

地震安全の原則とその 基本的考え方

日本地震工学会
原子力発電所の地震安全の基本原則に関わる研究委員会
日本原子力研究開発機構・高田 孝

本日の内容

- 原則策定の背景、位置付け
- 報告書の構成
- 地震安全の原則
 - 対象とする範囲
 - 原則の構成
 - 目指すべき目標
 - 地震安全に関する性能に対する要求
 - 安全に対する対処
- 地震安全のプラントへの実践
(深層防護概念の適用)
- 地震安全における緊急時のアプローチ
- まとめ

基本原則策定の背景

- 発電所の目的
 - 社会に安定した電力を供給すること（供用性）
- 地震に伴う災害の特徴
 - 地震事象の評価には極めて大きな不確かさが介在すること（不確かさ(不確実性)）
 - 地震による影響は極めて広範囲となること（広域性）
 - 多くの設備、構築物などに共通して作用すること（共通原因）
 - 多様な外乱が随伴して生じる（随伴性）



これら特徴を踏まえた安全性の確保を前提とした
発電所の目的に対する包括的・俯瞰的で首尾一貫
した考え方（原則）の共有

3

本原則の位置付け

- 原子力発電所の地震に対する継続的安全性確保
 - 様々な安全性向上活動をトータルに進める
 - 整合性のとれる体系で考える
 - 実務に有効となる技術的な要件や事例の検討



- リスクと深層防護の概念を根幹とした基本理念
 - 不確かさ ⇒ リスク評価の積極的な活用
 - 広域性、共通原因、随伴性
⇒ 地震に重点化された深層防護概念の適用
- 基本理念を実際の設計や運用の観点で具体化

4

報告書の構成(1/2)

序

重要な用語

- I. 地震安全の原則 [本報告](#)
- II. 基本的な考え方
 - 対象とする範囲
 - 目指すべき目標
 - 地震安全に関する性能に対する要求
 - 安全に対する対処
- III. 実践に向けたアプローチ
 - 地震安全のための要求性能
 - 地震安全のプラントへの実践
 - 地震安全における緊急時のアプローチ

5

報告書の構成(2/2)

IV. 性能確保のための対地震ハザード*設計への適用

- 対地震ハザード設計への適用 [次報、次々報](#)
- 地震ハザードに対する深層防護の考え方
- 地震ハザードに対する設計体系
- 性能確保のための設計体系に対応する地震ハザード評価の体系
- 対地震ハザード設計体系の検討例
- 地震ハザードを考慮した耐震設計手法の具体的な適用事例
- 対地震ハザード設計への適用まとめ

V. 今後の展開に向けた課題

VI. 用語の説明

- 重要な用語
- 用語の説明

*地震ハザード:

地震が原因で原子力発電所に作用・影響を及ぼすような様々な事象外乱

6

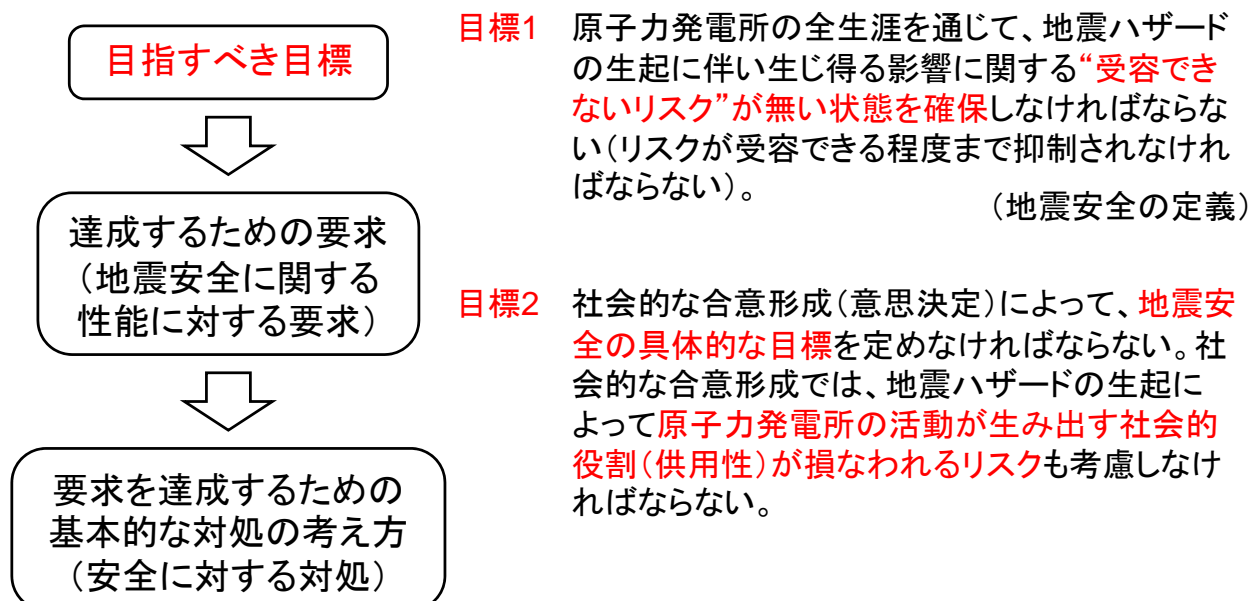
地震安全の原則

■ 対象とする範囲

- 原子力発電所における設備集合、組織、マネジメント及び人的要因
- 原子力発電所の生涯の全ての段階において、地震に起因し生じうる全ての事象の作用、及び、それによって生じうる全ての影響
- 作用及び影響は、時間軸的な要素、空間的な広がりも含んでいる
- 既に設置されているものも、今後新設されるものも対象

7

原則の構成、目指すべき目標



8

受容できないリスクの定量化

- 具体的な目標（決定プロセスも含めた安全目標やそこから設定される性能目標）、および原子力発電所の社会的役割（供用性）の重要性

「人命に加え、社会リスクの観点も考慮に入れて対象のシステムの稼働・不稼働がもたらす人・社会・環境への多様なリスクを勘案して決定すべきものであり」*

*日本学術会議, “工学システムに対する社会の安全目標”, 2014

原子力発電所の社会的役割（便益）

エネルギー安全保障確保のための必要な量の電力を
受容可能な価格で確保すること

原子力発電所の供用性（serviceability）

社会的役割（便益）を供用期間中に継続的に果たすこと

原子力発電所の目的は供用性の確保であり、安全目標を満足した上で供用性が達成されるよう対処されなければならない

9

地震安全に関する性能に対する要求

目指すべき目標



達成するための要求
(地震安全に関する性能に対する要求)



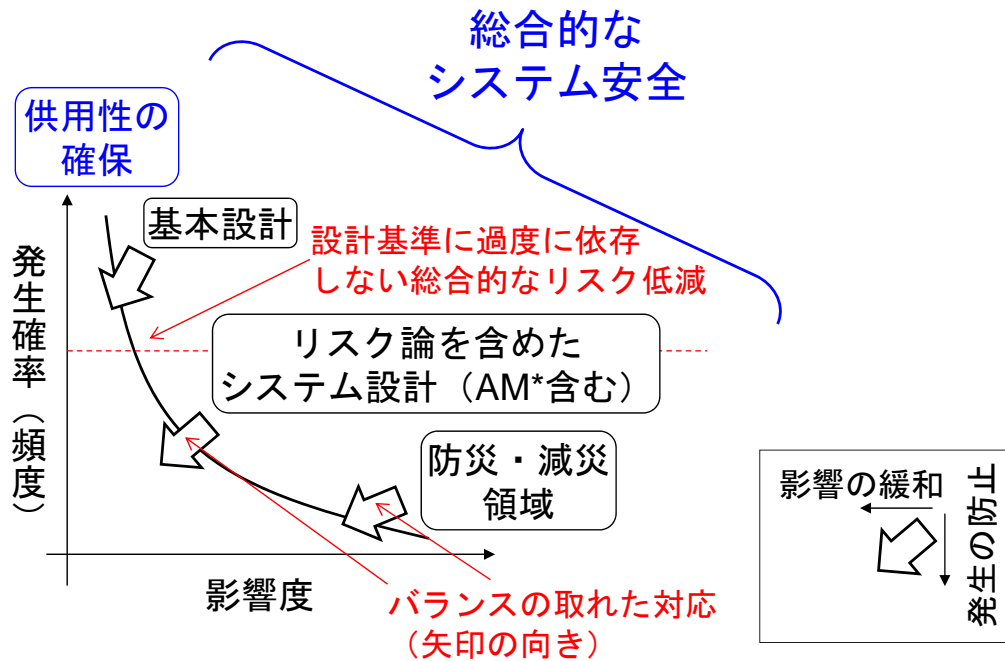
要求を達成するための基本的な対処の考え方
(安全に対する対処)

