

# 原子力発電所の設計と評価における地震 安全の論理について



**2013年3月29日**

**関西電力 成宮**

# 原子炉安全とは？

## 原子炉安全の目標

- 原子力施設による放射線の影響から、公衆の健康と安全、及び、環境を守ること

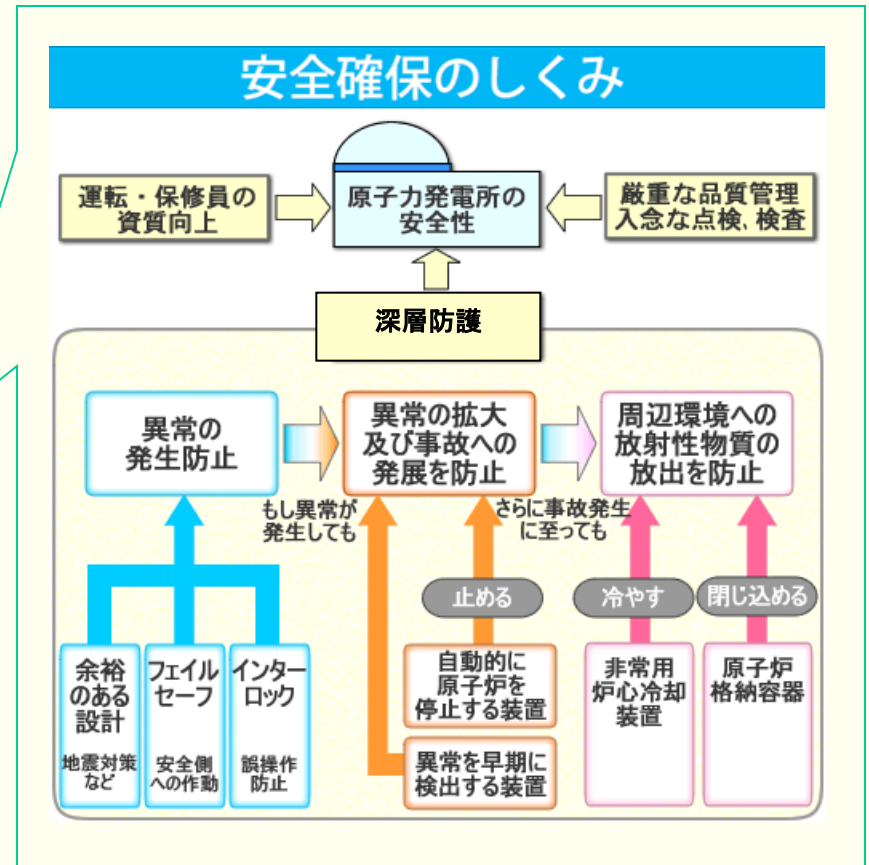
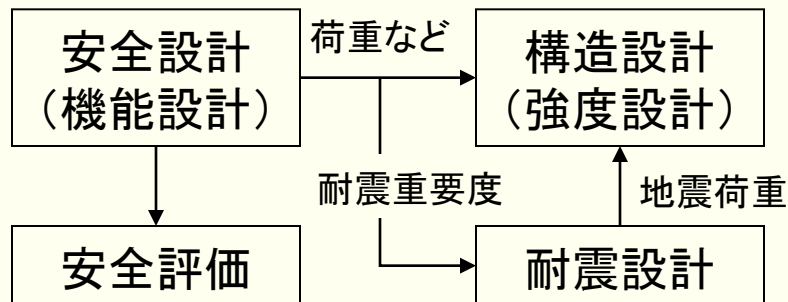


