



# 志賀原子力発電所の耐震安全性について

---

平成21年3月  
北陸電力株式会社

# 目次

## 1. 志賀原子力発電所2号機

新耐震指針に照らした耐震安全性評価  
(中間報告の概要)

## 2. 志賀原子力発電所1号機

耐震裕度向上工事の実施

## 3. 志賀原子力発電所1号機

新耐震指針に照らした耐震安全性評価  
(中間報告の概要)

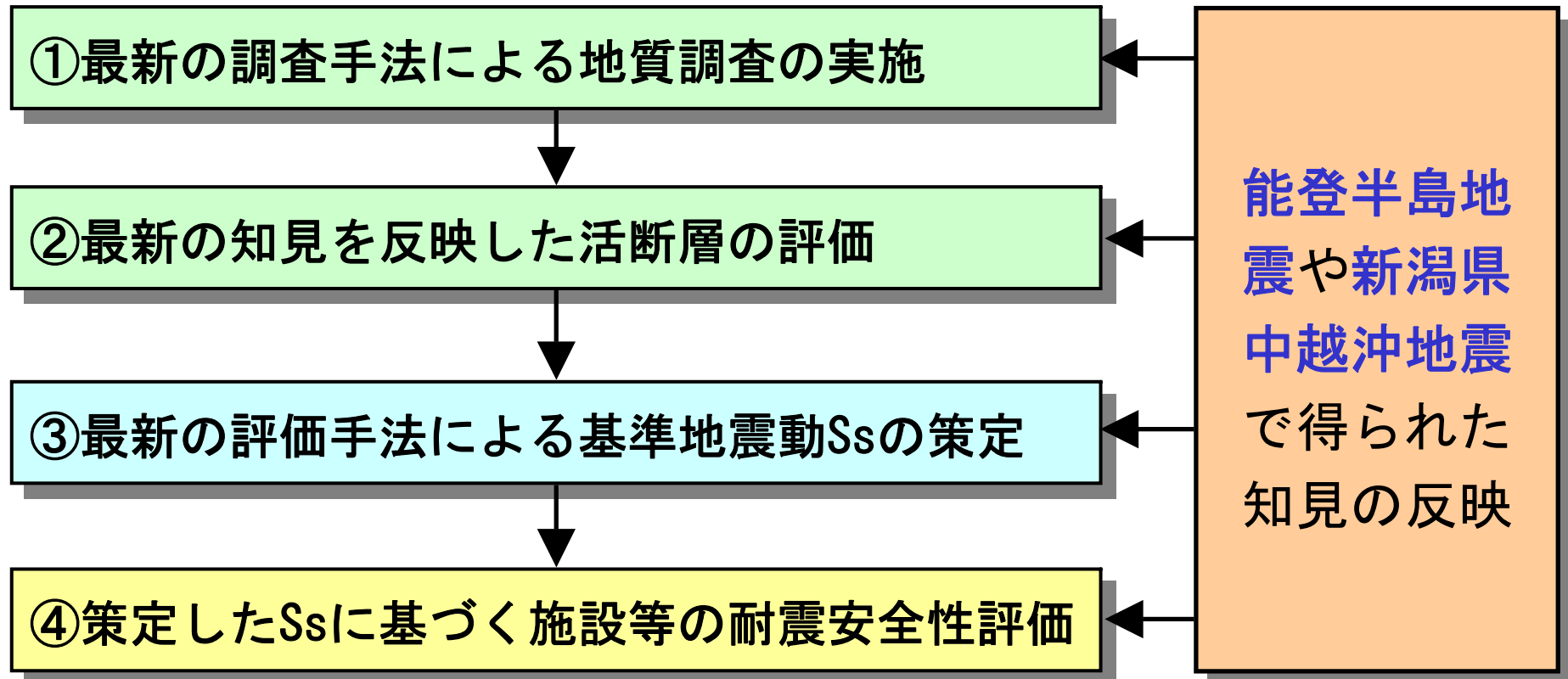
# 1. 志賀原子力発電所2号機

新耐震指針に照らした耐震安全性評価

(中間報告の概要)

---

## (1) 耐震安全性評価の流れ

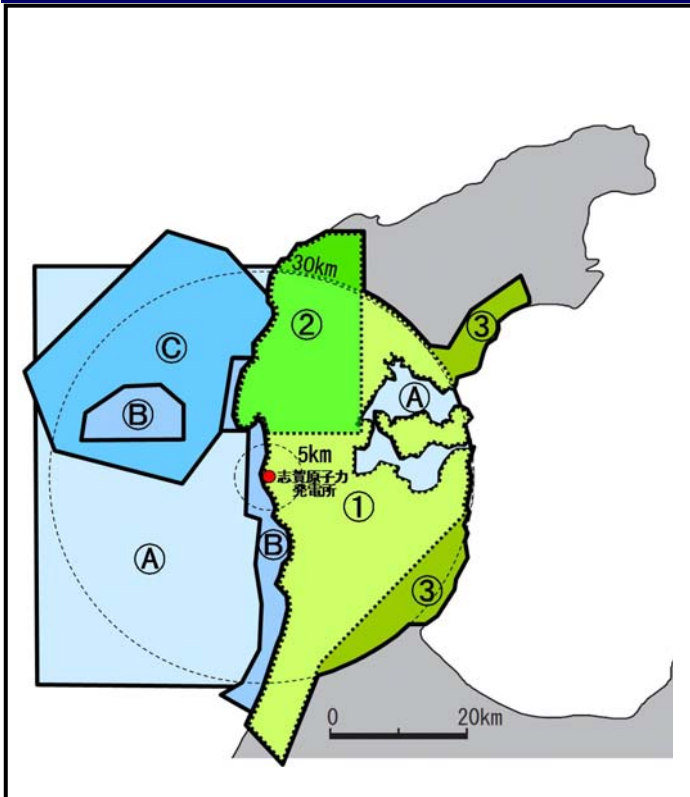


## (2) 地質調査

新しい調査手法を導入し、詳細な地質調査を実施

既存データに加え、「新耐震指針」や「活断層等に関する安全審査の手引き」を踏まえ、変動地形的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を適切に組み合わせて調査を実施

調査・解析範囲(新指針)



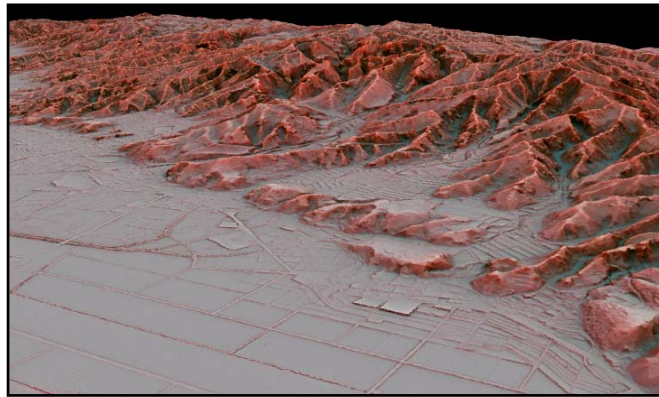
分類	調査項目	範囲	
変動地形的調査	空中写真判読	①、②、③	
	航空レーザ計測	①、② 能登半島地震後②	
地表地質調査	地表地質踏査	①、②、③	
	トレンチ・表土剥ぎ調査等		
地球物理学的調査	高密度重力探査	①、②、③ 他	
	反射法地震探査 地中レーダ探査	主要断層	
	微動アレー探査	敷地近傍	
	海上音波探査	既存記録再解析	①
		沿岸域等の探査	②
		各種研究機関による探査	能登半島地震後③

