

## 原子力安全基盤機構の耐震計算科学への期待

- 振動台による試験を踏まえて -

福西 史郎

独立行政法人 原子力安全基盤機構・耐震安全部耐震基盤グループ長

〒105-0001 東京都港区虎ノ門4-3-20 神谷町MTビル

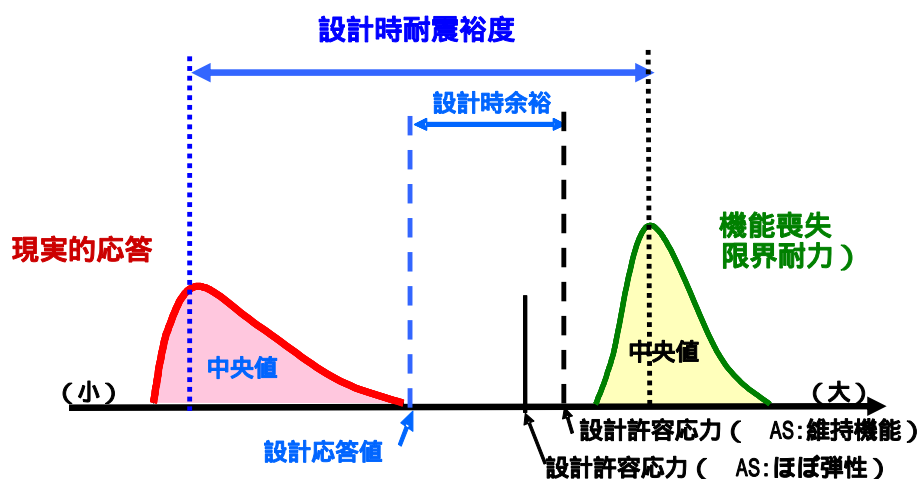
[fukunishi-shiro@jnes.go.jp](mailto:fukunishi-shiro@jnes.go.jp)

新潟県中越沖地震では、設計で想定した地震動を上回る地震動が観測された。このため、原子力発電所の安全性について、原子炉施設の機器・設備、建屋等の設備の機能喪失限界耐力を明確に定量化し、地震に対する具体的な安全性を説明することが広く国民から求められると共に、各サイトの地元自治体等からは、個別の原子力発電所における余裕の説明も求められる状況にある。

このような機能限界に対して、期待できる原子炉施設の健全性（余裕）を評価し、定量化したものを「耐震裕度」と呼ぶことがあるが、原子力発電施設について「耐震裕度」を定義し、具体的にその値を十分に示したものはない。

（独）原子力安全基盤機構では、分布を持つ「機能喪失する限界耐力」と「現実的な地震応答」の各中央値を比較することで、「耐震裕度（下図）」の平均像が把握でき、標準偏差を考慮することで、ばらつきを含めた耐震裕度を定量的に評価できると考え、これまでの試験台試験で得られた結果等に基づき「機能喪失する限界耐力」を評価するとともに、「現実的な地震応答」についても検討を行っている。


今回は、（独）原子力安全基盤機構及び（財）原子力発電技術機構で実施した振動台による試験について、大型振動台を用いた試験の経過、主要な設備の試験概要と結果、様々な試験結果の評価、試験結果から得られた課題、「耐震裕度」に関する今後の検討項目等について、その概要を説明するとともに今後の耐震計算科学に期待するものを述べる。



# 耐震計算科学への期待

— 振動台による試験を踏まえて —

平成20年12月3日

 **JNES** 独立行政法人 原子力安全基盤機構

1

## 1. 試験の背景

### 耐震設計方針の改訂

1978年旧耐震設計審査指針

想定されるいかなる地震力に対しても大きな事故の誘因とならない



2006年現行耐震設計審査指針

策定された地震動を上回る強さの地震動の可能性は否定できない。  
「残余のリスク」を認識した耐震設計

### 試験目的の変化

1978年旧耐震設計審査指針

耐震設計の  
信頼性実証(耐震試験)



2006年現行耐震設計審査指針

機器耐力、機能喪失限界耐力  
の確認(耐力試験)

2

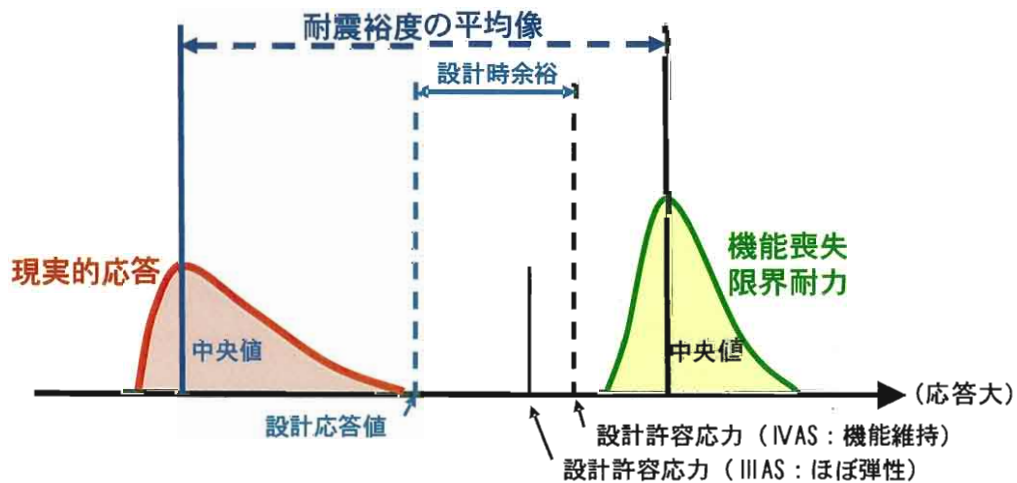
## 2. 試験方法

- 信頼性実証：  
 大型重要機器・配管の実物大や縮尺試験体を対象に、振動台能力限界まで加振
- 機器耐力：  
 重要機器の耐力データを得るために設計用地震を大きく上回るレベル（炉心損傷頻度への影響範囲を考慮）で加振。  
 振動台上に振動増幅装置を設置し、6G(10G)までの加振を実現
- 機能喪失限界耐力：  
 機能喪失限界耐力のデータの取得

3

## 3. 振動台試験の目的(耐震裕度の概念)

耐震安全性は、一定の余裕(「耐震裕度」=「機能喪失限界耐力」/「現実的応答」)を有する設備構造設計により確保される。試験に基づき「耐震裕度」を評価する。



4

## 4. 試験の背景（耐力データの必要性）

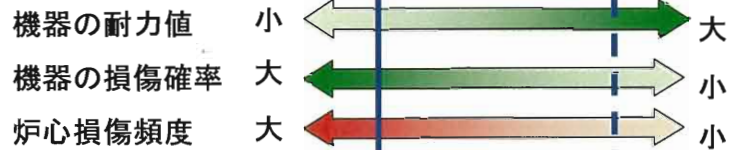
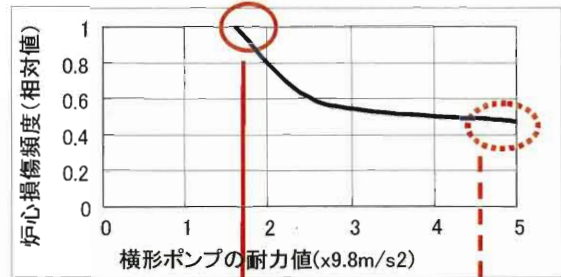
耐力値に関する課題と目的

現行機器耐力値	課題
国内既往研究からの暫定値	機器の実際の耐力値より小さいと考えられ、精度の良い炉心損傷頻度評価ができない
米国データの一部転用	

炉心損傷頻度\*の評価上重要な設備の現実的な耐力値を把握する。

\* 炉心損傷とは、設計基準事象を大幅に超える事象であって、炉心の冷却又は反応度の制御ができない状態で、炉心の重大な損傷に至る事象。炉心損傷頻度は、単位時間・プラント当たりの炉心損傷の事故の発生回数の期待値（出典：日本原子力学会標準 原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準 2007）。

炉心損傷頻度評価の一例



現行の暫定耐力値 → 耐力値が大ならば炉心損傷頻度低下

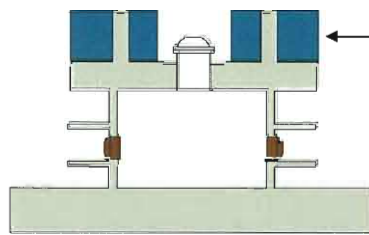
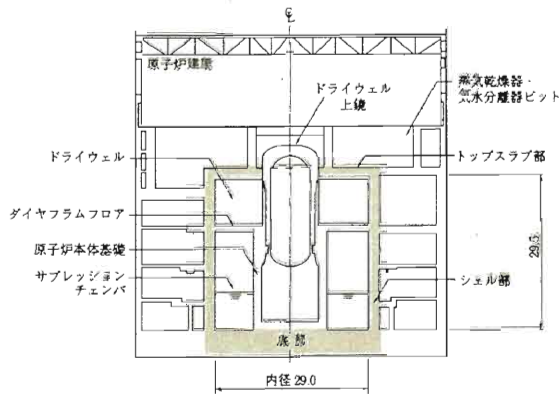
## 5. 既往の振動台試験の内容