## 原子力発電所の安全確保

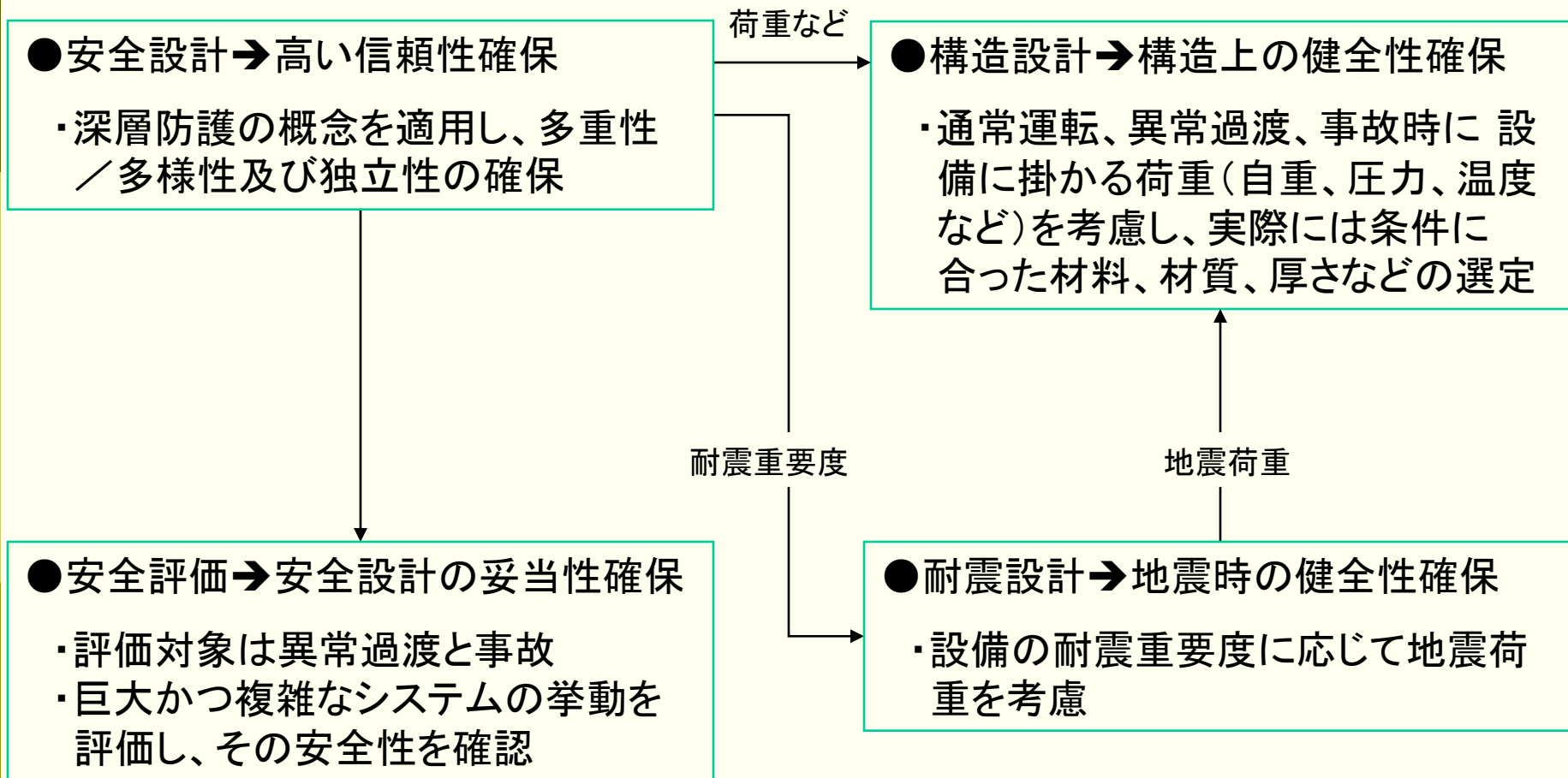
- 原子力発電所の安全確保の基本：「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」
- 深層防護の考え方に基づく安全設計