# ▶ 詳細な地質調査

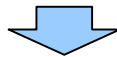
## 航空レーザー計測



航空機に搭載したレーザー測距装置等を使用し、地表を三次元で計測。樹木のある場所でも、地表面の座標を計ることが可能。



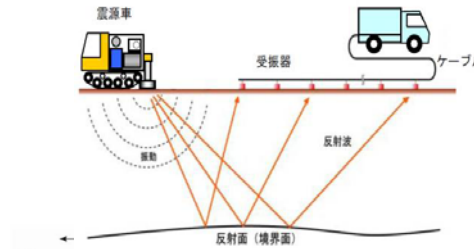
航空レーザー計測から作成した赤色立体地図  
(例: 邑知瀧南縁断層帯)



精密な微地形情報を把握し、これを基に変動地形を詳細に分析

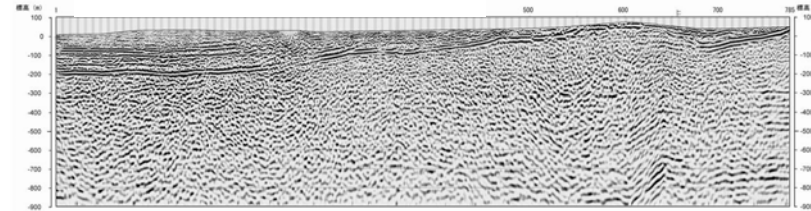
## 反射法地震探査、高密度重力探査

### 反射法地震探査



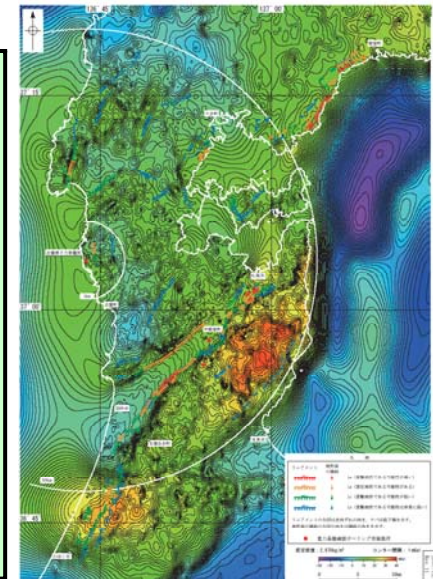
地下深部の地質構造を把握。

断層の有無や性状を把握



### 高密度重力探査

- ・ 能登半島は、新第三紀以降の地層が基盤の花崗岩を直接覆っており、これらの密度差は大きい。
- ・ 重力探査は、このように密度差が大きい能登半島の地下構造を把握するのに適した手法であることから、半径30km内の全陸域で実施



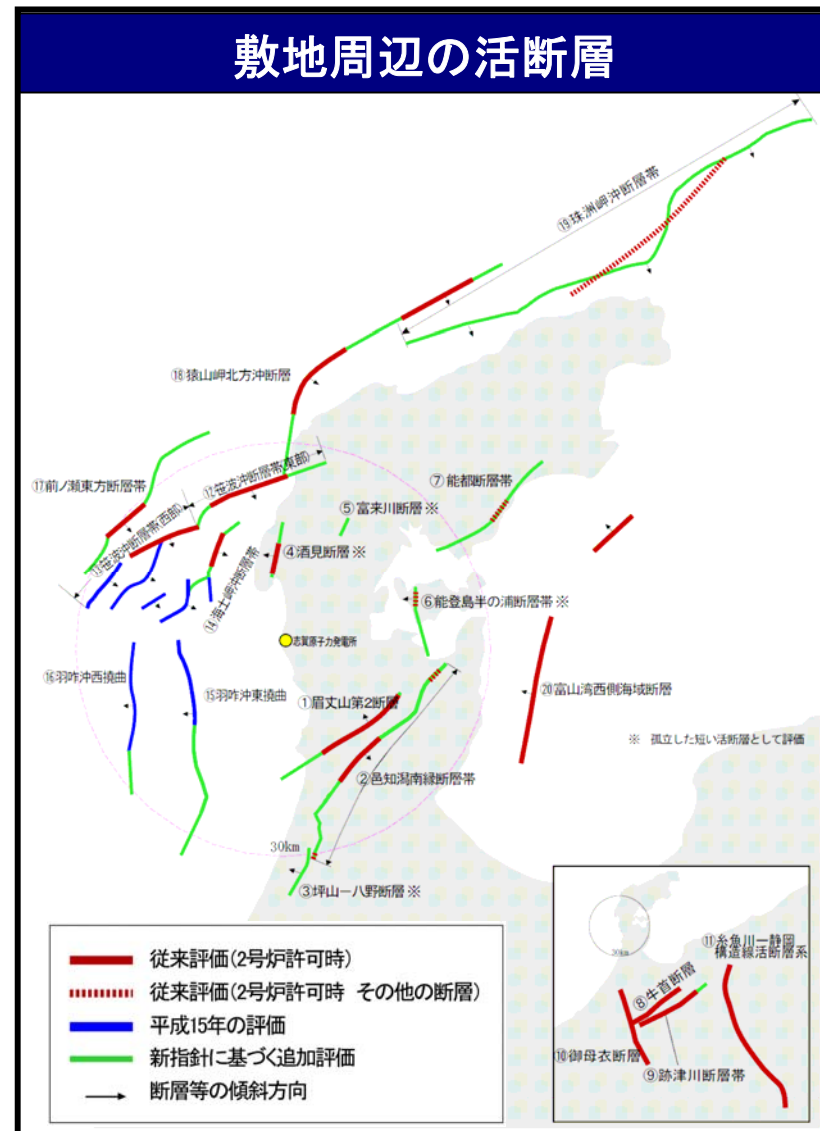
### (3) 新耐震指針に照らした活断層評価

活断層の評価にあたっては、「新耐震指針」や「中越沖地震を踏まえ反映すべき事項」の趣旨を踏まえ、活断層長さを長く評価するなど、より安全側に評価。

	新耐震指針における評価			設置許可申請書記載の断層長さ
	断層名	長さL	M	
陸域	① 眉丈山第2断層	19 km	7.0	12 km
	② 呂知潟南縁断層帯	34 km	7.4	8km(石動山断層)
	③ 坪山一八野断層	10 km	6.9※ <sup>1</sup>	-(影響小)
	④ 酒見断層	9.1 km	6.9※ <sup>1</sup>	4.6 km
	⑤ 富来川断層	3.0 km	6.9※ <sup>1</sup>	-(影響小)
	⑥ 能登島半の浦断層帯	10 km	6.9※ <sup>1</sup>	-(影響小)
	⑦ 能都断層帯	20 km	7.0	-(影響小)
	⑧ 牛首断層	56 km	7.7	56 km
	⑨ 跡津川断層帯	69 km	7.9	60 km
	⑩ 御母衣断層	70 km	7.9	70 km
	⑪ 糸魚川-静岡構造線活断層系		M8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ※ <sup>2</sup>	
海域	⑫ 笹波冲断層帯(東部)	21 km	7.0	12 km (F-14)
	⑬ 笹波冲断層帯(西部)	22 km	7.1	11 km (F-16)
	⑭ 海士岬断層帯	18 km	6.9	5.5 km (F-17)
	⑮ 羽咋冲東撓曲	32 km	7.3	褶曲として図示
	⑯ 羽咋冲西撓曲	23 km	7.1	褶曲として図示
	⑰ 前ノ瀬東方断層帯	30 km	7.3	7.5 km (F-12)
	⑱ 猿山岬北方冲断層	49 km	7.7	12 km, 12.5 km
	⑲ 珠洲岬冲断層帯	69 km	7.9	-(影響小)
	⑳ 富山湾西側海域断層	22 km	7.1	22 km

