

## 第 1 画面

資料 5 - 2

「もんじゅ安全性調査検討専門委員会」

第10回委員会

「もんじゅ」の耐震設計

平成14年7月26日

核燃料サイクル開発機構

## 第 2 画面

## 第 1 画面

### 「もんじゅ」の耐震設計

- 1 耐震設計審査指針に基づく耐震設計
- 2 「もんじゅ」の特徴と軽水炉との比較
- 3 原子炉容器の設計
- 4 配管の設計
- 5 設計余裕
- 6 施設の耐震安全性の確保
- 7 まとめ

## 第 2 画面

### 1 耐震設計審査指針に基づく耐震設計

- 1 . 1 「もんじゅ」の耐震設計
- 1 . 2 「もんじゅ」の主要な建物の構造
- 1 . 3 岩盤立地
- 1 . 4 「もんじゅ」の耐震重要度分類
- 1 . 5 基準地震動
- 1 . 6 設計に考慮した歴史地震、活断層等
- 1 . 7 地震応答解析

## 第1画面

### 1.1 「もんじゅ」の耐震設計

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」  
(原子力安全委員会)に基づく設計

基本方針

- ・重要な建物・構築物は「剛構造」「岩盤立地」
- ・適切な地震力を想定
- ・各設備の重要度に応じ「クラス分類(A,B,C)」

「もんじゅ」の特徴である

【高温・低圧・薄肉】構造を考慮して設計

基本方針

- ・「高温構造設計」基準に基づく設計

## 第2画面

### 「もんじゅ」の耐震設計

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」

原子炉  
施設の

止める  
冷やす  
閉じこめる

機能

地震発生時にも  
機能するよう設計



(プラス)