1980	1985	1990	1995	2000	2003/10	2006/3	2008	2012
<b>フェーズ I (重量機器の実証)</b> 原子炉格納容器 (PWR, BWR)、原子炉 (圧力) 容器 (PWR, BWR)、炉内構造物 (PWR, BWR)、再循環系配管 (BWR)、一次冷却設備 (PWR)						(独) 原子力安全基盤機構		
<b>フェーズ II (システムの実証)</b> 非常用ディーゼル発電機システム、電算機システム、原子炉停止時冷却系								
<b>フェーズ III (新技術・機能限界の実証)</b> 制振サポ-ト支持主蒸気・主給水系、RCCV、PGCV、制振サポ-ト支持蒸気発生器、配管系終局強度								
(財) 原子力発電技術機構						<b>耐力試験 (フェーズ I)</b> (1) 横形ポンプ (RCW)、電気盤 (2) 制御棒挿入性 (BWR, PWR) (3) 立形ポンプ (RHR)		
<b>赤字の試験について紹介</b>						<b>耐力試験 (フェーズ II)</b> (4) タンク (5) 弁 (6) クレーン		

# (1) コンクリート製格納容器の耐震試験

【目的】地震に対する気密性の確認、破壊に至る耐力の確認

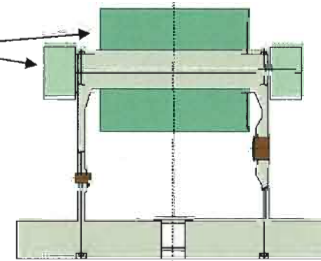
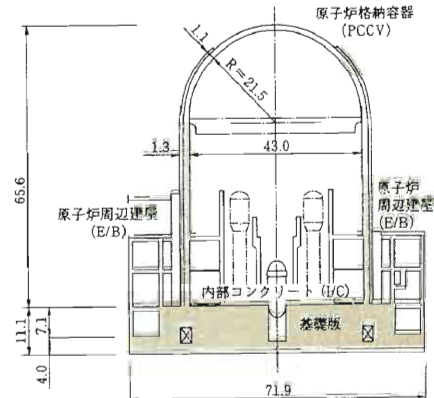
鉄筋コンクリート製格納容器 (RCCV)



試験体 (1/8縮尺モデル)

(全重量:595トン、全高:5.21m、格納容器部外径:4.0m)

プレストレストコンクリート製格納容器 (PCCV)

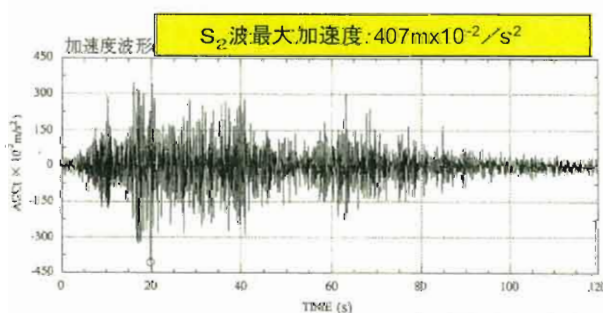


試験体 (1/10縮尺モデル)

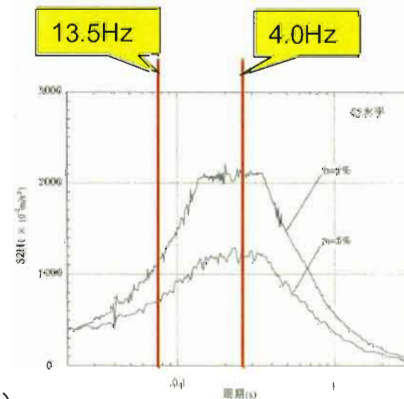
(全重量:757トン、全高:6.53m、格納容器部外径:4.6m)

## (1) コンクリート製格納容器の耐震試験

### 試験内容



加振波の例 (RCCV)



- ・加振波は改良標準化の基準地震動 $S_2$  (高地震帯、遠距離) から作成した模擬 $S_2$ 波 (相似則に基づき時間軸補正)
- ・ $S_2$ 波の加速度を段階的に割り増しながら、破壊するまで加振を実施
- ・振動数は、13.5Hz (初期状態) → 9.6Hz (1回目のS1試験) → 4.0Hz (5S2試験) と変化
- ・減衰は、1% (初期状態) → 5-6% (1回目のS1試験) → 5-6% (5S2試験) と変化

## 試験状況

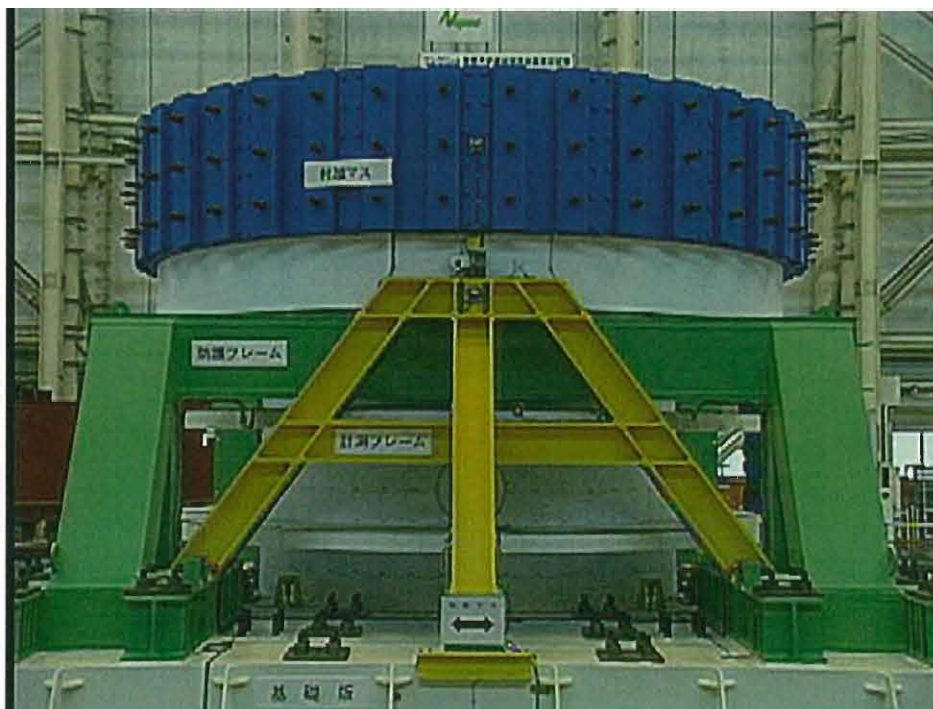


RCCV試験体



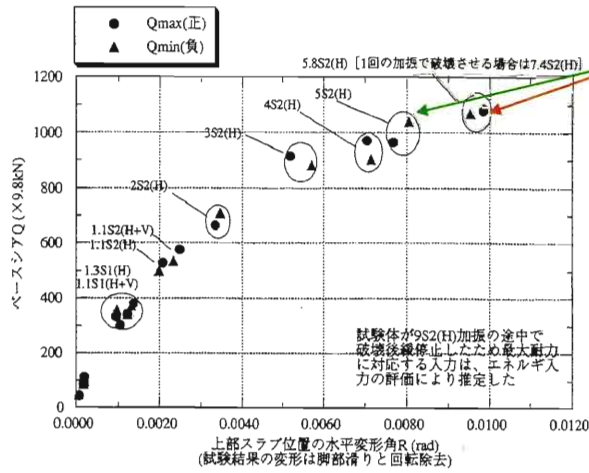
PCCV試験体

## RCCV試験ビデオ



(1)コンクリート製格納容器の耐震試験

# 試験結果の評価



- ・5S2加振までは、石けん水塗布し気体加圧で漏洩が無いことを確認
- ・更に加振加速度を上げた加振(9S2)の途中で躯体のせん断破壊とライナー破損に至った

**試験結果による裕度評価**  
 (1回の大加振で破壊する場合のエネルギー量を加振履歴を累積して評価)

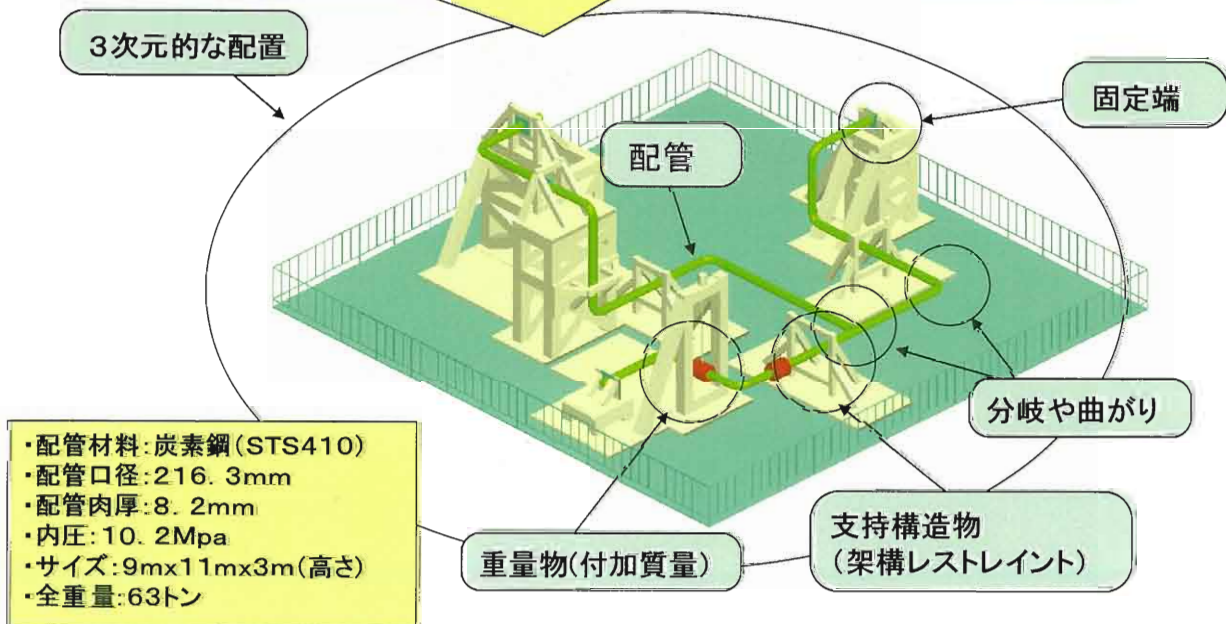
- ・鉄筋コンクリート製格納容器:  $S_2$ の7.4倍
- ・プレストレストコンクリート製格納容器:  $S_2$ の6.1倍