## 安全確保の要素



# 具体的な安全確保の要素



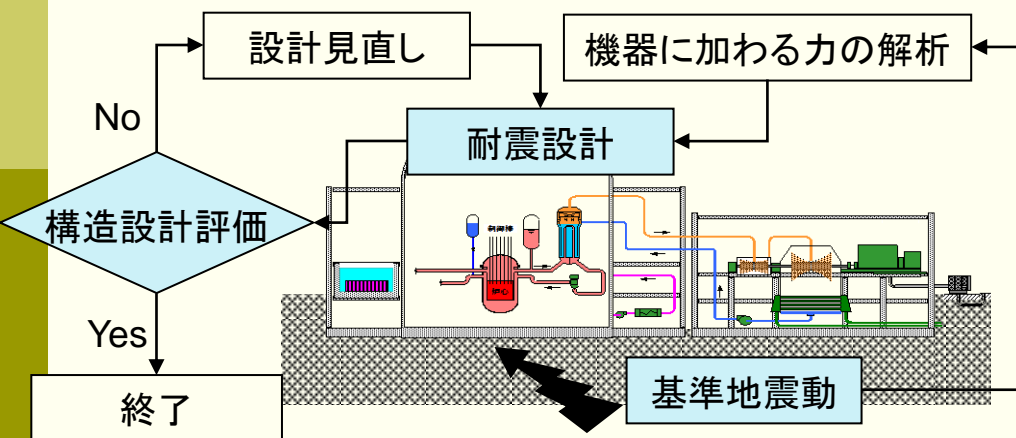
# 地震安全の確保の仕組み

## 地震の特徴

- 予知が困難
- しかし、現象としては揺れるだけ  
安全確保のためには揺れに対して  
対処すればよい



- どのような地震動を想定しているか？  
過去の歴史等から見て、保守性を  
持った最大の地震動
  - それに対してどのように設備している  
か？  
設備の耐震重要度に応じて耐震設計
  - どのように耐震性を確認しているか？  
構造設計評価(+残余のリスク)
- ➔ 構造健全性が確保されれば、原子炉  
の安全も担保されるという考え方



# 地震安全の論理の検討に至る経緯

## 論理における前提

- 現行の耐震設計の考え方
- 内的事象に対する安全設計・安全評価の考え方



## 論理における3つの視点

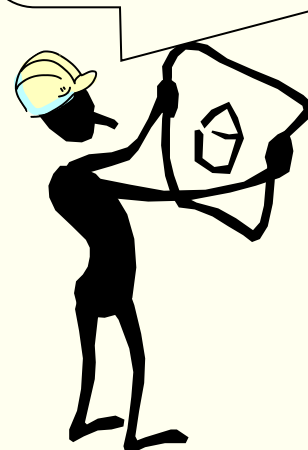
- ① 基準地震動の位置付け
- ② 深層防護の概念に基づく安全確保の考え方
- ③ 地震時の安全評価体系のあり方

大きな地震が発生するとすぐに発電所が壊れるのではないか？



基準地震動設定のための情報に含まれる不確かさをどう処理するか？

基準地震動を超える領域では、何が起こるか合理的に説明できない。



# 地震安全の論理

---

## ①基準地震動の位置付け

- ・原子炉のリスクを十分に低く抑えるような発生頻度と大きさの地震動と位置付ける

## ②深層防護の概念に基づく安全確保の考え方

- ・実耐力の評価を行い、どの程度の地震まで機能が維持されるかを明確にする
- ・それを超える地震に対しては、確率論的安全評価(PSA)によりリスクが十分に小さいことを確認する