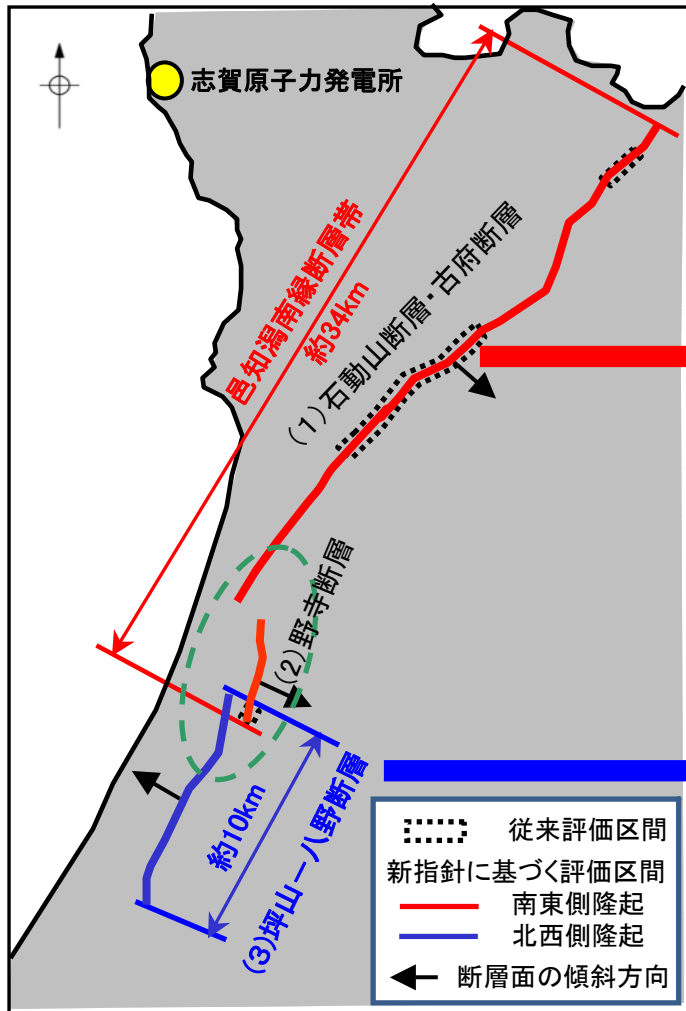
※1) 孤立した短い活断層として評価。

※2) 地震調査委員会が評価した最大マグニチュードを適用。



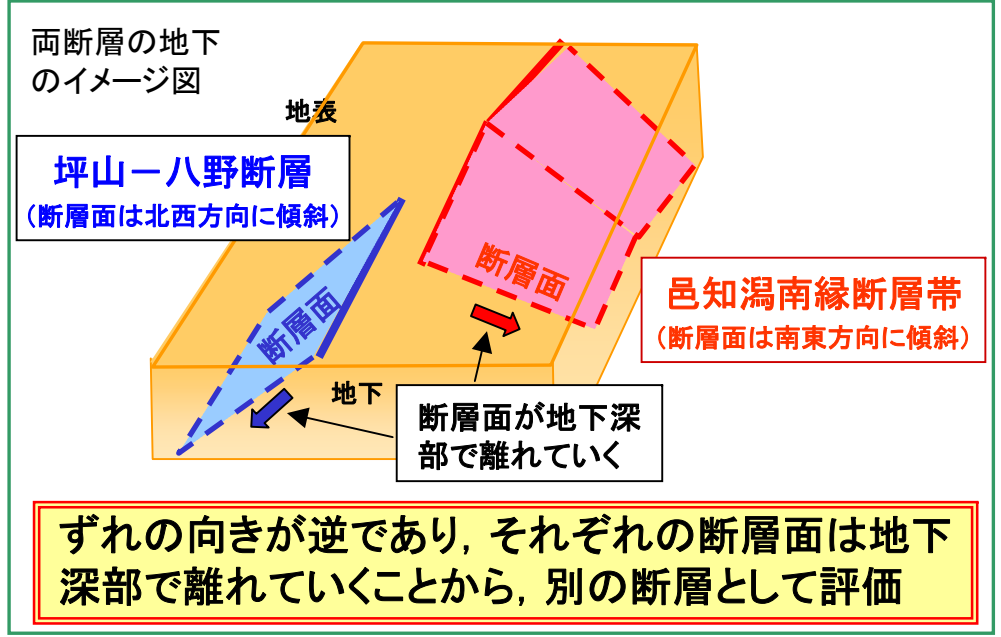


# 《例1》邑知潟断層帯の評価



なお、参考として、地震調査委員会による知見（長さ約44km）に基づく地震動について試算し、基準地震動 $S_s$ を下回ることを確認。

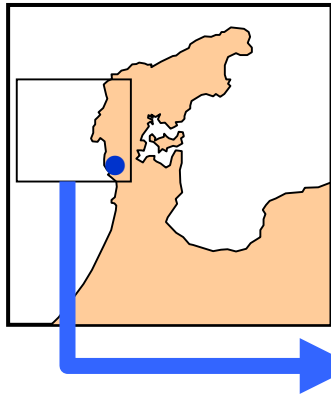
**邑知潟南縁断層帯（南東側隆起の逆断層）**  
 (1)石動山断層・古府断層 (2)野寺断層  
 野寺断層北部と石動山断層・古府断層とを一括して南東側隆起の逆断層である邑知潟南縁断層帯(約34kmの区間)として評価。