加速度増加と荷重-変形関係の変化 (RCCVの例)

## (2) 配管系終局強度試験

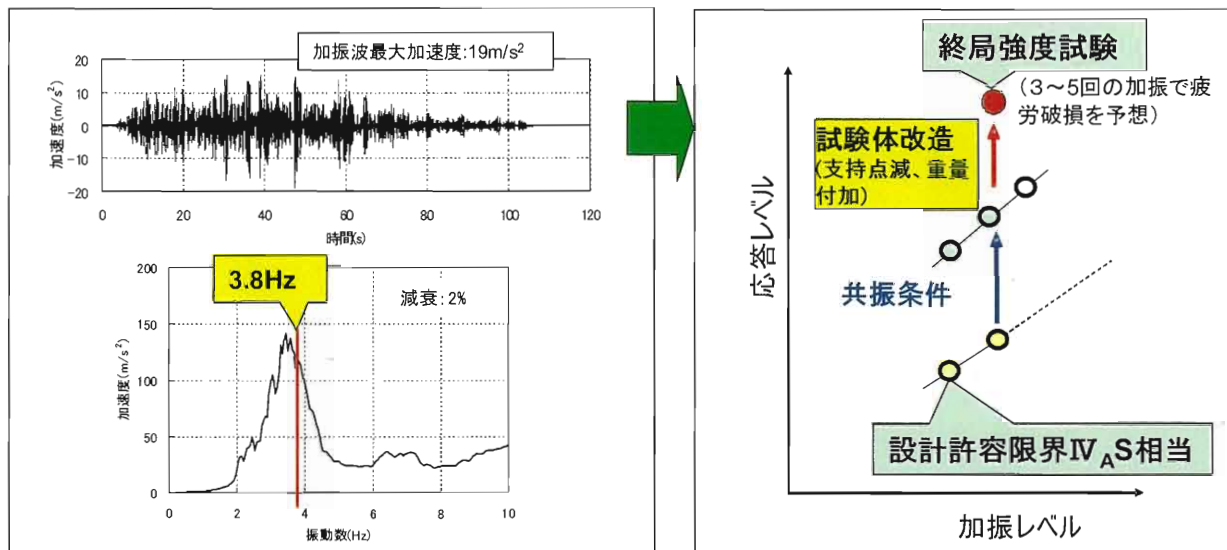
【目的】地震による水密性の確認、破壊に至る耐力の確認

実機配管系の構造的特徴及び振動特性を模擬した試験体



(2) 配管系終局強度試験

# 試験内容



- ・加振波はPWR原子炉建屋S<sub>2</sub>波(高地震帯)から作成した模擬地震波(共振するように時間軸補正)
- ・模擬地震波の加速度を割増して加振を繰返し実施
- ・振動数は、3.8Hz(初期状態)→ 3.6Hz(終局強度試験)に変化
- ・減衰(応答増のため一部サポートにボールベアリング使用)は、0.9%(初期状態)→ 約4.5%(終局強度試験)に変化

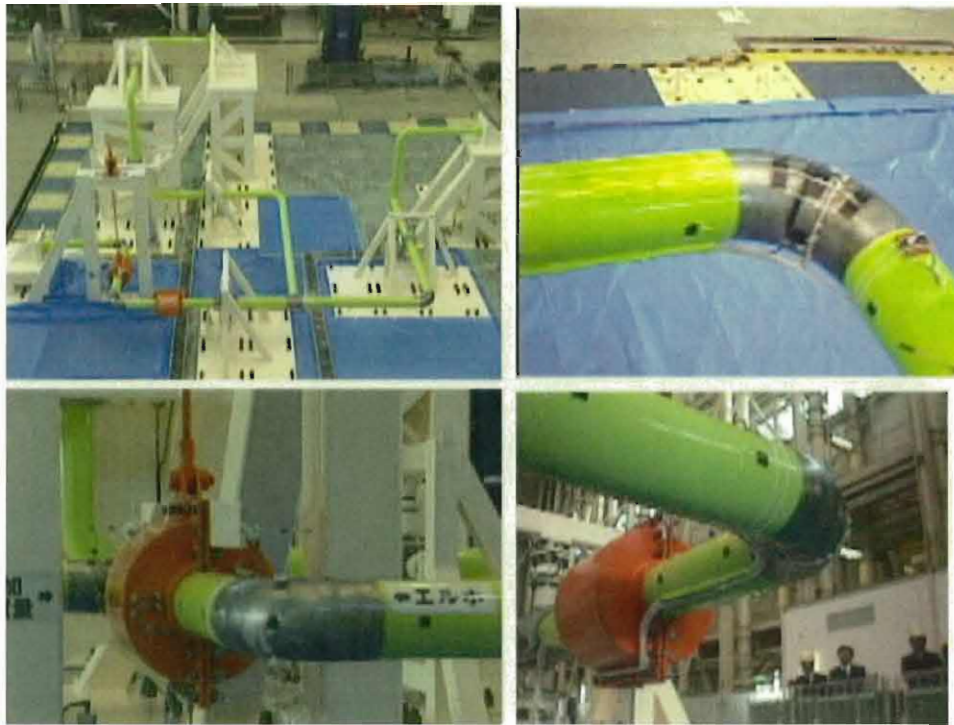
(2) 配管系終局強度試験

# 試験状況と結果

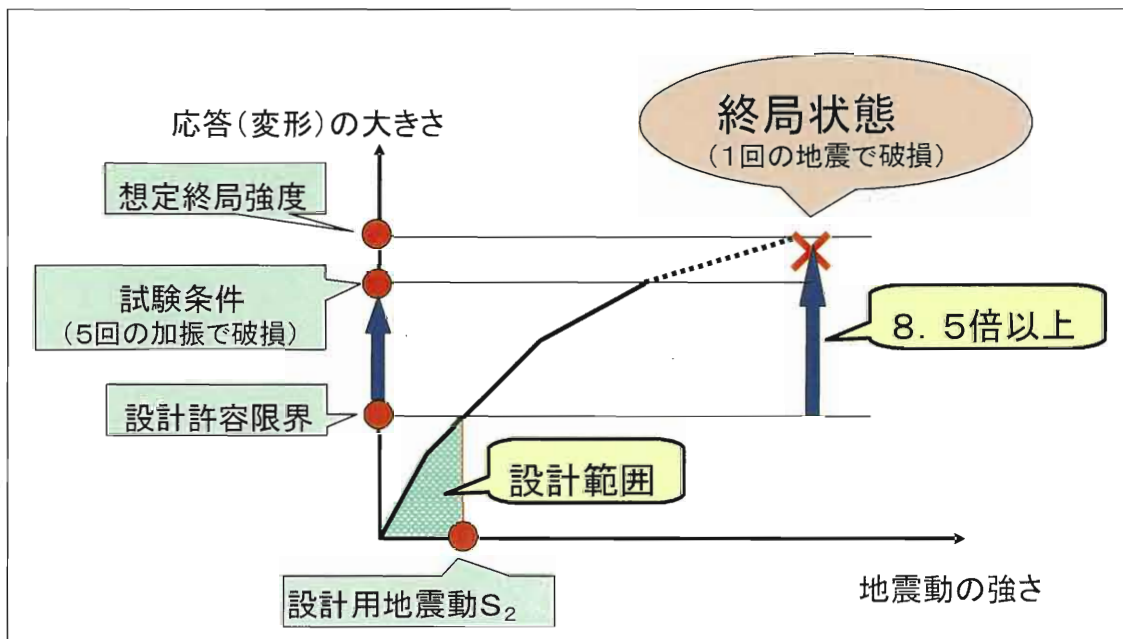
終局強度試験(設計許容限界の8.5倍の応答レベルで加振を繰返し)



# 終局強度試験ビデオ



# 試験結果の評価



注) 設計許容限界: 許容応力状態IV<sub>A</sub>S (原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601・補)