「もんじゅ」の特徴

「もんじゅ」の

高温  
低圧  
薄肉

構造

耐震設計に  
十分考慮

## 第1画面

### 1.2 「もんじゅ」の主要な建物の構造

堅牢な岩盤上に設置

原子炉建物（原子炉格納容器を含む）

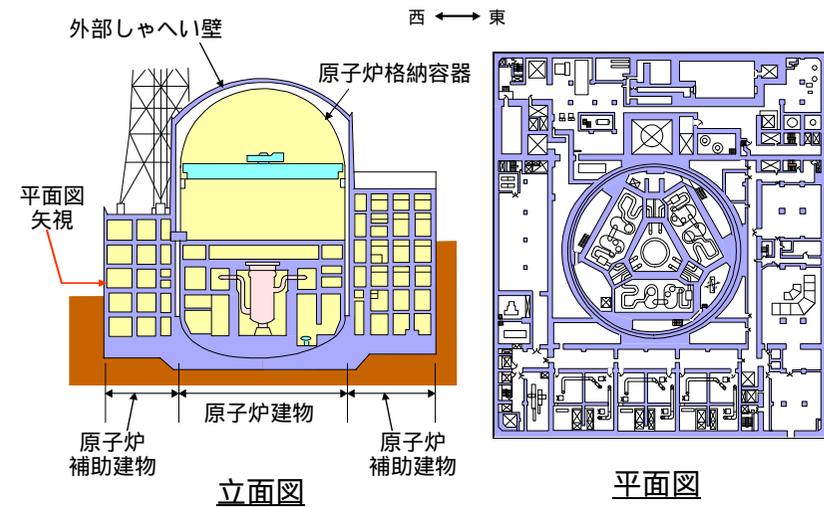
- 外径約57m、高さ約89.5m
- 原子炉容器など1次主冷却設備等を収納

原子炉補助建物（外部しゃへい壁を含む）

- 約100m幅×約115m長さ×約61m高さ
- 中央制御室、2次主冷却設備等を収納

## 第2画面

### 「もんじゅ」の主要な建物の構造



## 第1画面

### 1.3 岩盤立地

「もんじゅ」敷地の地質・地盤

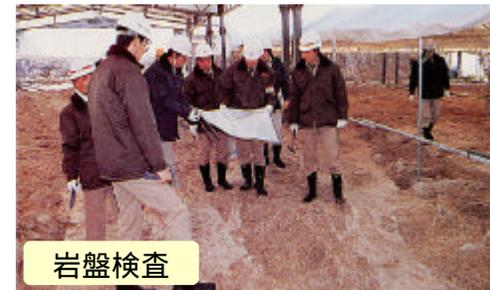
- 堅牢な花崗岩類の岩盤

原子炉建物及び原子炉補助建物を  
岩盤上に設置

- 岩盤上部を掘削
  - 原子炉建物：海拔5mまで掘削
  - 原子炉補助建物：海拔8.5mまで掘削

## 第2画面

### 岩盤立地



## 第1画面

### 岩盤の強度

#### < 平板載荷試験 >

原子炉建物設置位置付近の岩盤に孔を明け、油圧ジャッキを用いて岩盤に繰り返し荷重をかけて、岩盤の特性と強度を調べる。

#### < 試験結果 >

高い荷重をかけても、破壊は生じない。  
2100ton/m<sup>2</sup>以上の荷重に耐える。

原子炉建物通常時荷重： 50ton/m<sup>2</sup>

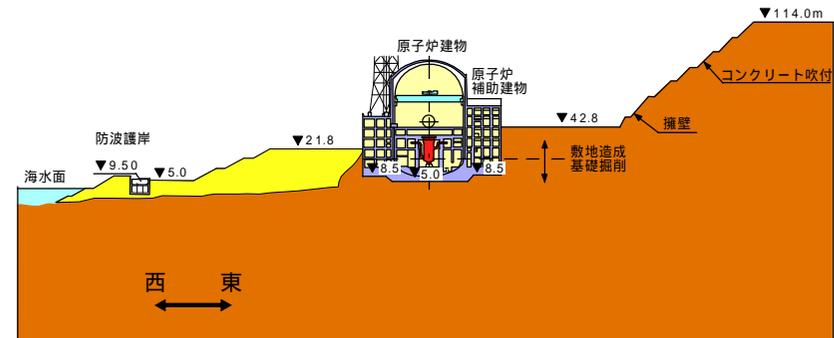
地震時の最大荷重： 140ton/m<sup>2</sup>

「もんじゅ」設置位置の

岩盤の強度は十分

## 第2画面

### 岩盤立地



「もんじゅ」敷地断面図

## 第 1 画面

### 1.4 「もんじゅ」の耐震重要度分類

「もんじゅ」も耐震重要度分類の基準は軽水炉と同一であり、機能上の分類も同一である。プラント構成は異なるものの、その方針に基づきクラス分類している。

ナトリウムを内包する機器を考慮している。

## 第 2 画面

### 「もんじゅ」の耐震重要度分類

炉型 クラス	「もんじゅ」 (FBR)	軽水炉 (PWR)
A	原子炉格納容器 制御棒、駆動機構 原子炉容器 ガードベッセルなど	原子炉格納容器 制御棒、駆動機構 余熱除去系 原子炉容器 安全注入系など
B	ナトリウム補助設備 廃棄物処理設備など	廃棄物処理設備など
C	発電機など	発電機など

## 第1画面

### 1.5 基準地震動

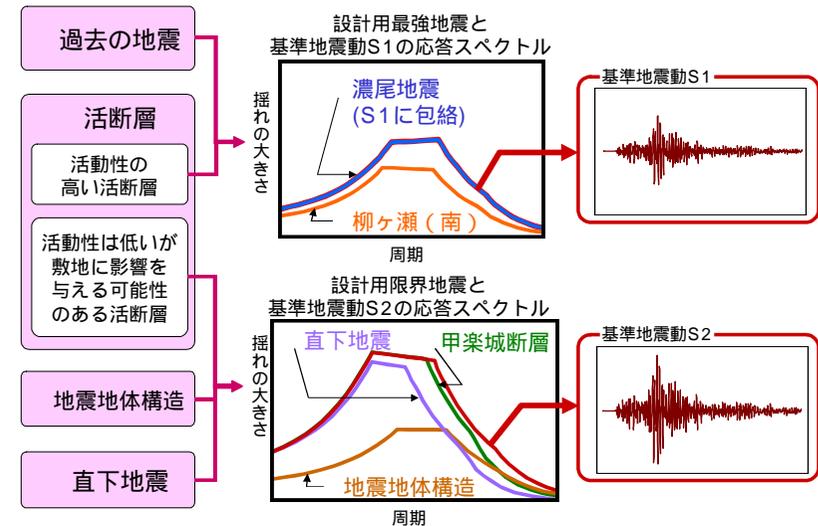
考えられる最大の地震の想定について、**S1,S2の2種類**を考慮している。

**基準地震動S1**では、将来起こりうる最強の地震動として、過去の地震及び活動性が高く過去1万年の間に活動した活断層による地震を対象に、それぞれ揺れの周期及び強さを評価し、これらをすべて上回るような地震動を設定する。

**基準地震動S2**では、およそ現実的でないと考えられる限界的な地震による地震動として、過去5万年の間に活動した活断層による最大の想定地震、地震地体構造から考えられる最大の地震、更には直下地震を対象に、それぞれ揺れの周期及び強さを評価し、これらをすべて上回るような地震動を設定する。