**(3)坪山一八野断層（北西側隆起の逆断層）**  
 リニアメント・変動地形が判読できる区間(約10kmの区間)を北西側隆起の逆断層として評価。

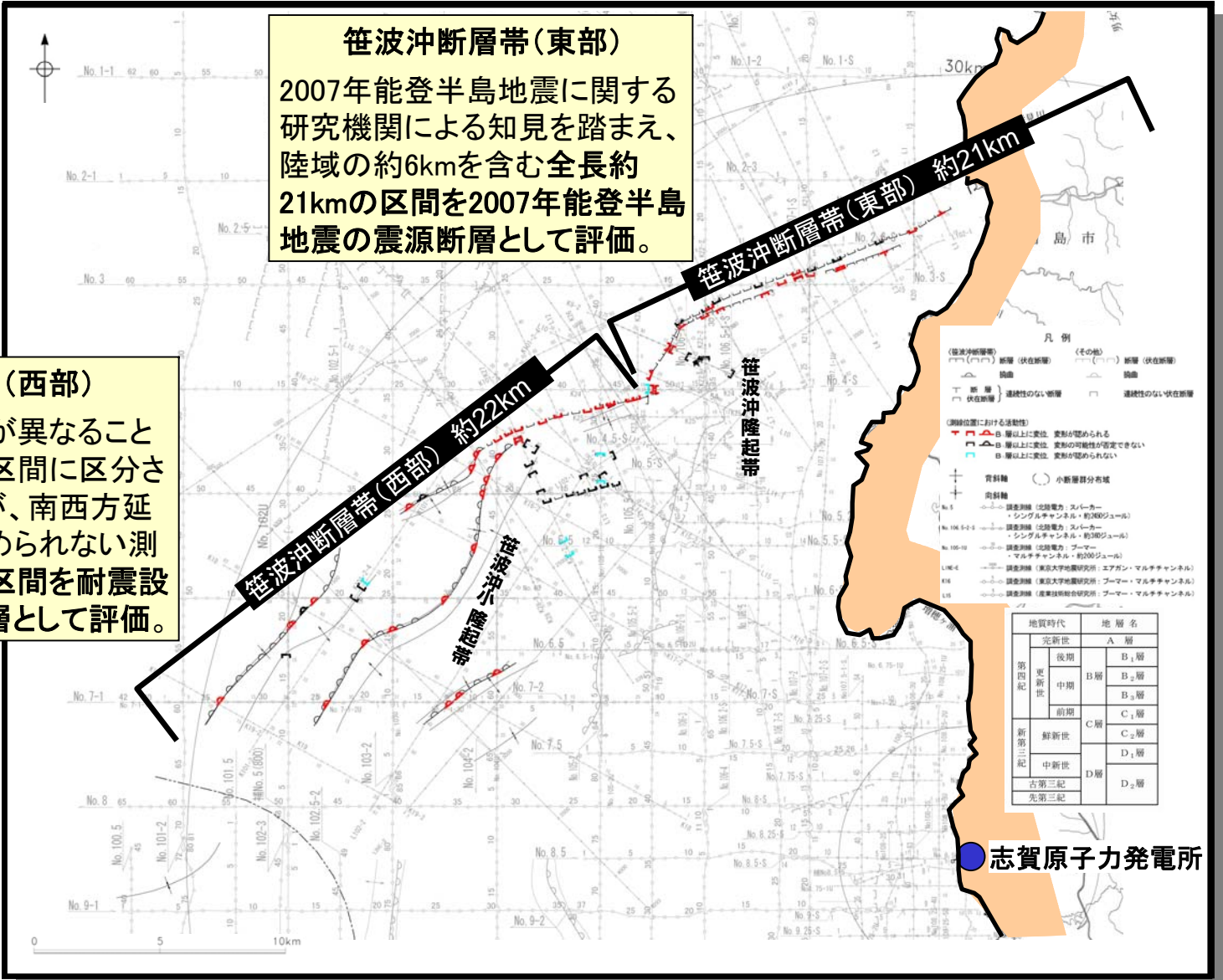


# 《例2》笹波沖断層帯の評価



**笹波沖断層帯(西部)**  
 走向や断層形態等が異なること等により2つの活動区間に区分される可能性があるが、南西方延長で褶曲構造が認められない測線までの約22kmの区間を耐震設計上考慮する活断層として評価。

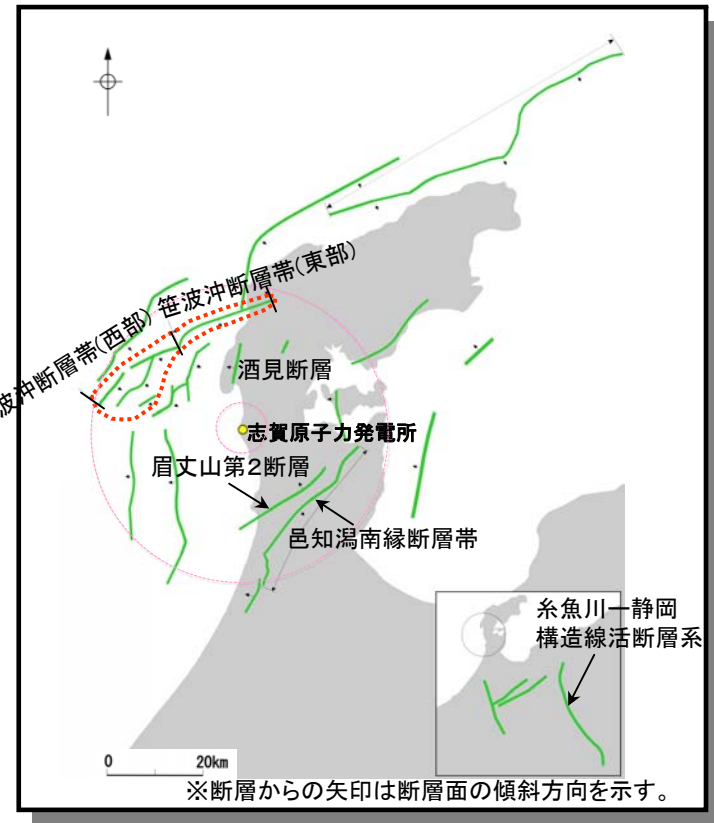
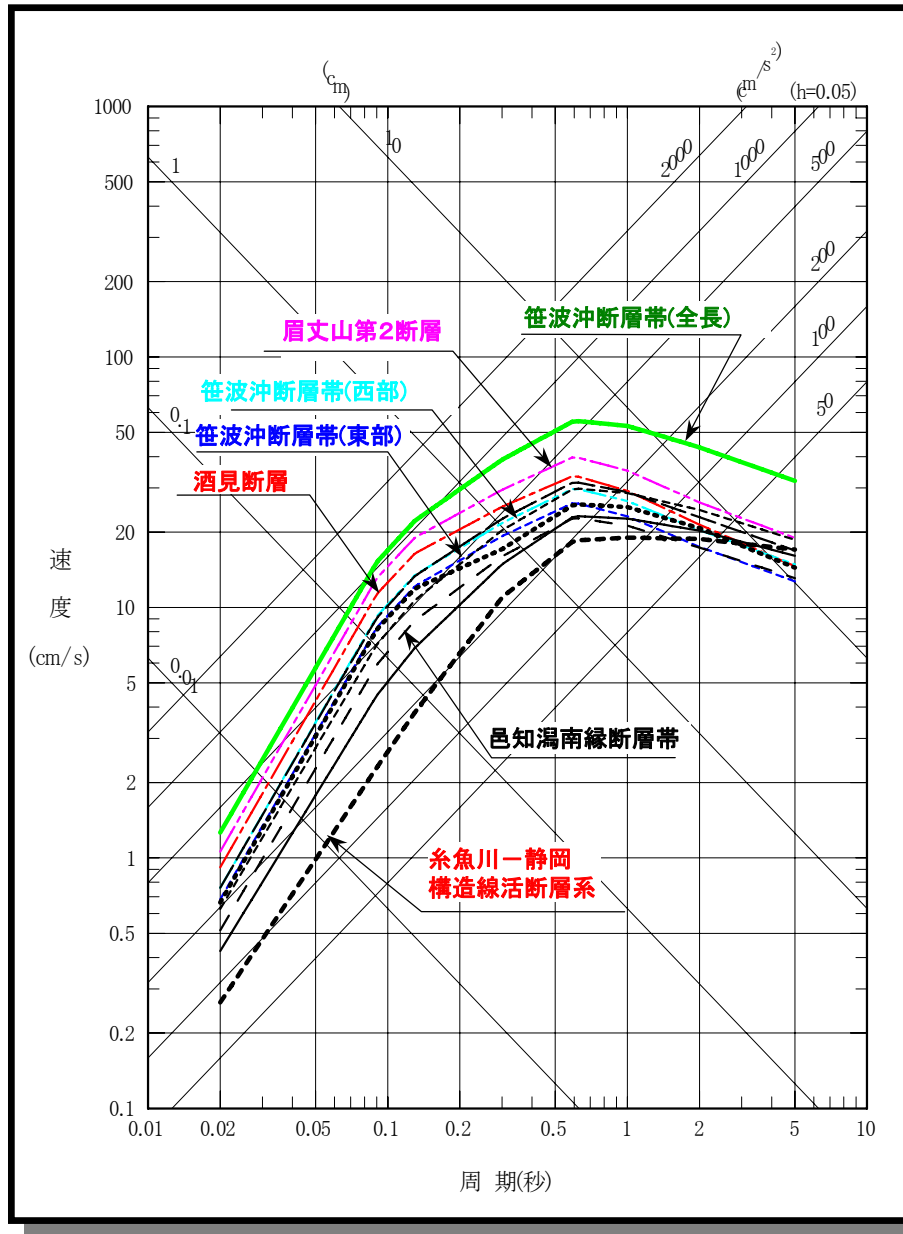
**笹波沖断層帯(東部)**  
 2007年能登半島地震に関する研究機関による知見を踏まえ、陸域の約6kmを含む全長約21kmの区間を2007年能登半島地震の震源断層として評価。



