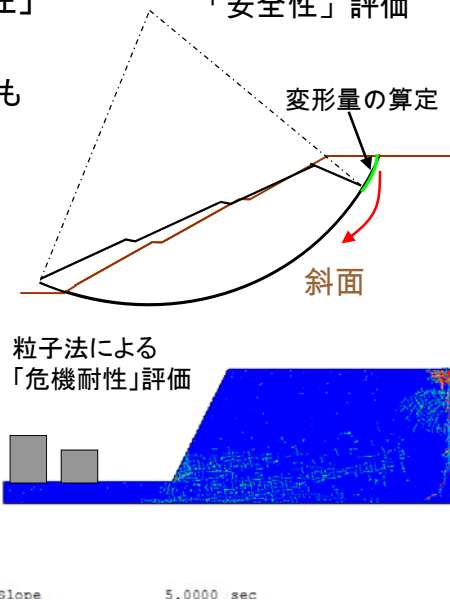
- 通水性を損なわない
- 緊急手段を阻害しない

周辺斜面

- 重要施設までは到達しない
- 大きな影響を与えない

課題

- 壊れ方の理解
- 危機的状況に至らない
- 壊れ方（壊れ方の制御）



10

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案 2.2 新たな性能「危機耐性」

緊急手段とモニタリングの例

・津波の到達前

- 防潮堤や建屋等の開口部の閉鎖及び、作業員の避難等
- 津波の到達時刻や水位変動量の予測
沖合におけるモニタリング(GPS波浪計, 海洋レーダ)

・巨大津波到達後

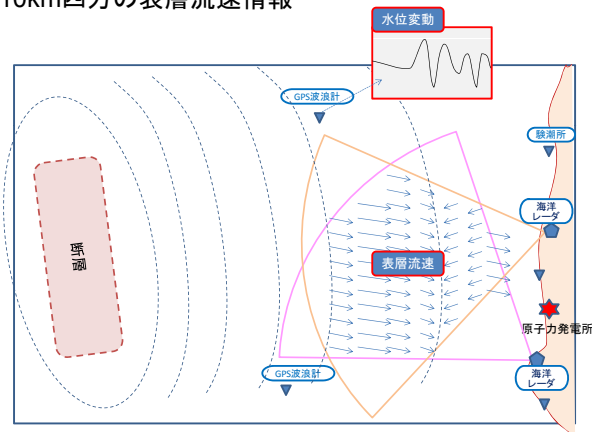
- 津波が発電所に与えた影響を直後に確認
→ 適切な緊急手段によって「危機耐性」を高める
浸水した機器の代替機器の設置など
- 作業の実施の可否判断のための津波に関する情報
例えば水位等の観測や映像によるモニタリング

リスクを完全にはゼロにはできないことを十分に認識
継続的にリスク管理の改善

11

沖合におけるモニタリング

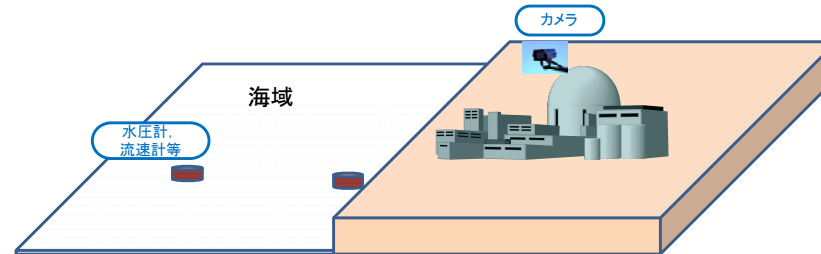
- GPS波浪計
 - 約20km沖合の水位情報
- 海洋レーダ
 - 沖合数10km四方の表層流速情報



12

発電所周辺におけるモニタリング

- 水位などの観測
- 津波到達状況のリアルタイム把握
- カメラによる画像情報
- 津波被害の推定



13

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案

2.3 地震動・津波のハザードレベル

現状の基準地震動・津波のハザードレベルを明らかにし新しい枠組みの中での地震動・津波の決め方について広く議論をしていく必要がある。その際、低頻度事象のハザードレベル評価手法の高度化とともに「危機耐性」の対象となるような極めて低頻度事象の定量的評価の限界、その場合の合理的扱い方について検討を行う必要がある。

基準地震動/津波の決め方とそのハザードレベル

- 基準地震動・津波の決め方について広く議論
- 基準地震動・津波(安全性確保)のハザードレベルの明確化

低頻度事象の扱い方

- 低頻度事象のハザードレベル評価手法の高度化
- 極めて低頻度事象の定量的評価の限界、その場合の合理的扱い方

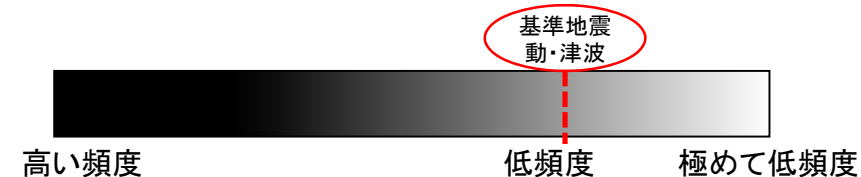
14

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案

2.3 地震動・津波のハザードレベル

新しい枠組みの中での地震動・津波の決め方(意味)

→ これ以上はあり得ないという上限を示すものではない。



どのような観点から定義すべきかについて広く議論

基準地震動・津波に対応させる性能「安全性」
→ 緊急手段を必要とせずに対処できる

基準地震動・津波の決め方, ハザードレベル
→ 他の様々なリスクとの比較, 危機的状況を避ける手段, など

15

2. 新たな耐震・耐津波設計およびリスク管理への提案

2.3 基準地震動・津波のハザードレベル

低頻度事象のハザードレベル評価の高度化

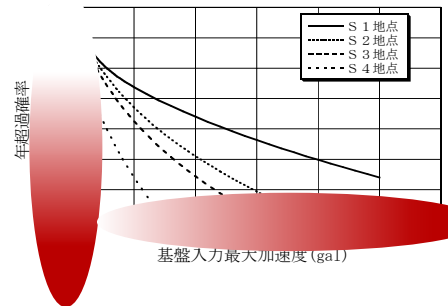
断層モデルを考慮した確率論的地震ハザード解析
津波堆積物や津波石に関する研究, など

評価自体の信頼性

低頻度であればあるほど定量化
が困難
基準地震動・津波を超える事象
の生起確率は極めて小さい

「危機耐性」に対応した外力の ような極めて低頻度事象の合 理的な扱い方

定性的なシナリオを対象にする
ことも一方法



16

ご清聴ありがとうございました。
ございました。

17