## 第2画面

### 基準地震動



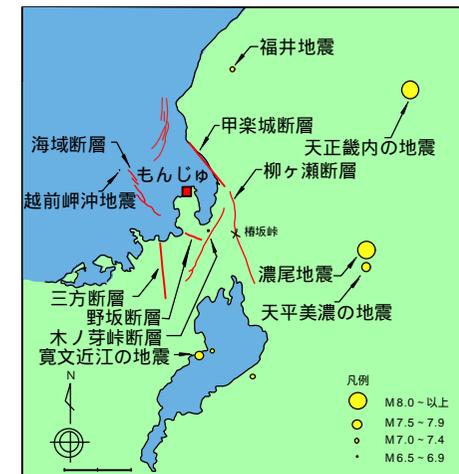
## 第1画面

### 1.6 設計に考慮した歴史地震、活断層等

項目	規模 M	震央距離 (km)	最大速度振幅 Vmax(Kine)	備考	
考慮すべき最強地震 S1	歴史地震	8.0	57.2	13.8	濃尾地震
		7.9	57.2	12.2	濃尾地震
		7.8	54.1	11.5	寛文近江の地震
		7.9	61.1	11.2	天平美濃の地震
		6.9	21.0	10.5	越前岬沖地震
		8.1	78.8	10.4	天正畿内の地震
		6.7	18.2	9.3	正中近江の地震
		7.3	44.6	7.6	福井地震
		7.4	49.7	7.6	元暦近江の地震
		7.4	66.0	5.2	文政近江の地震
統計的期待値	活断層	7.0	25.0	10.0	柳ヶ瀬断層(南)
		-	-	11.5	300年期待値
		-	-	9.0	200年期待値

## 第2画面

### 考慮した歴史地震、活断層



「もんじゅ」周辺の主な歴史地震や活断層

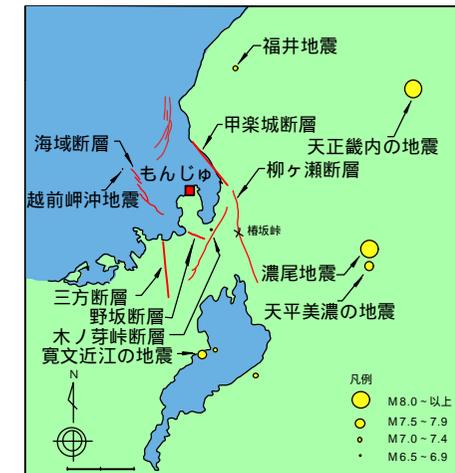
## 第1画面

### 設計に考慮した歴史地震、活断層等

	項目	規模 M	震央距離 (km)	最大速度振幅 Vmax(Kine)	備考
考慮すべき 限界地震 S2	活断層	7.0	11.5	18.2	甲楽城断層
		7.2	16.5	18.0	木ノ芽峠断層
		6.9	12.1	15.9	S-21~S-27断層
		7.2	21.0	14.9	柳ヶ瀬断層
		7.0	20.2	12.2	S-1+S-6断層
		6.9	24.0	9.2	三方断層
		6.3	14.0	7.0	野坂断層
	地震地体構造	7.8	60.0	10.1	
	直下地震	6.5	-	13.4	

## 第2画面

### 考慮した歴史地震、活断層



「もんじゅ」周辺の主な歴史地震や活断層

## 第1画面

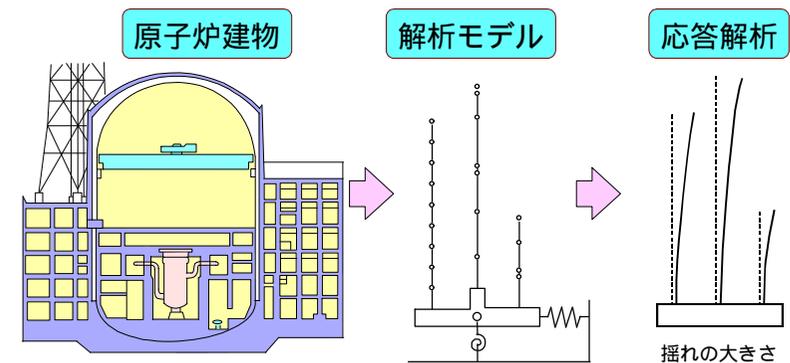
### 1.7 地震応答解析

原子炉建物など安全上重要な建物の耐震性を評価するには、これらをモデル化し、想定した最大の地震による揺れを入力して、各部がどのような力を受けるか、また、発生する応力や変形の程度を計算する。