基準地震動Ssの策定にあたり、安全評価上、不確かさも考慮し、笹波沖断層帯(全長)[L=43km, M7.6]を評価。

# (4) 基準地震動Ssの策定

➤ 敷地に最も大きな影響を及ぼす「検討用地震」の選定

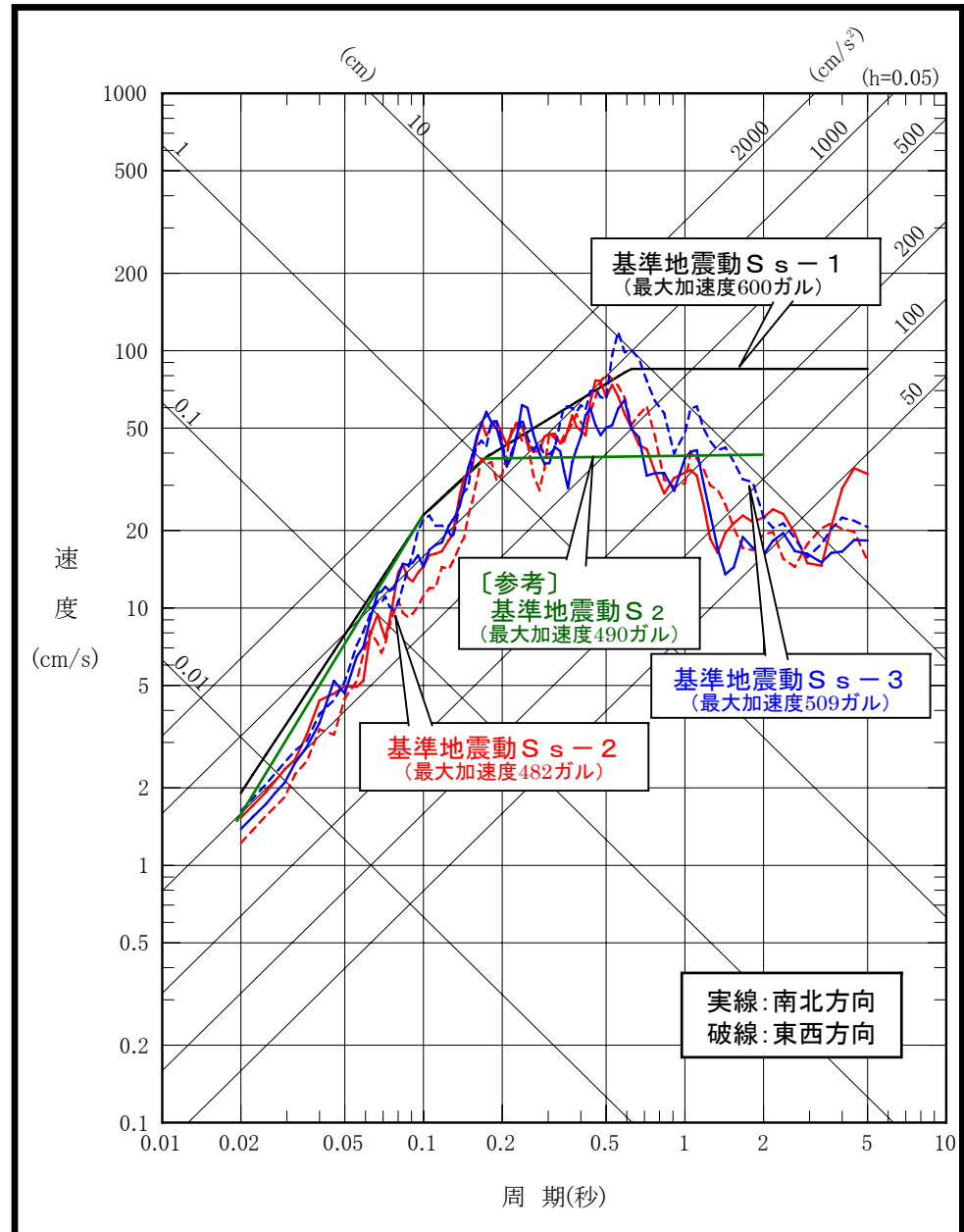
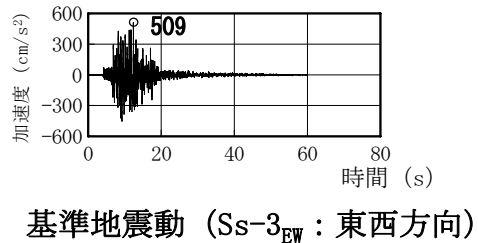
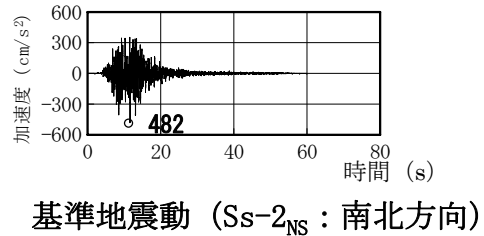
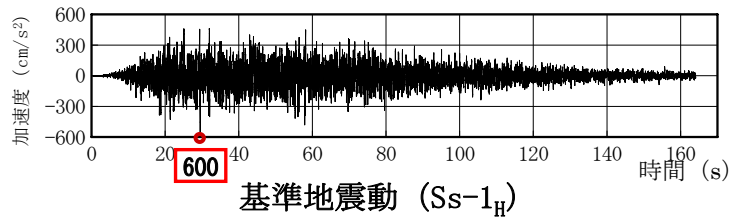