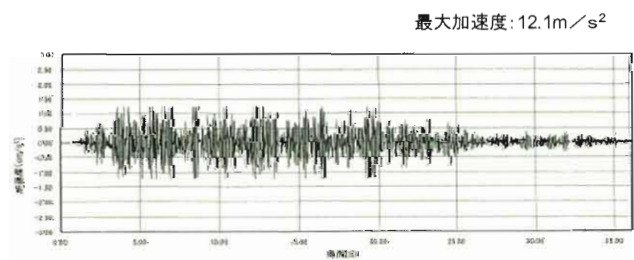
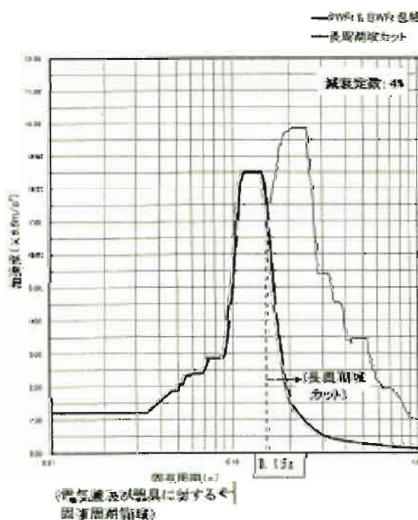
### (3) 電気盤の耐力試験

【目的】電氣的機能維持の限界確認、損傷モードの確認

電気盤(実寸)	質量(t)
中央制御盤	1.0
原子炉補助盤	2.5
論理回路制御盤	1.0
保護計器ラック	2.2
計装ラック	0.7
コントロールセンタ	0.6
パワーセンタ	4.0
メタルクラッド スイッチギヤ	5.6

(3) 電気盤の耐力試験

### 試験内容



模擬S<sub>2</sub>波

- ・加振波は国内BWR/PWRプラントのS<sub>2</sub>波包絡スペクトルから作成した模擬S<sub>2</sub>波(加振性能を考慮して長周期側スペクトルを低減)
- ・模擬S<sub>2</sub>波の加速度を段階的に割増しながら加振を実施
- ・固有振動数(大入力条件含む試験値)は30Hz以上(中央制御盤)、28Hz以上(原子炉補助盤)、15Hz以上(論理回路制御盤)、24Hz以上(保護計器ラック)、28Hz以上(計装ラック)、33Hz以上(コントロールセンタ)、14.5Hz以上(パワーセンタ)、12.5Hz以上(メタルクラッドスイッチギヤ)

# 試験状況



振動増幅装置仕様	
最大加速度	6 × 9.8m/s <sup>2</sup>
最大搭載質量	10ton

# パワーセンター試験ビデオ



(3) 電気盤の耐力試験

## 試験結果と評価

電気盤名称	入力加速度 (盤基礎上)	機能異常事象
コントロールセンタ	前後: $6.1 \times 9.8\text{m/s}^2$	補助リレー誤動作による電磁接触器の主接点開放
保護計器ラック	左右: $4.3 \times 9.8\text{m/s}^2$	ACコントローラカード内ミニチュアリレー誤動作
パワーセンタ	前後: $3.7 \times 9.8\text{m/s}^2$	遮断器誤投入(投入ボタンの振動)
	前後: $5.0 \times 9.8\text{m/s}^2$	遮断器損傷
メタルクラッド スイッチギヤ	前後: $2.5 \times 9.8\text{m/s}^2$	接地形計器用変圧器(GPT)の異常(ヒューズ脱落)
	前後: $4.7 \times 9.8\text{m/s}^2$	遮断器損傷
中央制御盤 原子炉補助盤 論理回路制御盤 計装ラック	$6.0 \times 9.8\text{m/s}^2$	異常なし

機能異常は部品の誤動作や損傷が主要因。補強対策を実施。試験で確認

(3) 電気盤の耐力試験

## 試験結果の評価

(補強対策、要素部品試験結果等を反映し再評価したもの)

電気盤名称	方向	機能維持限界 加速度(盤基礎上)	クリティカル部品(応答倍率)
中央制御盤	左右	$5.6 \times 9.8\text{m/s}^2$	フラットディスプレイ (1.7)
原子炉補助盤	前後	$9.8 \times 9.8\text{m/s}^2$	モジュールスイッチ (1.1)
論理回路制御盤	左右	$6.7 \times 9.8\text{m/s}^2$	電源装置 (1.7)
保護計器ラック	左右	$4.4 \times 9.8\text{m/s}^2$	ACコントローラカード (1.9)
計装ラック	左右	$4.2 \times 9.8\text{m/s}^2$	差圧伝送器 (2.5)
コントロールセンタ	前後	$4.5 \times 9.8\text{m/s}^2$	補助リレー (1.3)
パワーセンタ*	前後	$4.4 \times 9.8\text{m/s}^2$	遮断器 (1.0)
メタルクラッドスイッチギヤ*	左右	$4.2 \times 9.8\text{m/s}^2$	遮断器 (2.0)

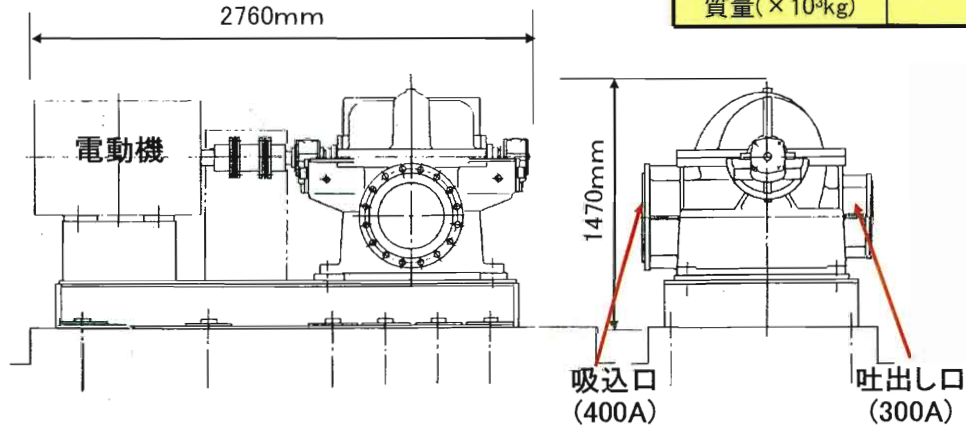
注) \* は部品固定等の補強対策実施後

# (4) 横形ポンプの耐力試験

【目的】動的機能(回転等)維持の限界確認、損傷モードの確認

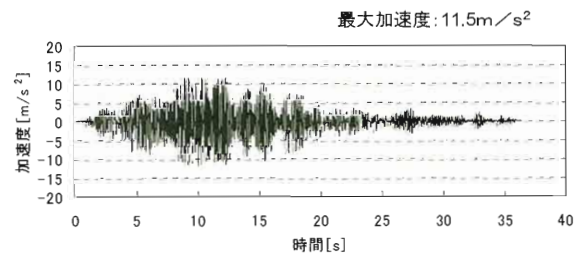
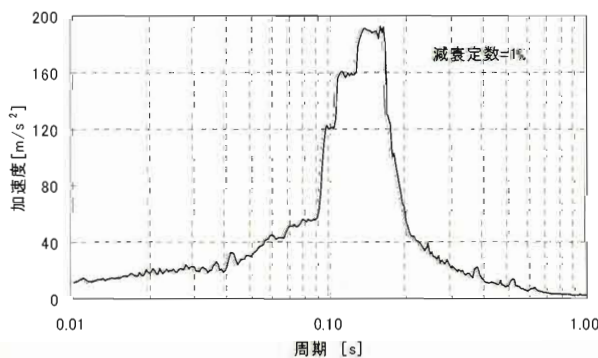
原子炉補機冷却水(RCW)ポンプ

実機試験体仕様(縮尺:1/1)	
ポンプ型式	両吸込単段うず巻型
全揚程(m)	55
流量(m <sup>3</sup> /h)	1250
回転数(rpm)	1800
質量(×10 <sup>3</sup> kg)	5.7



(4) 横形ポンプの耐力試験

## 試験内容



模擬S<sub>2</sub>波

**(A)ポンプ本体試験**

- ・加振波は国内BWR/PWRプラントのS<sub>2</sub>波包絡スペクトルから作成した模擬S<sub>2</sub>波(加振性能を考慮して長周期側スペクトルを低減)
- ・模擬S<sub>2</sub>波の加速度を段階的に割増しながら加振を実施

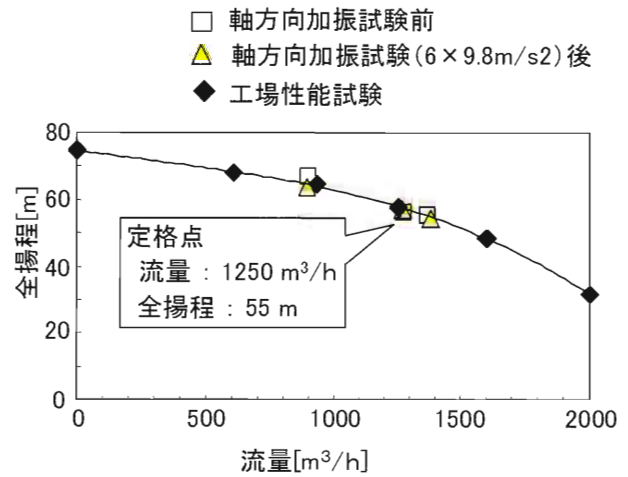
**(B)軸受け類要素試験**

- ・軸受けの動的耐力を試験

(4) 横形ポンプの耐力試験

# 試験状況と結果

## (A) ポンプ本体試験



最大入力加速度:  $6 \times 9.8 \text{ m/s}^2$



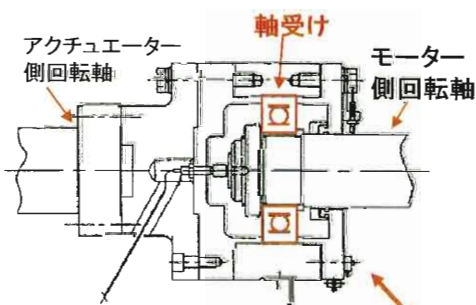
ポンプ機能に異常なし

ポンプ頂部、軸受箱ともに振動台加速度に対する応答倍率は1.2倍以内

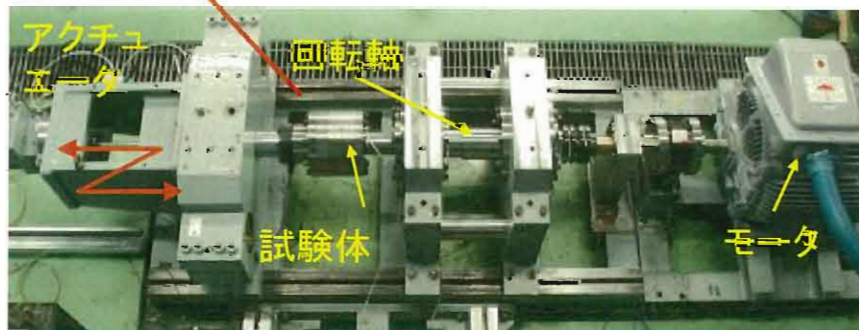
(4) 横形ポンプの耐力試験

## (B) 軸受類の要素試験

(横形ポンプに使われている軸受けの動的耐力を試験)