## ③地震時の安全評価体系のあり方

- ・①、②を取り入れた安全評価体系とする

# ①基準地震動の位置付け

- 頻度から言えば  
基準地震動 = 事故 (設計基準事象) 相当
- 影響の度合いから言えば  
基準地震動 = 運転時の異常な過渡相当



基準地震動を超えても、必ずしも原子炉安全が損なわれることはない

- 基準地震動の設定には地質・地形の調査結果、過去の地震動記録、地震発生メカニズム等が必要



- これらの情報に不確かさがある

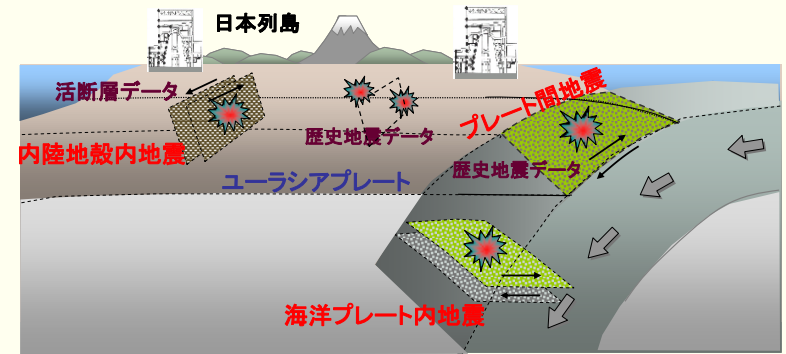


- 決定論的手法に加え、確率論的概念が必要

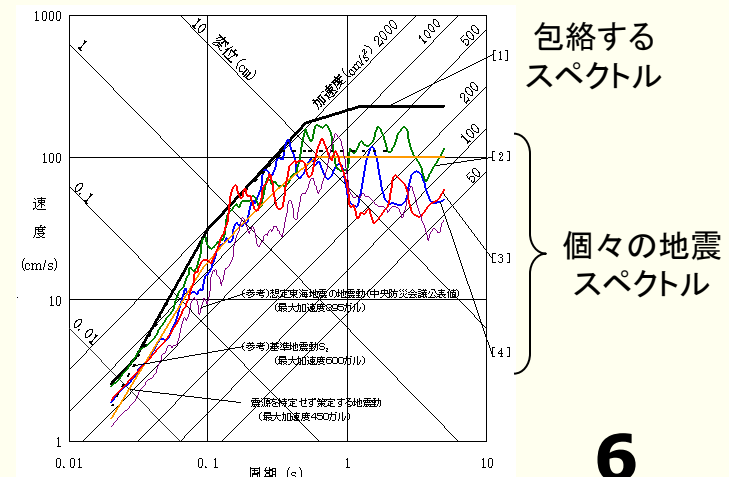
提言



原子炉のリスクを十分に低く抑えるような発生頻度と大きさの地震動



地震発生メカニズムの例



地震スペクトルの設定

## ② 深層防護の概念に基づく安全確保の考え方

### ● 基準地震動以下の地震動

- ・BCクラスが機能喪失の可能性異常過渡に至る
- ・原子炉停止、炉心冷却系はSクラス拡大防止と影響緩和が確保

→ 深層防護が成立

### ● 基準地震動を超える地震動

Sクラスの安全系が機能しない可能性

→ 深層防護が不成立

提言



### ● 安全系機器の実耐力の評価

- どの程度の地震まで安全機能が維持されるかを明確にする（深層防護の確認）

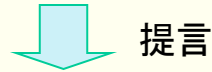