この応力及び変形量に建物が十分耐えられることを確認。

## 第2画面

### 地震応答解析



**建物の安全性を確認**

## 第1画面

### 2 「もんじゅ」の特徴と軽水炉との比較

「もんじゅ」(高速増殖炉)の特徴  
 冷却材に沸点の高いナトリウムを使用  
 低圧条件  
 高温条件 } 薄肉構造を採用

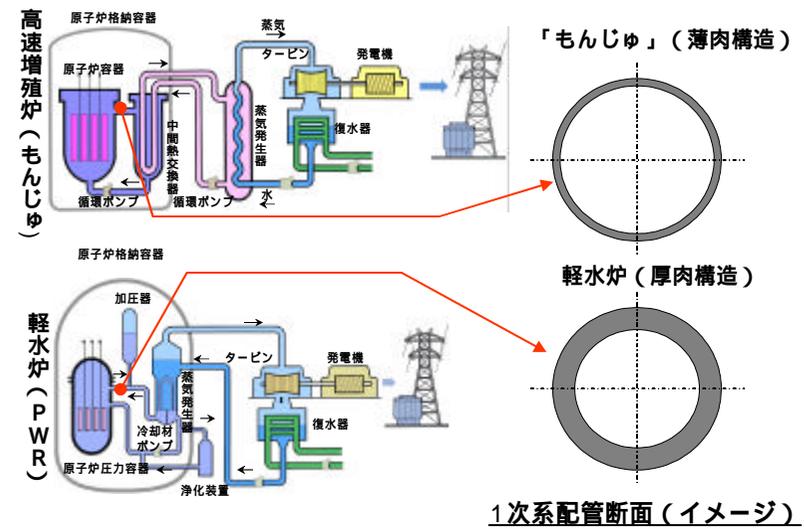
「もんじゅ」と軽水炉の比較

		「もんじゅ」	軽水炉(PWR)
冷却材		ナトリウム	水
冷却材 温度	原子炉入口	約400	約290
	原子炉出口	約530	約325
冷却材圧力 (炉心出口圧力)		約0.2MPa (約1.6kgf/cm <sup>2</sup> )	約15.4MPa (約150kgf/cm <sup>2</sup> )

(大気圧: 約0.1MPa)

## 第2画面

### 「もんじゅ」の特徴と軽水炉との比較



## 第 1 画面

### 「もんじゅ」の耐震設計

- 1 耐震設計審査指針に基づく耐震設計
- 2 「もんじゅ」の特徴と軽水炉との比較
- 3 原子炉容器の設計
- 4 配管の設計
- 5 設計余裕
- 6 施設の耐震安全性の確保
- 7 まとめ