試験体	直径(mm)	個数	備考	
単段ポンプ用 (実機試験体)	ラジアル及びスラスト軸受	170	3	深溝玉軸受
		110	3	
		170	3	アンギュラ玉軸受
多段ポンプ用 (部分試験)	ラジアル軸受	80	3	すべり軸受 (スリーブ型)
	スラスト軸受	60	4	
		127	4	すべり軸受 (キングスベリー型)
	ライナリング	88	3	フラット型
		195	3	
	95.5	3	ねじ溝型	



回転軸方向試験の状況

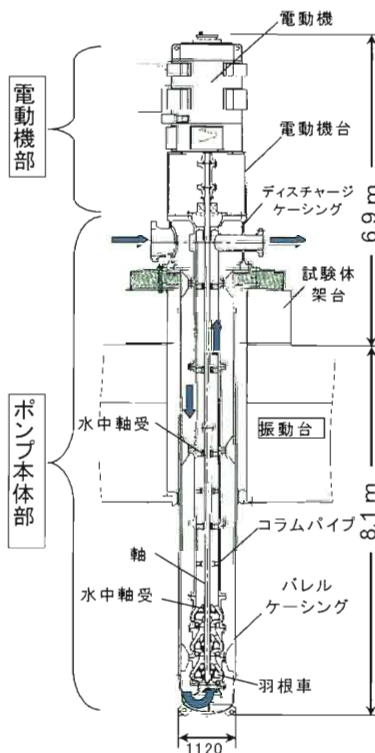
## 試験結果の評価

(軸受け要素試験結果を加味した横形単段ポンプの評価)

系統/仕様	機能維持限界 加速度(耐力)	既往研究での機能維持 確認済応答加速度
系統:RCW 定格容量:1250m <sup>3</sup> /h 質量:5700kg 軸受:6316(カップリング側) 6316(反カップリング側)	8.4 × 9.8m/s <sup>2</sup>	1.6 × 9.8m/s <sup>2</sup>

## (5) 大型立形ポンプの耐力試験

【目的】動的機能(回転等)維持の限界確認、損傷モードの確認

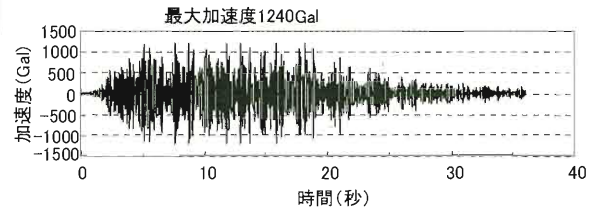
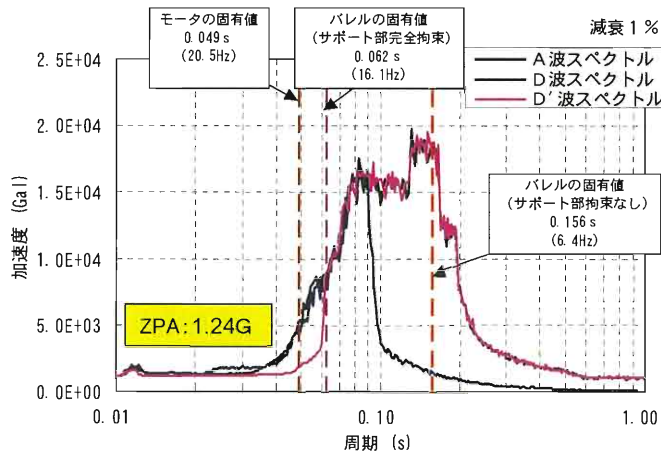


原子炉残留熱除去系(RHR)ポンプ

実機試験体仕様(縮尺:1/1)	
ポンプ型式	ピットバレル型
全揚程(m)	92
流量(m <sup>3</sup> /h)	1690
回転数(rpm)	1500
質量(×10 <sup>3</sup> kg)	42

(5) 大型立形ポンプの耐力試験

# 試験内容



模擬S<sub>2</sub>波の例(A波)

- ・加振波は国内BWR/PWRプラントのS<sub>2</sub>波包絡スペクトルから作成した模擬S<sub>2</sub>波(評価対象の固有値に応じてスペクトル調整)
- ・模擬S<sub>2</sub>波(A波,D波,D'波)の加速度を段階的に割増しながら加振を実施
- ・ポンプ(バレル系)の固有振動数(設計値)は、16.1Hz(バレルサポート拘束あり)、6.4Hz(同サポート拘束なし)
- ・モータの固有振動数(設計値)は20.5Hz
- ・バレルサポートギャップを段階的に変えて衝突の影響を把握

29

(5) 大型立形ポンプの耐力試験

# 試験状況



30

## 試験結果の評価

- (1) 実機加振試験における異常発生部位と発生時の加速度 ➡ 構造部材の降伏

部位	機能異常事象	発生時の応答加速度 (代表位置)	入力加速度 (加振波)
モータ (取付ボルト)	降伏	$12 \times 9.8\text{m/s}^2$ (モータ頂部)	$1.5 \times 9.8\text{m/s}^2$ (D波)
ポンプ (パレルサポート部相当)	降伏	$31 \times 9.8\text{m/s}^2$ (パレル先端)	$2.8 \times 9.8\text{m/s}^2$ (D'波)

- (2) 実機加振での異常部位補強後の機能維持確認加速度

部位	最大応答加速度	既往研究での機能維持 確認済応答加速度
モータ (頂部)	$14 \times 9.8\text{m/s}^2$	$2.5 \times 9.8\text{m/s}^2$
ポンプ (コラム先端)	$35 \times 9.8\text{m/s}^2$	$10 \times 9.8\text{m/s}^2$

## (6) PWR及びBWR制御棒挿入性試験

【目的】制御棒挿入性機能の限界確認、燃料集合体応答変位と挿入時間遅れの関係を確認



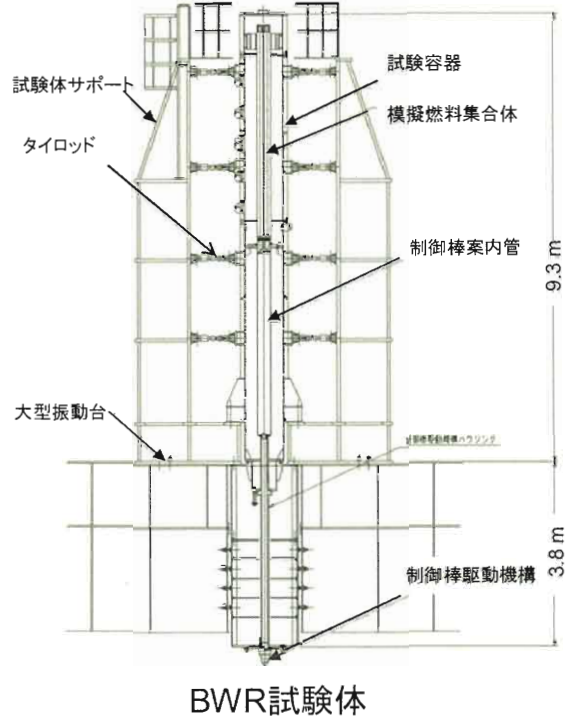
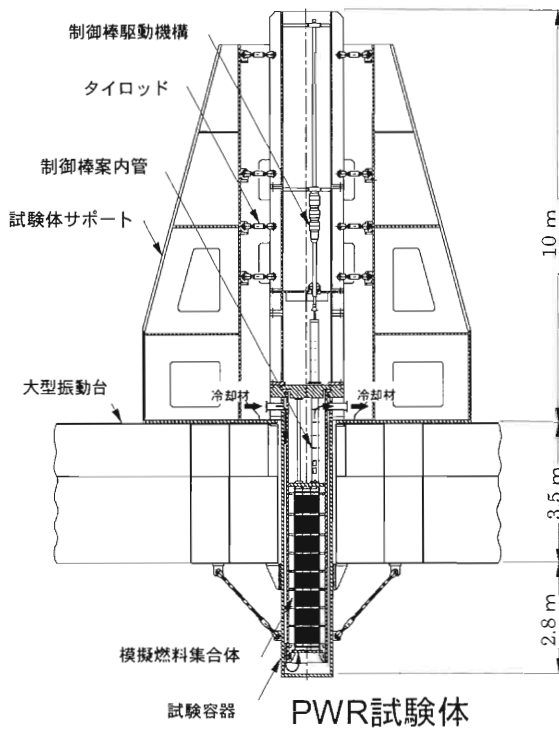
PWR試験体外観