### ● PRAの活用

- ・発生する可能性のある事象に対し、発生頻度と影響を定量的に評価
- リスクが十分低いことを示す



### ③地震時の安全評価体系のあり方

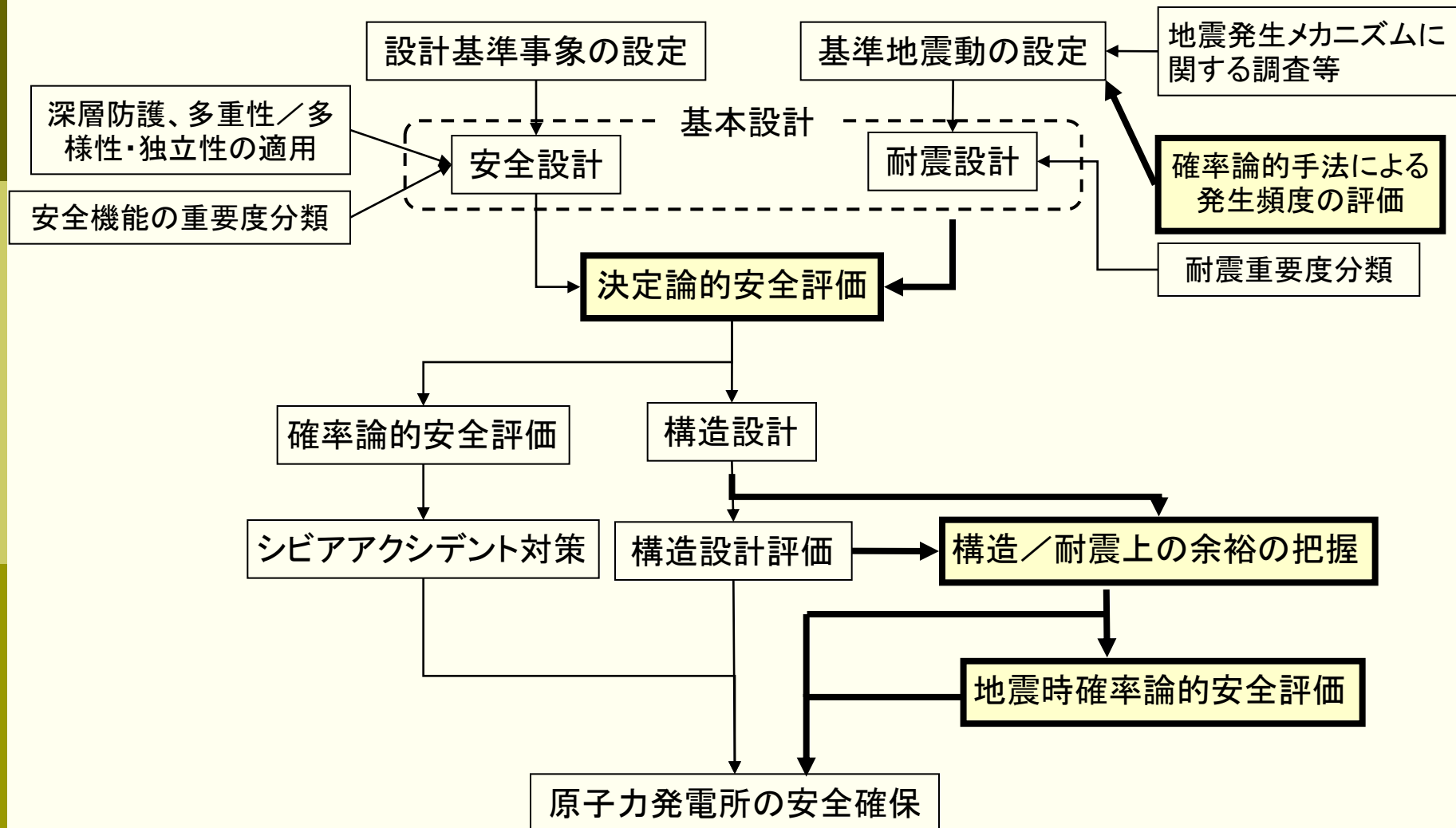
- 耐震上の重要度に則して設計を行い、構造強度の観点からの評価を行うことで原子炉安全は確保できるという考え方
- 地震時には複数機器の同時故障を考慮する必要あり



- ①、②を取り入れた評価体系とする

		基準地震動以下	基準地震動を超える
構造設計評価		耐震クラス毎の確認評価	余裕の定量的把握 (最適評価)
安全評価	決定論	異常な過渡変化程度で あることの確認	—
	確率論	確率論的安全評価の実施	

# 論理に基づく原子力発電所の安全確保のプロセス



# 参考：原子炉安全でよく使われる言葉

---

- 多重性

同一のものが二つ以上あること(例：同じデータを記録したDVDを2枚持つこと)

- 多様性

同じ機能を持つ、異なるものが二つ以上あること(例：DVDとハードディスクでデータを保管すること)

- 独立性

お互いに影響を及ぼすことがないこと

- 異常過渡

外乱が入って異常な状態になるが、すぐに通常状態に復帰できる状態

- 事故

発生することは稀であるが、異常過渡を超える状態であり、何かしらの対応が必要である状態

- 耐震重要度

原子炉施設を一般の建築物と同等のCクラス、それよりも重要なBクラス、特に重要なSクラスという3つのクラスに分類したもの