要求1 目指すべき目標を達成するために、原子力発電所の地震安全に対する**具体的な性能**を定めなければならない。



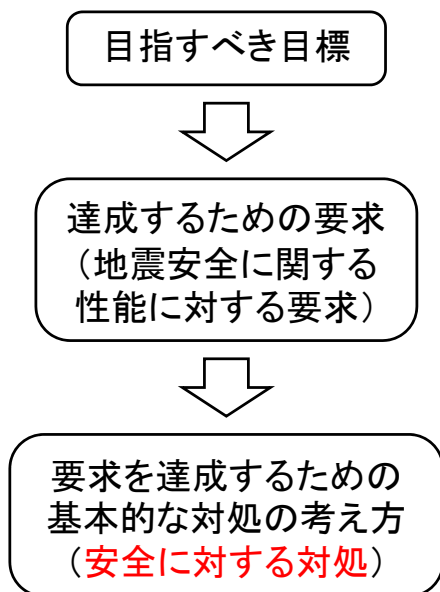
要求2 地震安全に関する性能を満足させるために、地震ハザードの特性、およびその生起に伴う被害の特性を踏まえ、**設備集合、組織、マネジメント**及び人的要因に対し、**バランスや多様性も含めた適切な余裕**を考慮しなければならない。また、**発電所敷地外における事故時の備え**も含めなければならない。

性能を満足させる基本的な考え方



* Accident Management

安全に対する対処



- (リスクマネジメント)
対処1 地震安全に係る不確かさへの対処として、**リスク情報を活用した統合的な意思決定を含むプロセス**を用いなければならない。
- (深層防護)
対処2 地震ハザードの生起によって生じうる被害を分析するにあたっては、**空間的に広域な被害が発生する可能性があること**、原子力発電所においても**複数の設備集合、及び人的要因に同時に作用し、同時に機能喪失する可能性があること**を考慮しなければならない。
- (リスクの定量化)
対処3 地震ハザードの生起に伴うリスクの定量評価に際しては、**技術的な説明性の程度を考慮して、その不確かさの分布と範囲を含めて把握**できる方法を用いなければならない。
- (安全文化)
対処4 意思決定での基準や結論について適宜見直しを行う仕組みの整備では、**地震ハザードが極めて不確かさの大きい事象**であることを考慮し、**目標や性能に対する考え方の変化、新知見のより効果的な反映**を行わなければならない。

安全を確保するための対処の考え方

安全を確保するための対処は、許容できないリスクに対する対処であり、リスクに内在している不確かさへの対処が重要となる

- 定性的、定量的なリスク分析の結果の活用を含めた適切なプロセスを通じた意思決定（リスクマネジメントの考え方）
- 深層防護概念の適用



- 強固な安全文化の浸透、醸成とそれを促進、支援するマネジメントシステム（継続的安全性向上含む）

13

地震安全のプラントへの実践 (深層防護概念の適用)

- 地震時においても、深層防護はシビアアクシデントを含めた事故のリスクを低減するための重要な戦略
- 設備・構築物だけでなく操作や判断などの行為にも影響を及ぼすこと、さらに及ぼす影響が広く同時であることを考慮する必要がある



- 本報告書では設計に対し具体的なアプローチを提案
 - 設備・機器単体設計で対応を実現する
 - システムで対応を実現する
 - 避難を含む緊急時のアプローチ

[次々報](#)

14

地震安全における緊急時のアプローチ

- 原子力安全を達成するためには全てのレベルの深層防護がバランスよく配されていることが重要
- 広域な地震被害を考慮した準備が重要
(複合災害としての考慮)
実際にできることは限定されるが、何ができるかを平時から考えることが重要
- 発電所として準備できる対応と、地域（発電所外）としての対応
- 一般構造物と比べて高い耐震性を生かし、原子力発電所のインフラを地域の地震防災に活用できる可能性