BWR試験体外観

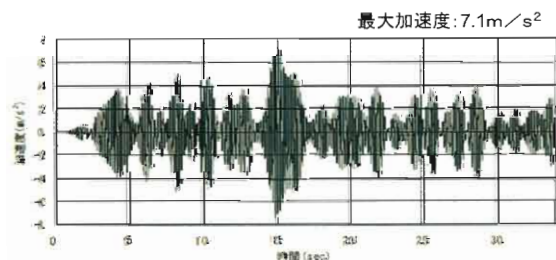
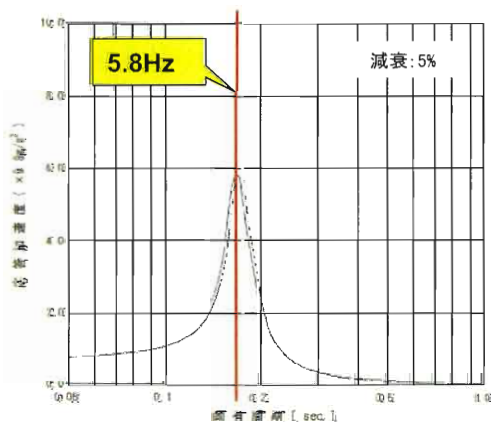
# 試験体概略図

制御棒、燃料集合体、制御棒駆動機構で構成 (縮尺: 1/1)



# 試験内容

## 【BWR制御棒挿入性試験】

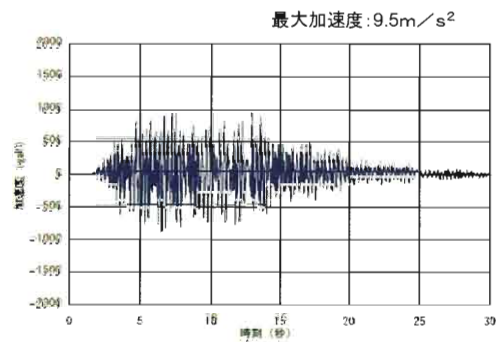
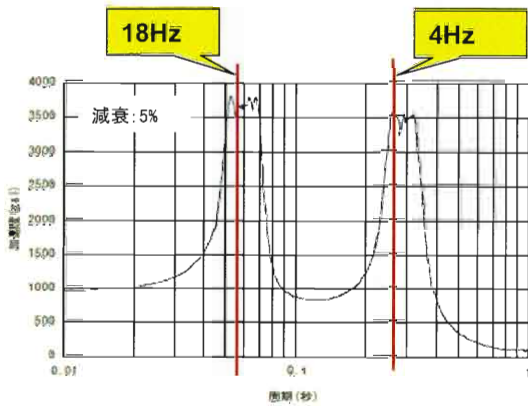


模擬S<sub>2</sub>波

- ・加振波は燃料集合体が共振する振動数のランダム波から作成した模擬S<sub>2</sub>波(加速度は国内BWRプラントの応答加速度を包絡)
- ・模擬S<sub>2</sub>波の加速度を段階的に割増しながら加振を実施
- ・燃料集合体の振動数は、4.8Hz(初期状態)→5.8Hz(入力加速度: 6m/s<sup>2</sup>)に変化

# 試験内容

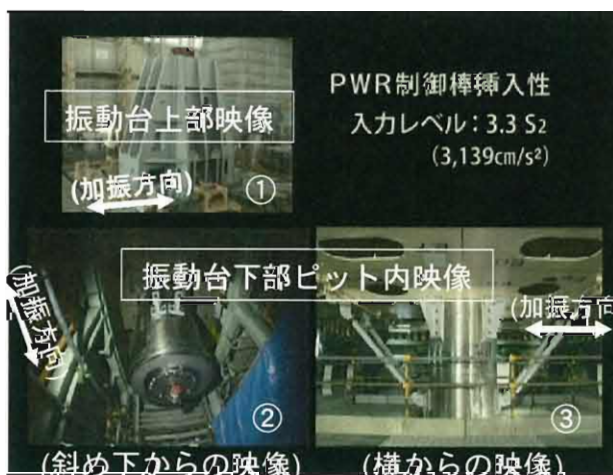
## 【PWR制御棒挿入性試験】



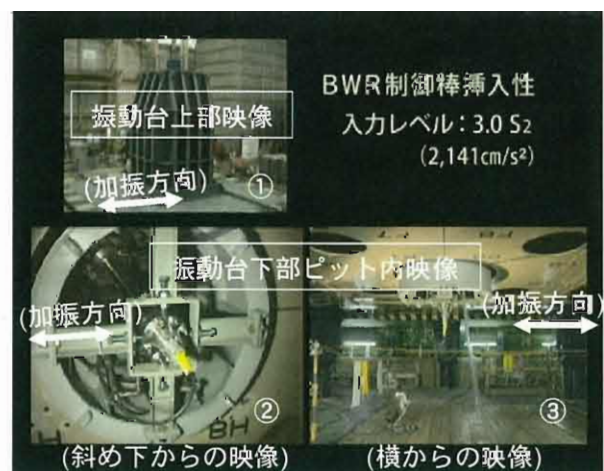
模擬S<sub>2</sub>波

- ・加振波はPWRプラントS<sub>2</sub>波から作成した模擬S<sub>2</sub>波(評価対象の固有値に応じてスペクトル調整)
- ・模擬S<sub>2</sub>波の加速度を段階的に割増しながら加振を実施
- ・燃料集合体の固有振動数は 4.0Hz(初期状態)
- ・CRDMの振動数は15.6Hz( 1S2試験)、→約18Hz( 3S2試験)に変化

# 試験状況



【PWR制御棒挿入性試験】



【BWR制御棒挿入性試験】

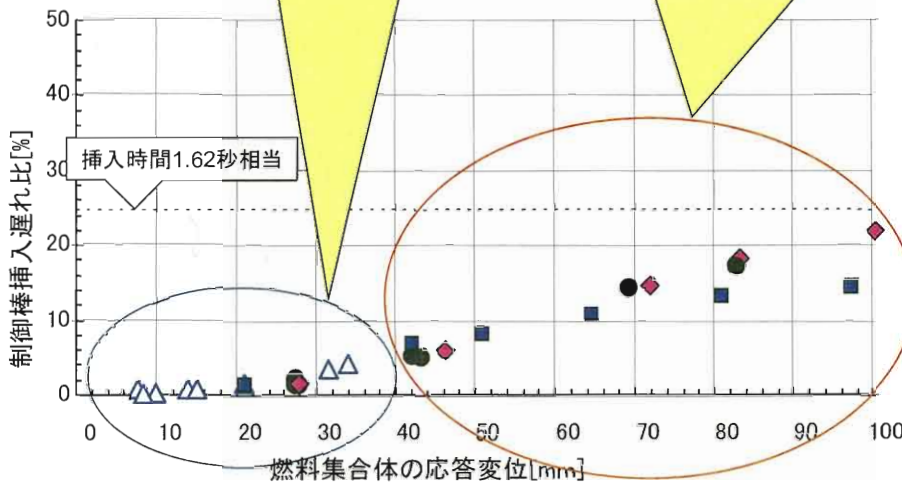
## 試験結果の評価(BWR制御棒挿入性)

**【実証試験との比較】**

・既往試験(NUPEC耐震実証試験)範囲の時間遅れはほぼ一致

**【機能維持限界試験:本試験】**

・模擬S<sub>2</sub>波の4倍まで加振  
・燃料集合体応答変位80mm強まで異常確認されず



**実機条件解析結果**

- :高温
  - ◆:常温
  - :常温
  - △:常温
- 試験条件解析結果  
今回試験データ  
従来試験データ

燃料集合体応答変位と制御棒挿入時間遅れ比の関係

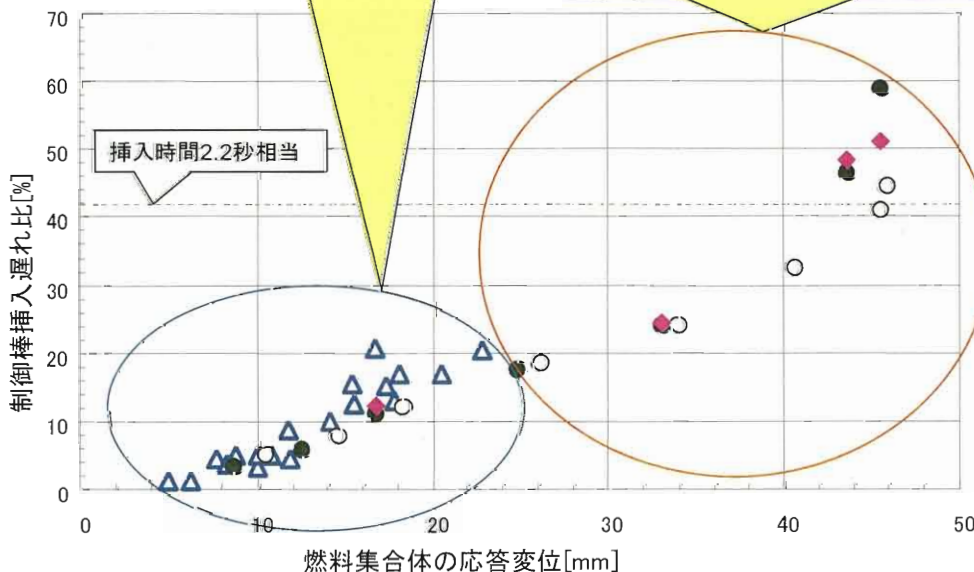
## 試験結果の評価(PWR制御棒挿入性)