・全ての考慮すべき活断層を比較検討し、最も影響が大きい「**笹波冲断層帯(全長)**による地震」(断層長さ43km、M7.6)を検討用地震に選定。

## ▶ 基準地震動S<sub>s</sub>の策定

応答スペクトルに基づく手法により設定した「基準地震動S<sub>s</sub>-1」(600ガル)に加え、断層モデルを用いた手法により、「基準地震動S<sub>s</sub>-2」及び「S<sub>s</sub>-3」を設定。

【新指針に基づく基準地震動S<sub>s</sub>の加速度波形】



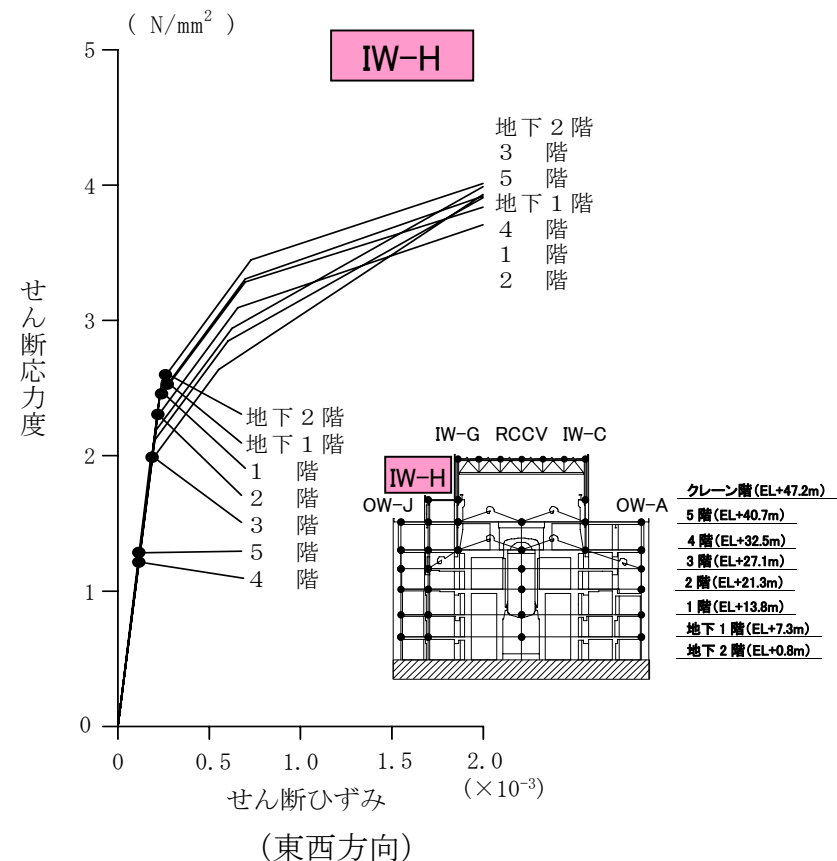
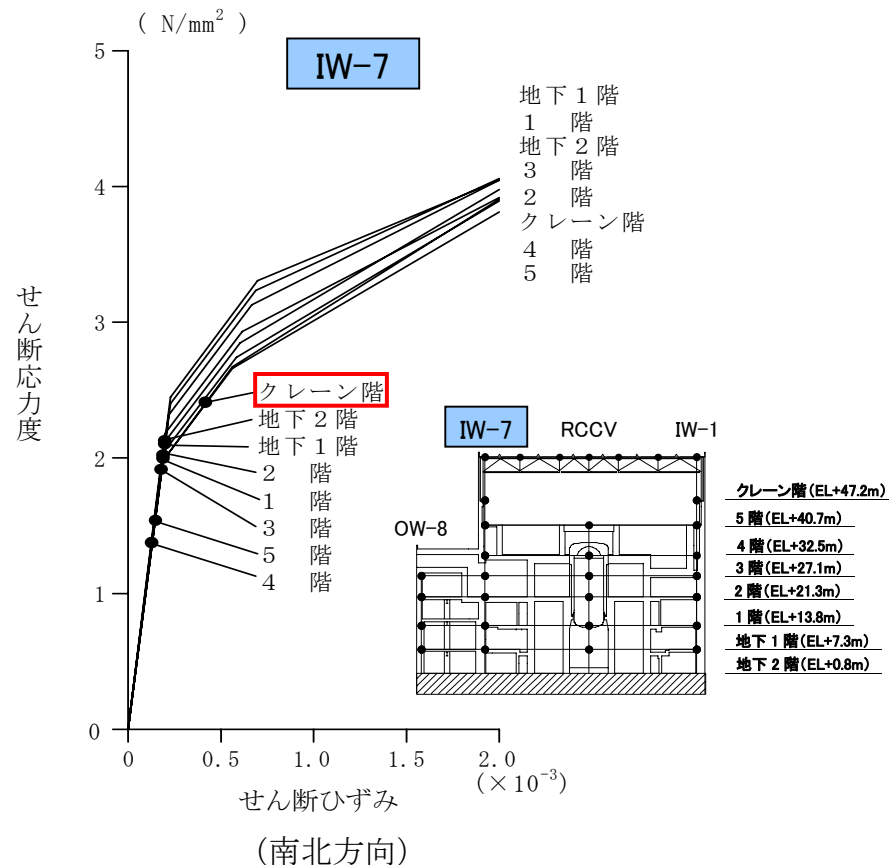
# (5) 施設等の耐震安全性評価