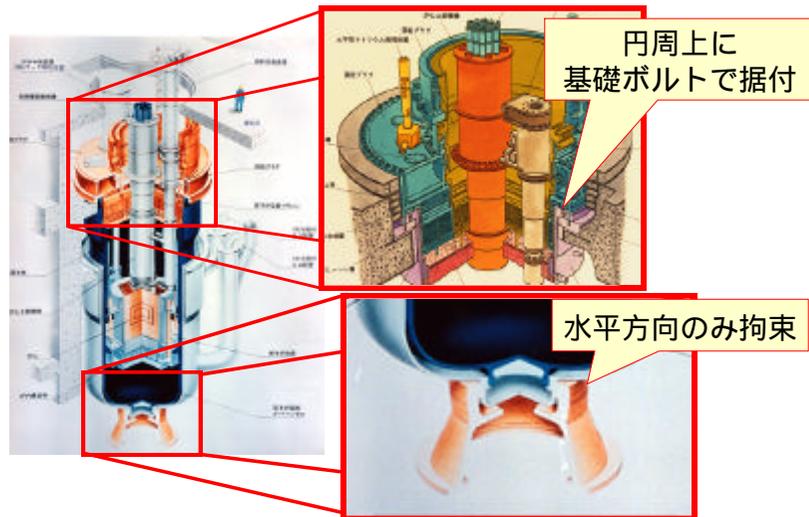
## 第 2 画面

### 3 原子炉容器の設計

- 3 . 1 原子炉容器の全体構造及び支持部
- 3 . 2 原子炉容器の支持部
- 3 . 3 原子炉容器の支持部の強度

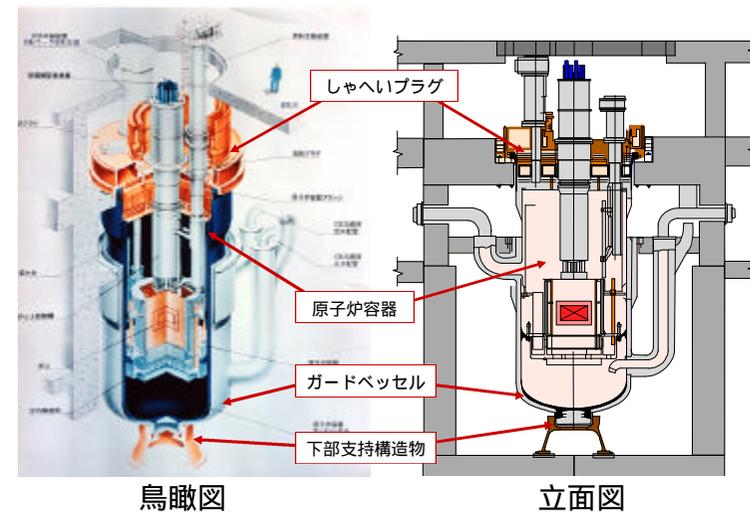
## 第1画面

### 3.1 原子炉容器の全体構造及び支持部



## 第2画面

### 原子炉容器の設計（全体構造）



## 第1画面

### 3.2 原子炉容器の支持部

原子炉容器の地震に対する支持

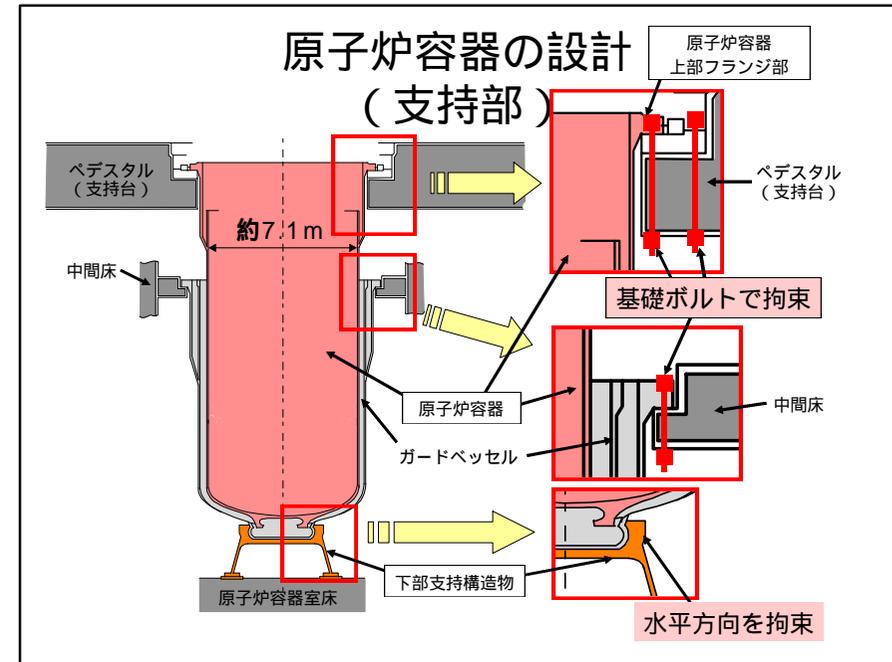
- ・ 上部フランジ部で、ペDESTALと基礎ボルトにより固定。
- ・ 下部支持構造物により水平方向のみ支持している。
- ・ 上部にあるしゃへいプラグは、原子炉容器とは別にペDESTALと基礎ボルトで固定しており、しゃへいプラグの荷重は原子炉容器にはかからない。
- ・ ガードベッセルは中間床に基礎ボルトで固定している。

原子炉容器の仕様

底部に皿形鏡板を有する円筒縦型容器

内径	: 約 7.1 m
全高	: 約 17.8 m
ナトリウム保有量	: 約500ton
材料	: オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS304)

## 第2画面



## 第1画面

### 3.3 原子炉容器の支持部の強度

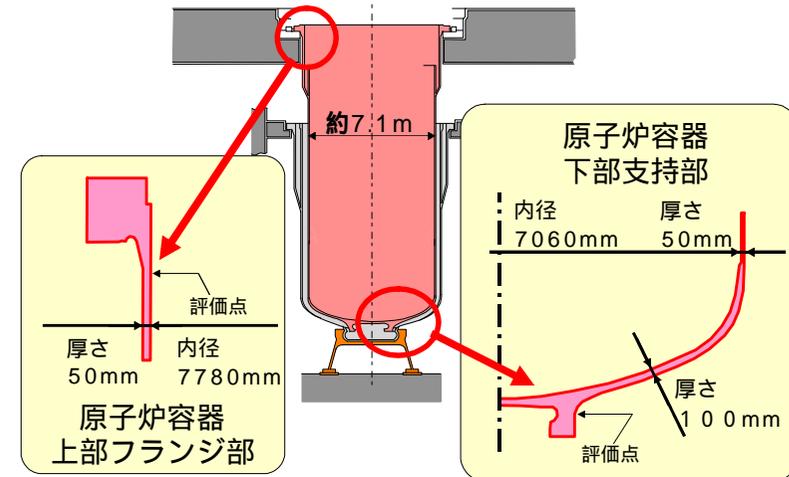
上部フランジ部、下部支持部の強度評価

部 位		発生応力
上部 フランジ	S1 地震時	設計許容値の約30% (S2地震時は約60%)
下部 支持部	S1 地震時	設計許容値の約20% (S2地震時は約45%)

原子炉容器支持部の地震に対する強度は十分

## 第2画面

### 原子炉容器の設計 (支持部の強度)



## 第 1 画面

### 「もんじゅ」の耐震設計

- 1 耐震設計審査指針に基づく耐震設計
- 2 「もんじゅ」の特徴と軽水炉との比較
- 3 原子炉容器の設計
- 4 配管の設計
- 5 設計余裕
- 6 施設の耐震安全性の確保
- 7 まとめ