**【実証試験との比較】**

・既往試験(NUPEC実証試験)範囲の時間遅れはほぼ一致

**【機能維持限界試験:本試験】**

・模擬S<sub>2</sub>波の3.3倍まで加振  
・燃料集合体応答変位40mm強まで異常確認されず



**再現解析結果**

- ◆:常温、流水
  - :常温、流水
  - :常温、静水
  - △:常温、静水
- 今回試験データ  
既往試験データ

燃料集合体応答変位と制御棒挿入時間遅れ比の関係

# (7) 天井クレーン耐力試験(結果分析中)

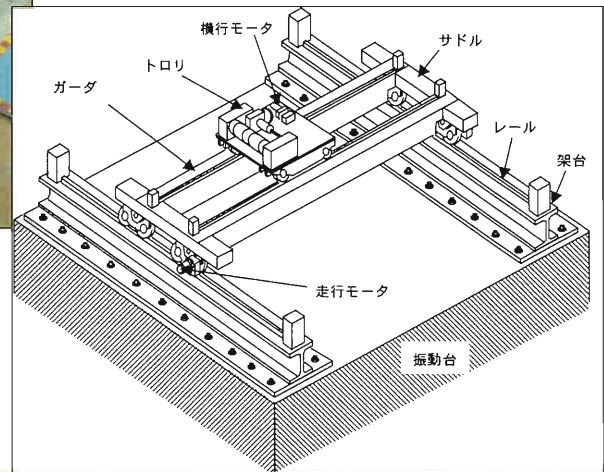


## クレーン耐力試験体外観

対象: BWR原子炉建屋天井クレーン  
縮尺: 1/2.5 重量: 約110トン  
主要寸法: ガーダ長さ約18m

## 【目的】

- ・クレーン損傷モードと耐力評価
- ・すべり／浮上り／衝突の挙動把握
- ・落下防止対策の有効性確認
- ・中越沖地震における挙動把握



39

(7) 天井クレーン耐力試験

## 試験条件

入力波の違いによる影響を把握するため2波を使用し、水平2軸+上下の3方向を同時加振

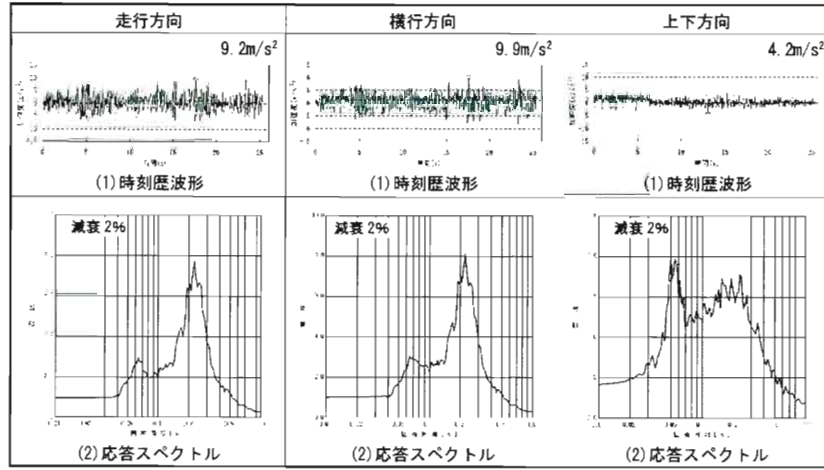
- ①振動台試験で一般的に用いている模擬地震波(改良標準化波)
- ②平成19年新潟県中越沖地震での観測波(6号機中間階)

試験項目	目的	加振条件	加振方向	加振レベル
予備加振試験	センサーの機能確認	正弦波 (1Hz)	水平(走行) 水平(横行) 上下	0.1G
振動特性把握試験	線形範囲での試験体の特性把握	ランダム波	水平(走行) 水平(横行) 上下	0.1G
地震波すべり試験	地震波によるガーダ及びトロリのすべり挙動の確認	地震波	水平(走行) 水平(横行) 水平(走行+横行)	0.5/1.0/1.5S2
地震波浮上り試験	地震波によるガーダ及びトロリの浮上り挙動の確認	地震波	上下	0.5/1.0/1.5S2
地震波加振試験	地震波によるガーダ及びトロリのすべり／浮上り挙動の確認	地震波	水平(走行)+上下	0.5/1.0/1.5S2
			水平(横行)+上下	
			水平(走行・横行)+上下	
中越沖地震観測波加振試験	中越沖地震観測波に対する挙動の確認	中越沖地震観測波	水平(走行・横行)+上下	1.2倍, 1.5倍
走行車輪トルク確認試験	地震時の走行車輪に作用するトルクの確認	地震波	水平 水平(走行)+上下 水平(走行・横行)+上下	1.0S2
			中越沖地震観測波	
クレーン耐力確認試験	クレーンの損傷モード及び耐力の確認	地震波	水平(走行・横行)+上下	振動台加振性能限界

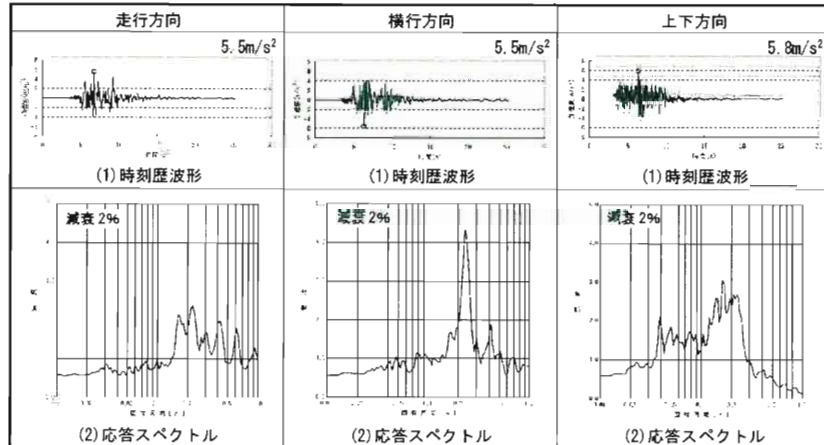
40

(7) 天井クレーン耐力試験

①入力波  
模擬地震波

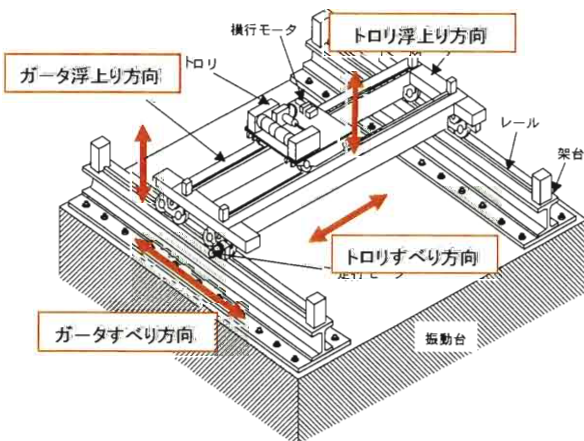


②入力波  
中越沖観測波



(7) 天井クレーン耐力試験

試験結果(速報値:結果分析中)



注1: 数値は速報用の値であり、今後の詳細評価により変更となる可能性があります。

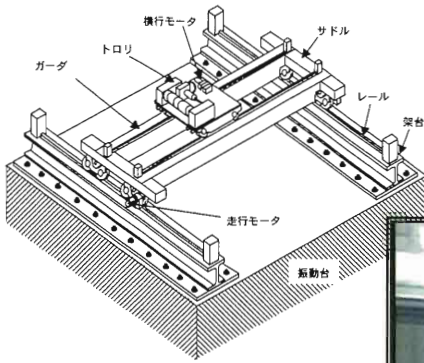
試験体固有振動数 (Hz)注1		
走行方向	横行方向	上下方向
6.0	20.0	5.2

入力波条件	最大すべり量(mm)注1		最大浮上り量(mm)注1	
	トロリ	ガーダ	トロリ	ガーダ
中越沖観測波(記録波の1.5倍)	170	333	56	25
耐力確認 模擬地震波(水平1.4倍、上下5.1倍)	970	131	160	60

トロリ、ガーダの車輪が浮上がる場合も、脱線防止ラグが有効に働き脱輪することはなく、落下防止対策の有効性が確認された。

(7) 天井クレーン耐力試験

# クレーン試験体全景



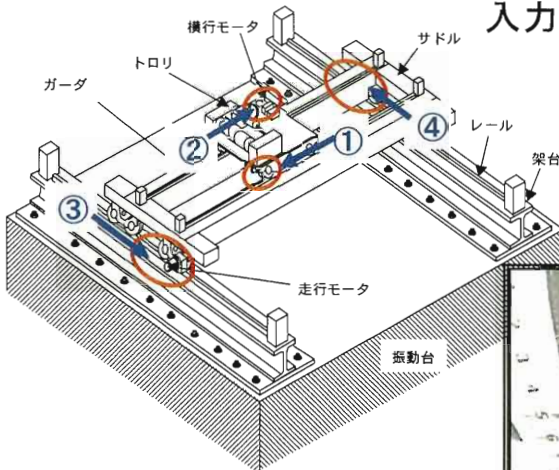
入力地震波: 模擬地震波 (水平1.4倍、上下5.1倍)