まとめ

リスクと深層防護の概念を根幹とした基本理念ならびに基本理念を実際の設計や運用の観点で具体化し、共有することを目的とし、地震安全原則を策定

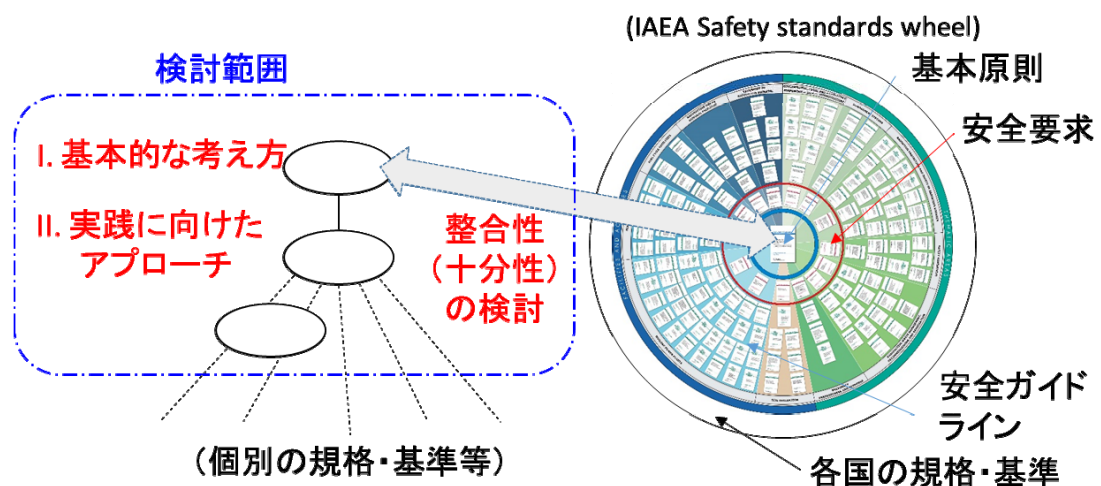


今後、関連する学会も含め広く内容について議論を行うとともに、本原則の今後の具体的な活用に関する検討を継続する予定

ご清聴、ありがとうございました。

本研究会における検討範囲のイメージ

原子力安全における上位概念（基本原則、安全要求）
における地震安全に関連する部分を主体とし、
実践に向けたアプローチに対して直接的に読み取れる原則



主な論点：安全の捉え方と対処

■ 地震安全の定義

*日本原子力学会標準委員会, AESJ-SC-TR005: 2012, 2012.

□ 原子力安全の目的*

人と環境を、原子力の施設と活動に起因する放射線の有害な影響から防御すること



地震および地震随件事象の発生により生じ得る原子力発電所の施設と活動に起因する放射線の有害な影響から人と環境を防護すること

□ 安全の定義**

**ISO/IEC Guide 51:2014

受容できないリスクがないこと



地震および地震随件事象の発生により生じ得る原子力発電所の施設と活動に起因する放射線の有害な影響から人と環境を防護するために受容できないリスクが無いこと（定義）

19

システムとしての安全確保

- 地震（以下、地震随件事象を含む）は多重性を施した設備・機器に対しても共通原因となる機能喪失を引き起こすこととなることから、多様性を持った設備・機器により安全機能が確保されることが必要である
- 広範囲な設備群の機能喪失が考えられることから、それに対処するため位置の多様性やシビアアクシデントマネジメント策、さらに外部支援も準備される必要がある
- これを実現するためには個々の設備・機器の耐震性を上げるだけではなく、システム（ハード+ソフト）としての安全機能を確保するシステム安全の考え方が導入されなければならない

20

地震安全を実現するための枠組み

- 効果的なマネジメントシステムの構築
高い品質で維持され、自主的に改善するとともに、柔軟な対応を含む効果的な運用が重要
- 効果的かつ合理的な規制及びこれらの活動を円滑にするための利害関係者間のコミュニケーション
- 新知見の収集および分析、反映を効果的に実行する仕組み
- システム安全も深層防護実装も、その有効性は、確率論的リスク評価をはじめとする各種の定量的リスク評価を活用し、総合的に判断しなければならない（リスクマネジメントの実践）
- 事象に応じた重要度の選定（グレーデッドアプローチ）