## 第 2 画面

### 4 配管の設計

- 4 . 1 配管の構造
- 4 . 2 配管のレイアウト
- 4 . 3 配管支持装置
- 4 . 4 配管の強度評価

## 第1画面

### 4.1 配管の構造

(原子炉容器出口～中間熱交換器入口)

○設計条件 (大気圧：約0.1MPa)

低 圧：(最高使用圧力 0.20MPa)

高 温：(最高使用温度 550°C)

○薄肉大口径

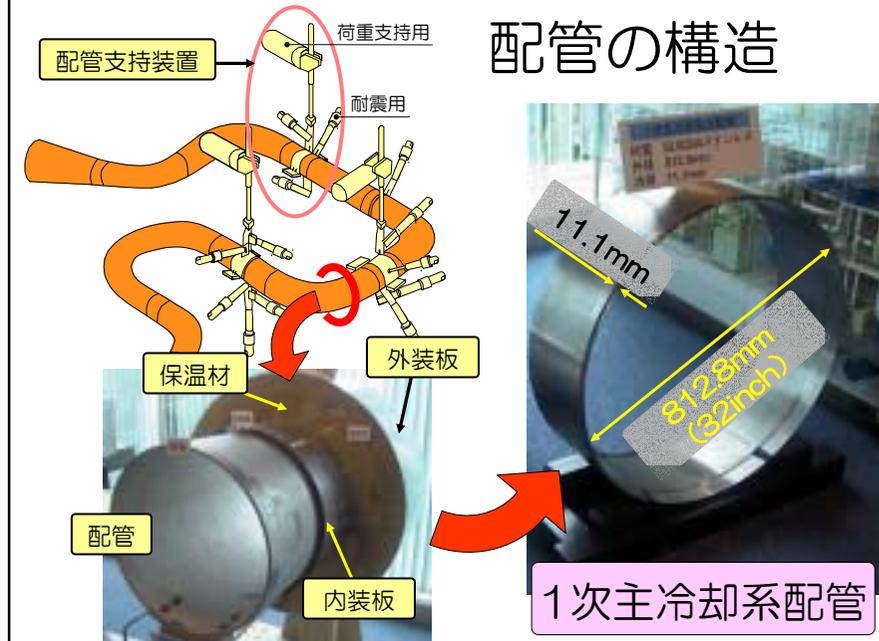
寸 法：直径 812.8mm

板厚 11.1mm

材 質：オーステナイト系ステンレス鋼  
(SUS304)