## (5-1) 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

### — 原子炉建屋に関する評価 —

#### 耐震安全性評価結果

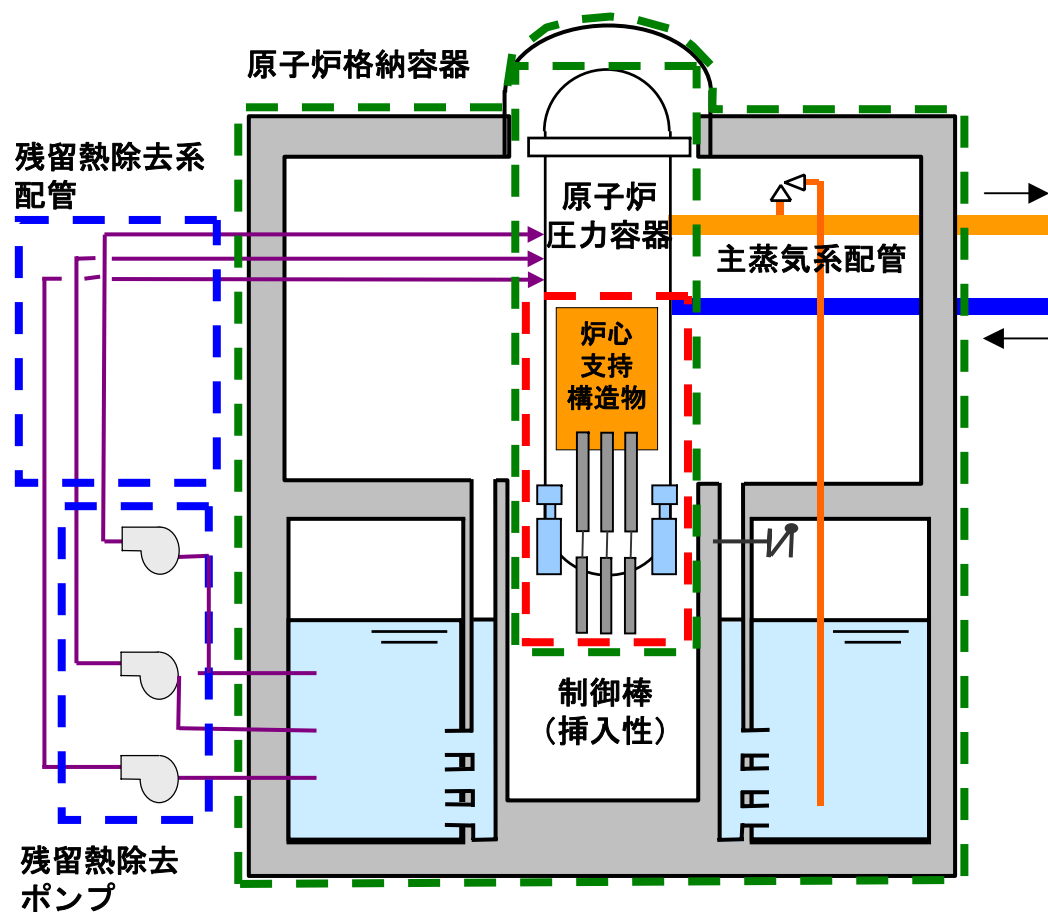
耐震壁のせん断ひずみは、最大で $0.43 \times 10^{-3}$  ( $S_s-2$ 、南北方向、クレーン階)であり、**評価基準値 ( $2.0 \times 10^{-3}$ )**を超えないことを確認。



## (5-2) 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

### ➤ 評価対象

原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する次の主要な設備



「止める」

- ① 制御棒(挿入性)
- ② 炉心支持構造物

「冷やす」

- ③ 残留熱除去ポンプ
- ④ 残留熱除去系配管

「閉じ込める」

- ⑤ 原子炉圧力容器
- ⑥ 主蒸気系配管
- ⑦ 原子炉格納容器

## ➤ 評価結果

発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性は確保されている

### a. 構造強度評価

設備	評価部位	単位	発生値※1	評価基準値	判定
炉心支持構造物	シュラウドサポート	応力(N/mm <sup>2</sup> )	87	260	○
残留熱除去ポンプ	基礎ボルト	応力(N/mm <sup>2</sup> )	9	350	○
残留熱除去系配管	配管	応力(N/mm <sup>2</sup> )	317	364	○
原子炉圧力容器	基礎ボルト	応力(N/mm <sup>2</sup> )	187	499	○
主蒸気系配管	配管	応力(N/mm <sup>2</sup> )	294	374	○
原子炉格納容器	配管貫通部	応力(N/mm <sup>2</sup> )	207	258	○

### b. 動的機能維持評価

設備	加速度確認部位	単位	発生値※1	評価基準値	判定
制御棒(挿入性)	—	時間(秒)※2	1.38(60%挿入) 1.93(100%挿入)	1.44(60%挿入) 2.80(100%挿入)	○
残留熱除去ポンプ	コラム先端部	加速度(G)	水平 0.7 鉛直 0.6	水平 10.0 鉛直 1.0	○
残留熱除去系 弁	弁駆動部	加速度(G)	水平 5.4 鉛直 0.1	水平 6.0 鉛直 6.0	○
主蒸気系 弁	弁駆動部	加速度(G)	水平 7.7 鉛直 6.8	水平 10.0 鉛直 12.3	○

※1 発生値は基準地震動S<sub>s</sub>-1、2、3によるもののうち最も厳しいものを記載

※2 確認済相対変位を超えたため、制御棒挿入解析を実施し、制御棒が基準時間以内に挿入できることを確認



# (5-3) 原子炉建屋基礎地盤の安定性評価及び地震随伴事象(周辺斜面・津波)に対する考慮

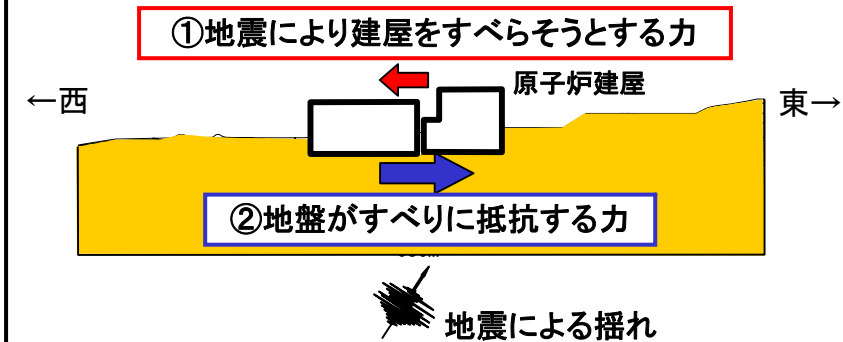
## a. 原子炉建屋の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価

基準地震動Ssによる地震力に対して**十分な耐震安全性を有していることを確認した。**

	評価値 (すべり安全率Fs)	評価基準値
基礎地盤	4.1	1.5以上
周辺斜面	4.9	1.2以上

【模式断面図】

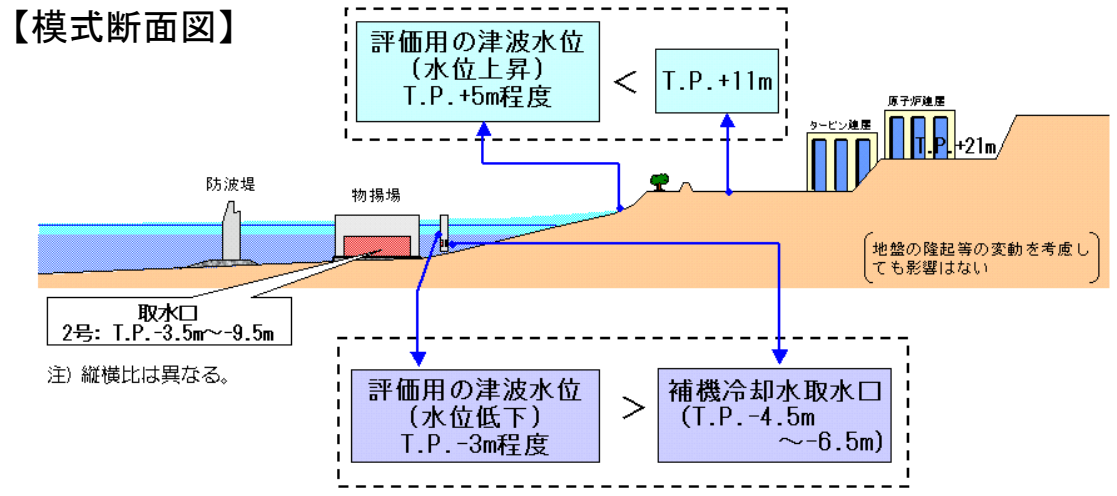
$$\text{すべり安全率 } F_s = \frac{\text{②}}{\text{①}}$$



