

個別テーマセッション7

「原子力発電所の耐震・耐津波性能のあるべき姿」

(2) 危機耐性

— 新たな耐震・耐津波設計への提案 —



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)(案)

1. はじめに
2. 新たな耐震・耐津波設計への提案
 - 2.1 新たな耐震・耐津波設計の枠組み
 - 2.2 新たな性能「危機耐性」
 - 2.3 基準地震動・津波のハザードレベル
 - 2.4 被災シナリオの拡充
3. 地域の視野から求められる原子力安全土木技術の役割
4. 土木技術者の役割

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.1 新たな耐震・耐津波設計の枠組み

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」、「運転継続性」を提案する。特に、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
**壊れることを議論することはこれまで
はタブー**

運転継続性

復旧性、稼働性
安全性・危機耐性からは重要でない施設も、
運転継続性から重要な場合もある。

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.1 新たな耐震・耐津波設計の枠組み

安全と危険は連続的
絶対安全はない

設計基準

危険

安全



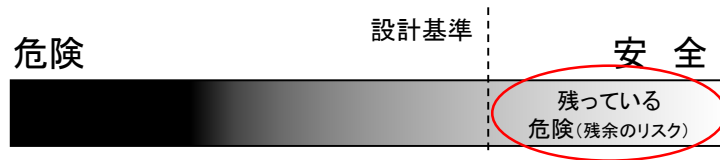
設計に対する誤った理解
安全、危険の2色の色分けの危険性



2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.1 新たな耐震・耐津波設計の枠組み

「安全」と「危険」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
(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「危険」への対処 → 「危機耐性」

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

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、土木、建築、機電などの部門の垣根を越えて、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
土木、建築、機電などの部門の垣根 (工学と理学?)

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

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.2 新たな性能「危機耐性」

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

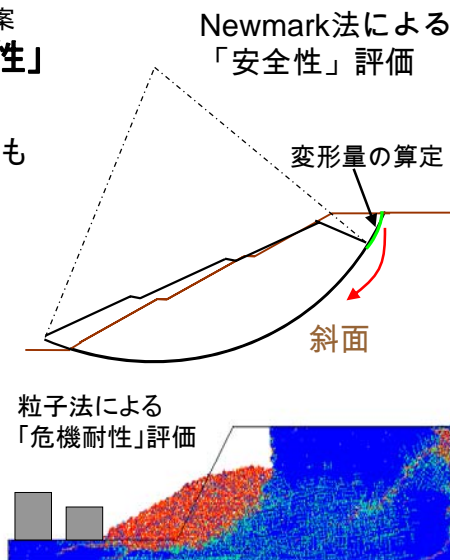
周辺斜面

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)



2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

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

- 港湾における水門閉鎖, 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
沖合における水位モニタリング (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

危険性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

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.3 基準地震動・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基準地震動・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
- 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

9

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.3 基準地震動・津波のハザードレベル

新しい枠組みの中での基準地震動・津波の決め方、
(**「安全性」の確保のレベル**)

発電用軽水型原子炉施設に係る新安全基準(地震・津波)骨子案

平成25年2月6日 原子力規制委員会

(http://www.nsr.go.jp/public_comment/bosyu130206.html, 2013.2.25)

「重要な安全機能を有する施設は、施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがある地震動/津波 (以下「基準地震動/基準津波」という。)」

基準地震動・津波はこれ以上はあり得ないという上限？

基準に対して満たせば安全、そうでなければ危険？

単純な2値論からの脱却！

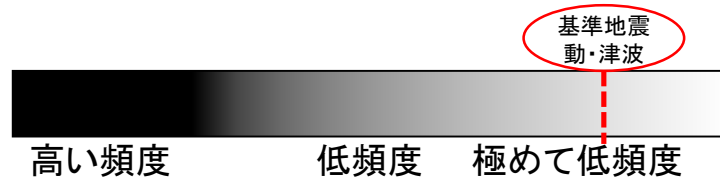
10

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.3 基準地震動・津波のハザードレベル

新しい枠組みの中での基準地震動・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の経済性比較、など

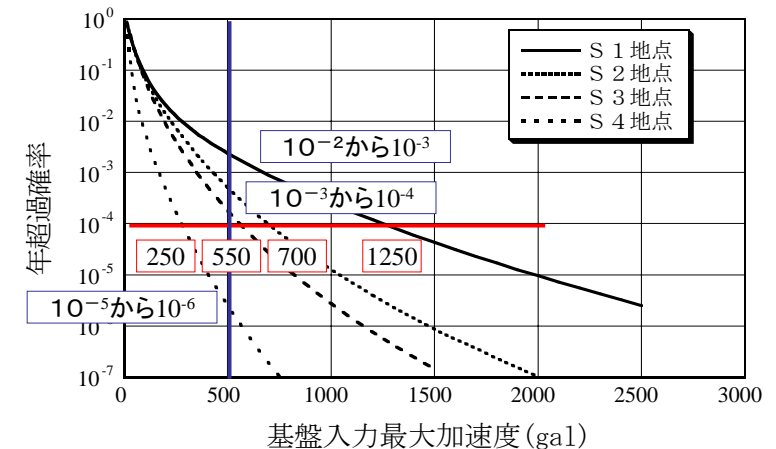
11

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.3 基準地震動・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の明確化

(新安全基準(地震・津波)骨子案2013.2.6でも明記)



12

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.3 基準地震動・津波のハザードレベル

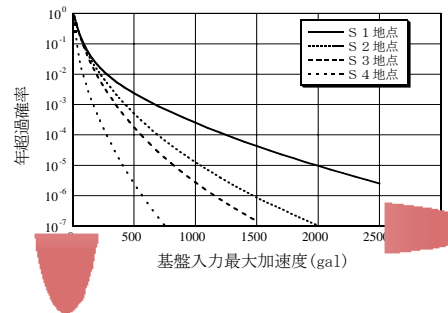
低頻度事象のハザードレベル評価の高度化

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・津波を越える事象
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



13

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

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

14

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.4 被災シナリオの拡充

被災事例や想像力による未経験の被災シナリオ

例えば,

耐津波工学

- 津波が防潮堤を超えた場合の流体力や漂流物衝突力に対する構造安全性, 水密性などに対する設計
- 取・放水設備や配管ダクトを通じて浸水

ハザードの組み合わせ

- 地震動による地盤の抵抗力の低下, その後の津波による流体力や漂流物衝突力, 局所洗掘の影響, など

本震+余震

- 余震に対する十分な性能, 構造物への累積損傷を考慮した耐力の評価

- 新安全基準(地震・津波)骨子案でも例が挙げられている
- いくつかの検討, 研究が既に進められている

15

2. 新たな耐震・耐津波設計への提案

2.4 被災シナリオの拡充

- 被災例に学んだ耐震設計+**未経験の被災シナリオ(想像)**
 - 耐地震設計, リスク管理
 - システム全体の性能. 特に「危機耐性」では重要
 - 現地調査(ウォークダウン)の方法の確立, 実施が重要
- 将来的に推定していなかった事象によって被災する可能性
 - 緊急手段による対処が大変重要
 - 人員や物資, 機材搬入路確保のための道路, 橋梁などが被災した場合の影響
 - 対処方法に関する計画ならびに人員の訓練

緊急手段の確保は敷地内だけではなく敷地外の施設にも深く関わる.

敷地外については3章で

16