## 第2画面

### 配管の構造



## 第1画面

### 4.2 配管のレイアウト

曲がりによる配管引廻し

高温配管であることから、

多くの曲がりにより熱膨張を吸収。

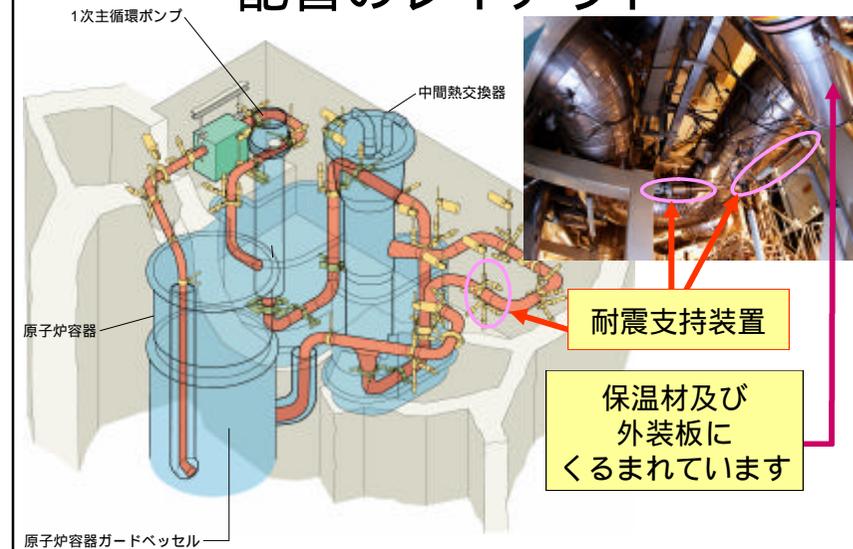
多数の耐震支持装置の設置

地震時に配管系の剛性を高めるために、

多くの耐震支持装置を適切に配置。

## 第2画面

### 配管のレイアウト



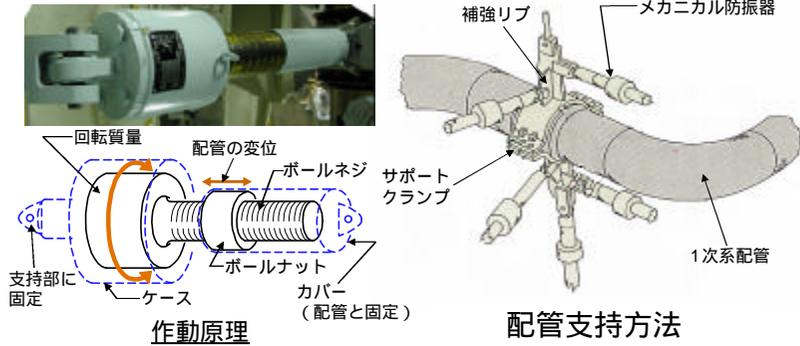
## 第1画面

### 4.3 配管支持装置

#### 配管支持装置の役割

- 熱膨張による緩やかな変位は拘束しない。
- 地震等の急速な力に対しては、配管を拘束する。

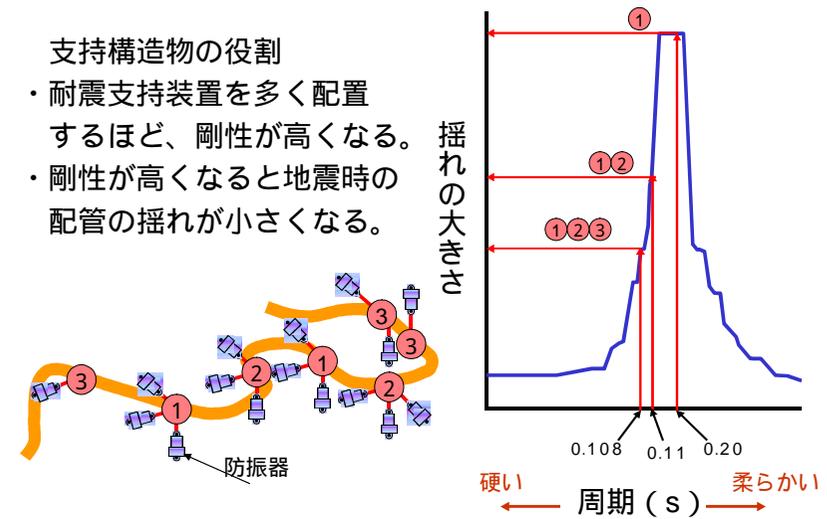
#### メカニカル防振器



## 第2画面

### 配管の設計（剛性）

- 支持構造物の役割
- ・耐震支持装置を多く配置するほど、剛性が高くなる。
  - ・剛性が高くなると地震時の配管の揺れが小さくなる。



## 第1画面

### 4.4 配管の強度評価

中間熱交換器入口のエルボ部の応力

(単位：上段MPa、下段括弧付kg/mm<sup>2</sup>)

荷重区分	内圧	自重	地震 (S1)	内圧+自重+地震+熱
発生応力	2 (0.2)	9 (0.9)	87 <sup>*1</sup> (8.9)	244 (24.9)
	合計 11 (1.1)			
設計許容値に対する割合	約7%		約30%	約97% (約39% <sup>*2</sup> )