(7) 天井クレーン耐力試験

# トロリ車輪部及びガーダ車輪部の拡大映像

入力地震波: 模擬地震波 (水平1.4倍、上下5.1倍)



①の映像 (トロリ車輪1)	②の映像 (トロリ車輪2)
③の映像 (ガーダ車輪1)	④の映像 (ガーダ車輪2)



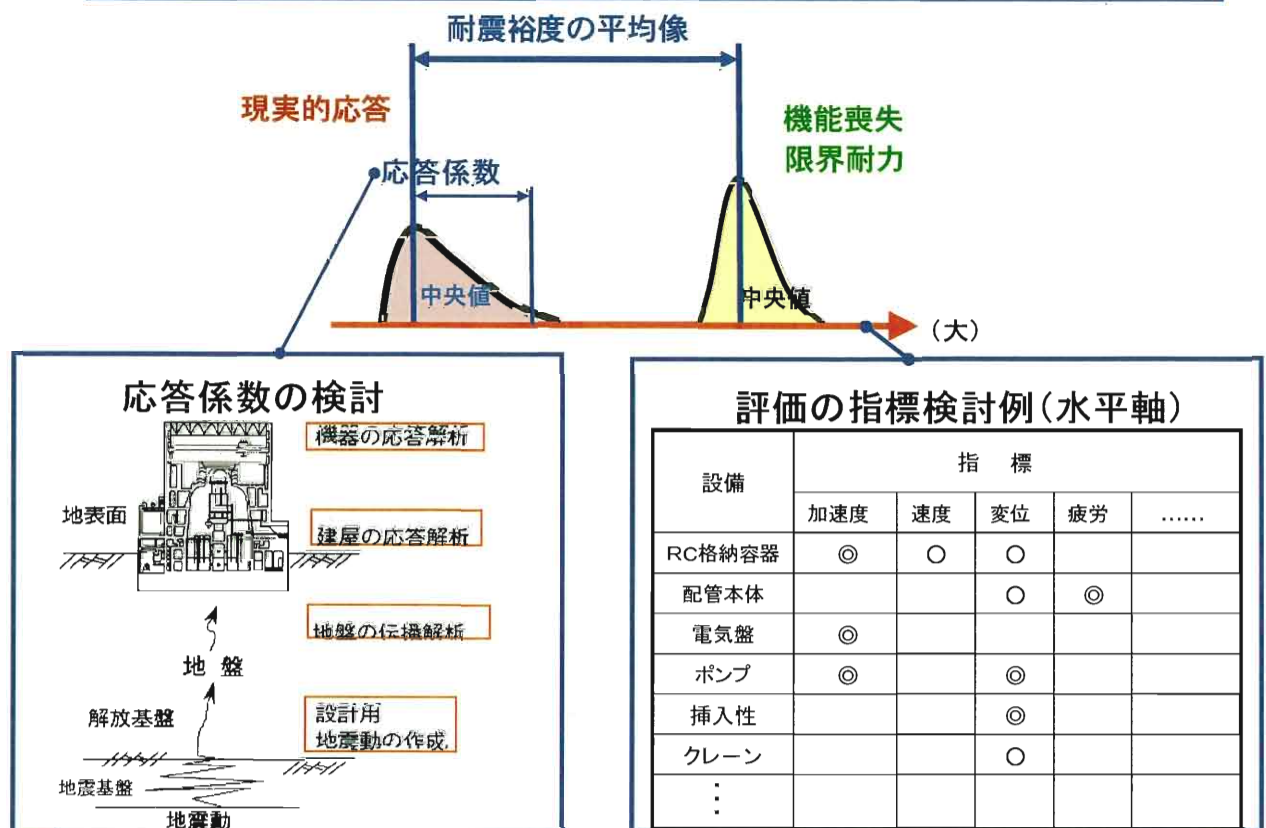
## 5. まとめ(試験結果の評価)

試験名称		試験結果の評価の要点
(1)	コンクリート製格納容器	コンクリート部が <b>破壊</b> するまで漏洩防止機能が保たれる。 破壊レベルはPCCVで約 $6S_2$ 、RCCVで約 $7S_2$ 。
(2)	配管系終局強度	破損レベルは最大応答で許容限界( $IV_{AS}$ )の8.5倍以上(加振を5回繰り返した時点でエルボが <b>疲労破壊</b> )
(3)	電気盤の耐力	耐力( <b>機能喪失</b> )は中央制御盤、原子炉補助盤、論理回路制御盤で約5G以上(盤基座上 <b>加速度</b> )。保護計器ラック、計装ラック、コントロールセンタ、パワーセンタ、メタクラでは、約4G( <b>部品の誤動作</b> に対する補強対策実施)。
(4)	横形単段ポンプの耐力	耐力( <b>軸受機能限界</b> )はで8.4G(ポンプ基座上加速度)。
(5)	大型立形ポンプの耐力	耐力( <b>部材降伏</b> )は12G(モーター頂部応答加速度)、31G(バレル先端応答加速度)。
(6)	制御棒挿入性試験	PWR: 燃料集合体 <b>応答変位</b> で40mm強まで挿入性を確認。 BWR: 燃料集合体 <b>応答変位</b> で80mm強まで挿入性を確認。
(7)	クレーン耐力	すべり/浮上り/衝突の複合的な非線形挙動。 <b>浮上り</b> 落下防止対策の有効性を確認

設備特性により耐力(機能限界)のモードが異なる

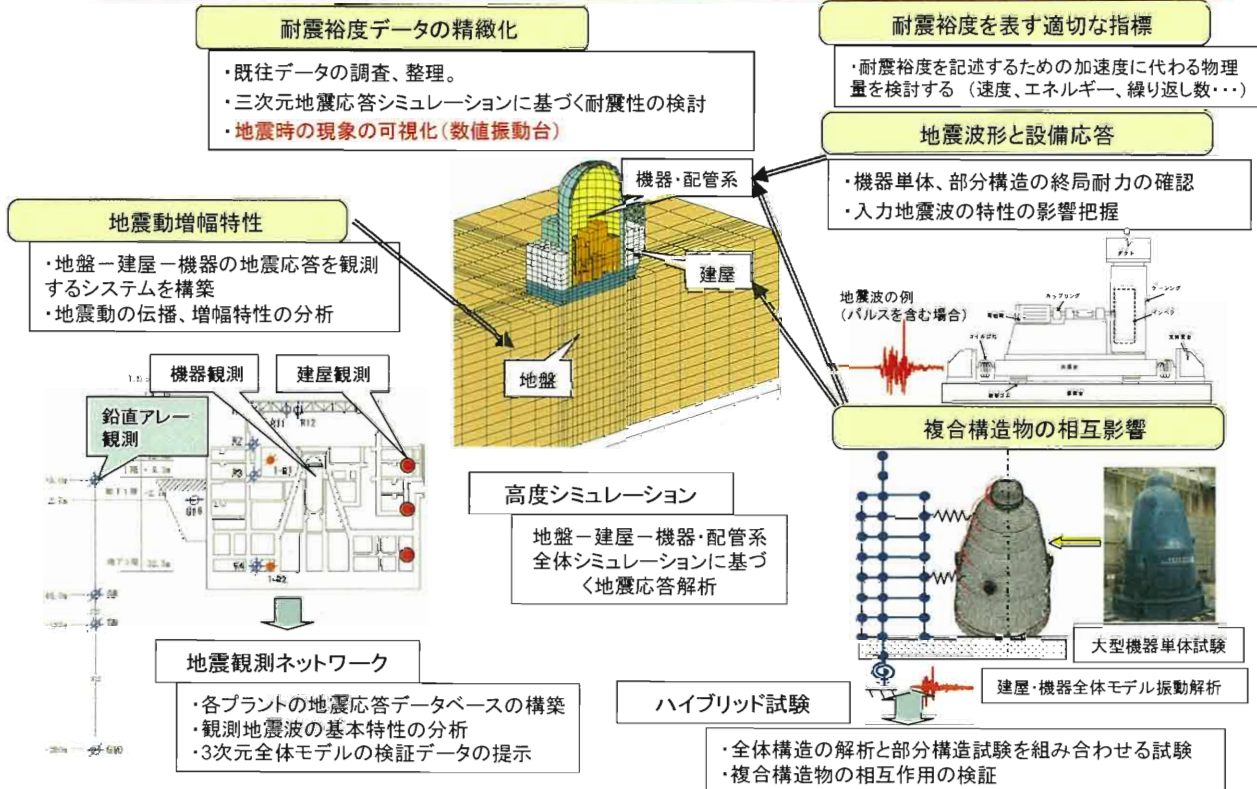
➡ **設備全体を統括して耐震余裕を表す指標が必要**

## 6. JNESの耐震余裕に関する検討項目 (1/2)



## 6. JNESの耐震裕度に関する検討項目 (2/2)

機能限界を見極める耐力データを取得し、三次元シミュレーションに基づく地震応答解析により、発電設備全体としての耐震裕度を明らかにする。



## 7. まとめ(結果の活用)