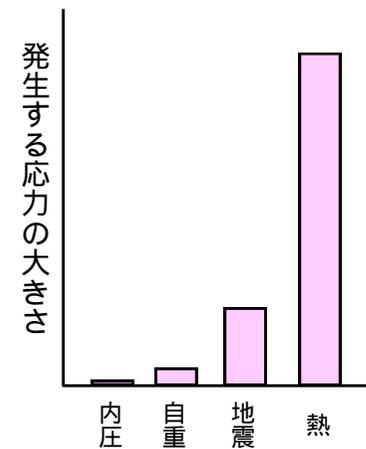
\*1 S2地震時は約1.5倍

\*2 弾性的挙動を超える場合の制限条件に対する比率

配管の地震に対する強度は十分

## 第2画面

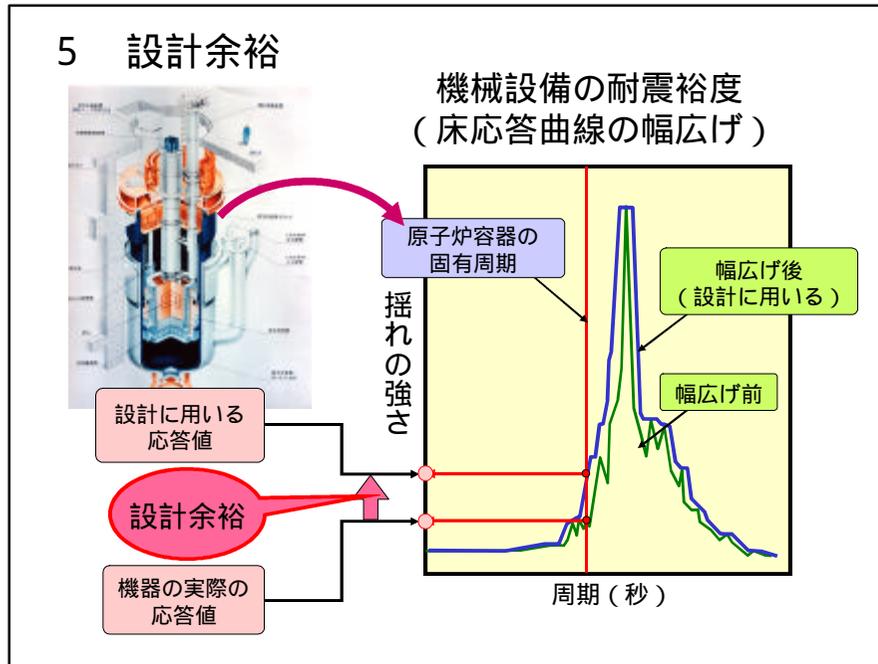
### 配管の設計（強度評価）



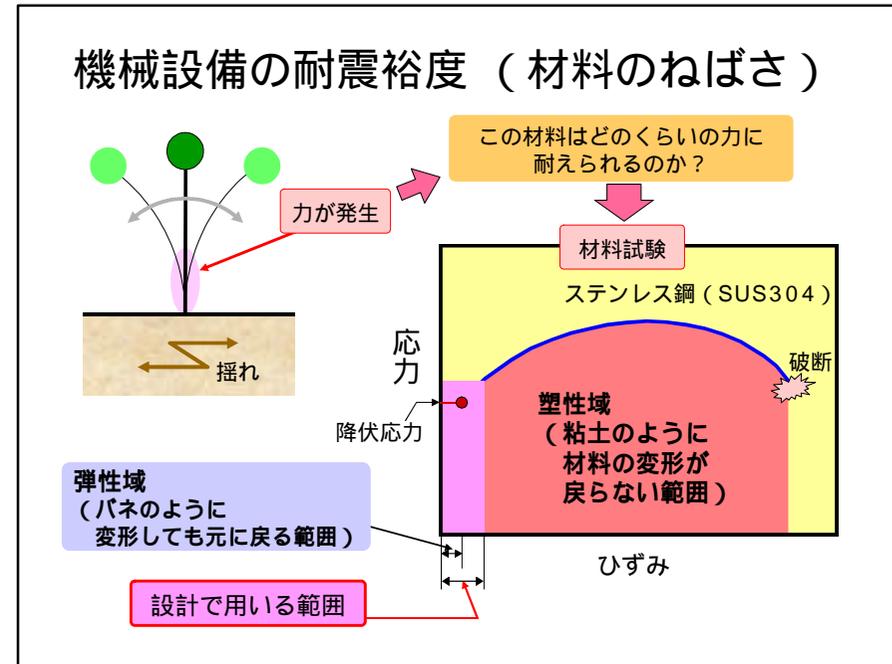
低圧条件であることから、内圧で発生する応力は小さい。

地震による揺れで発生する応力よりも、熱膨張により発生する応力の方が遙かに大きい。

## 第1画面

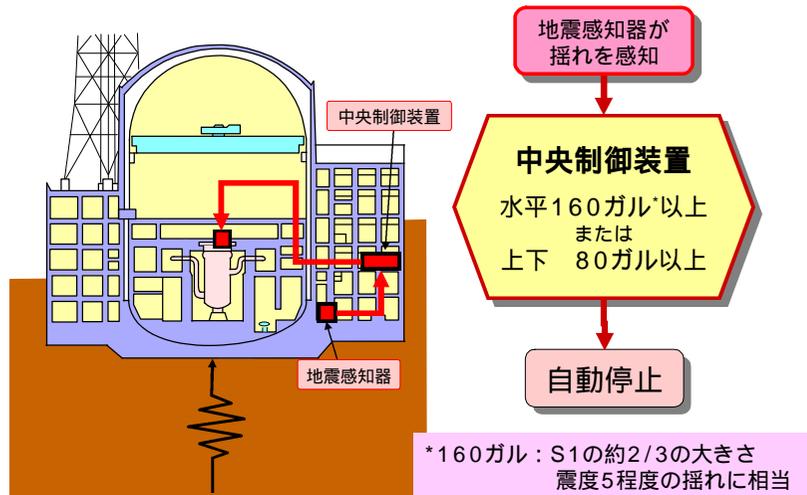


## 第2画面



## 第1画面

### 6 施設の耐震安全性の確保



## 第2画面

### 7 まとめ

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に準拠

岩盤立地・剛構造

適切な地震力を想定

「もんじゅ」の特徴を踏まえた耐震設計

地震時の自動停止機能を確保

**耐震安全性の確保**