## b. 津波に対する安全性評価

想定した最も大きな津波に対しても、**原子炉施設の安全性に問題とならないことを確認した。**

【模式断面図】





## 原子力安全・保安院 審議経緯

日 程	内 容
平成20年3月14日	志賀2号機 中間報告を提出
平成20年4月14日 ～平成21年1月29日	合同AサブWG (合計15回)
平成21年2月3日	合同WG
平成20年5月13日 ～平成21年1月21日	構造AサブWG (合計13回)
平成21年2月9日	構造WG
平成20年7月28、29日	現地調査
平成21年2月12日	保安院より中間報告の評価結果を受領

※ 平成21年2月18日 原子力安全委員会が見解を決定



## 2. 志賀原子力発電所1号機

### 耐震裕度向上工事の実施

---

## ➤ 工事の目的

- ・志賀原子力発電所は十分な余裕をもって設計しており、従来の設備の耐震安全性は確保されていると考えるが、皆様に一層ご安心いただくため、耐震安全性評価とは別に、自主的に耐震裕度向上工事を実施した。

## ➤ 工事の実績

工事対象	追加・補強箇所数	工事期間
配管・電路類のサポート等	1,681箇所	平成20年7月4日～ 平成21年1月29日

## ➤ 工事の考え方

対象となる設備の既往評価における余裕(=許容値/発生値)を確認



各設備の余裕をもとに、相対的に余裕の低い設備を選定

[ 機器は比較的余裕が大きいため、主に、配管、配管サポート等について検討 ]



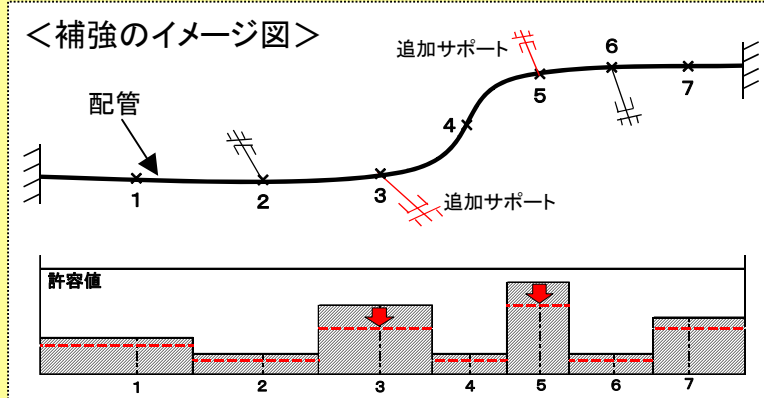
選定した設備について、熟練技術者が、これまでの実績を踏まえて判断し、補強方法を検討

配管の場合

- ・配管の振れ方を確認し、配管の振れが大きい箇所等にサポートを追加

配管サポートの場合

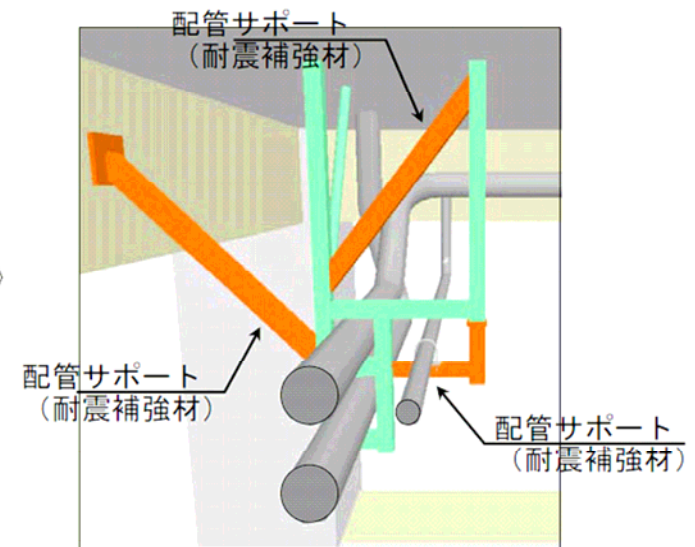
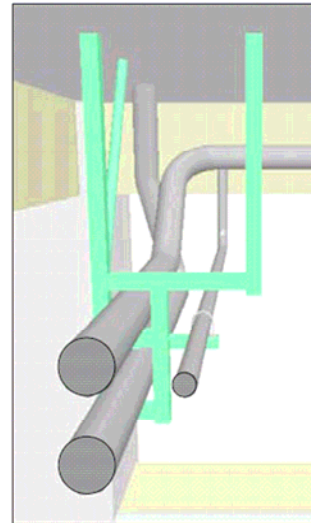
- ・支持装置の仕様変更(容量アップ)、補強材を追加



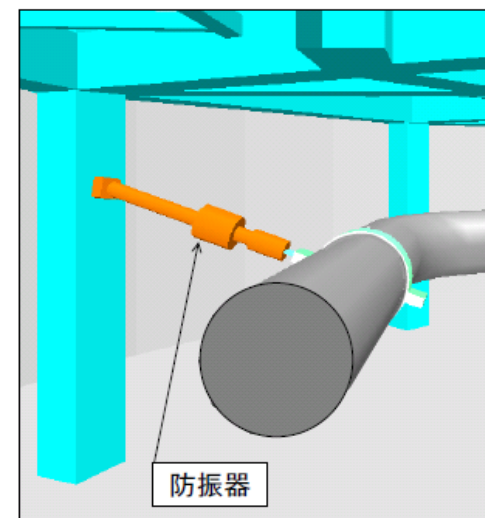
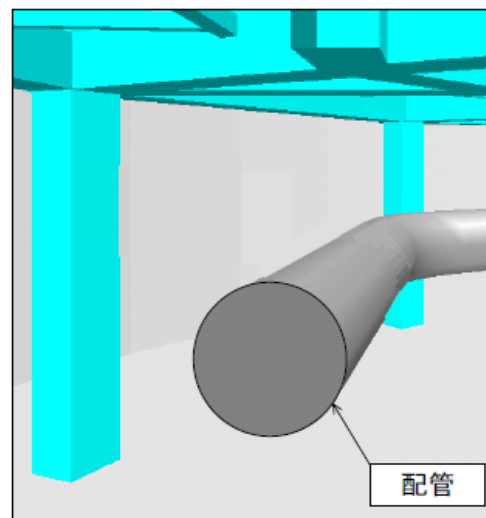
耐震裕度向上工事を実施

## ➤ 工事の実施例(配管)

補強材の追加



サポート(防振器)の追加



## ➤ 工事の実施例(配管)

残留熱除去系配管



サポート(架構レストレイント)の追加

主蒸気系配管



サポート(防振器)の追加

### 3. 志賀原子力発電所1号機

新耐震指針に照らした耐震安全性評価

(中間報告の概要)

---

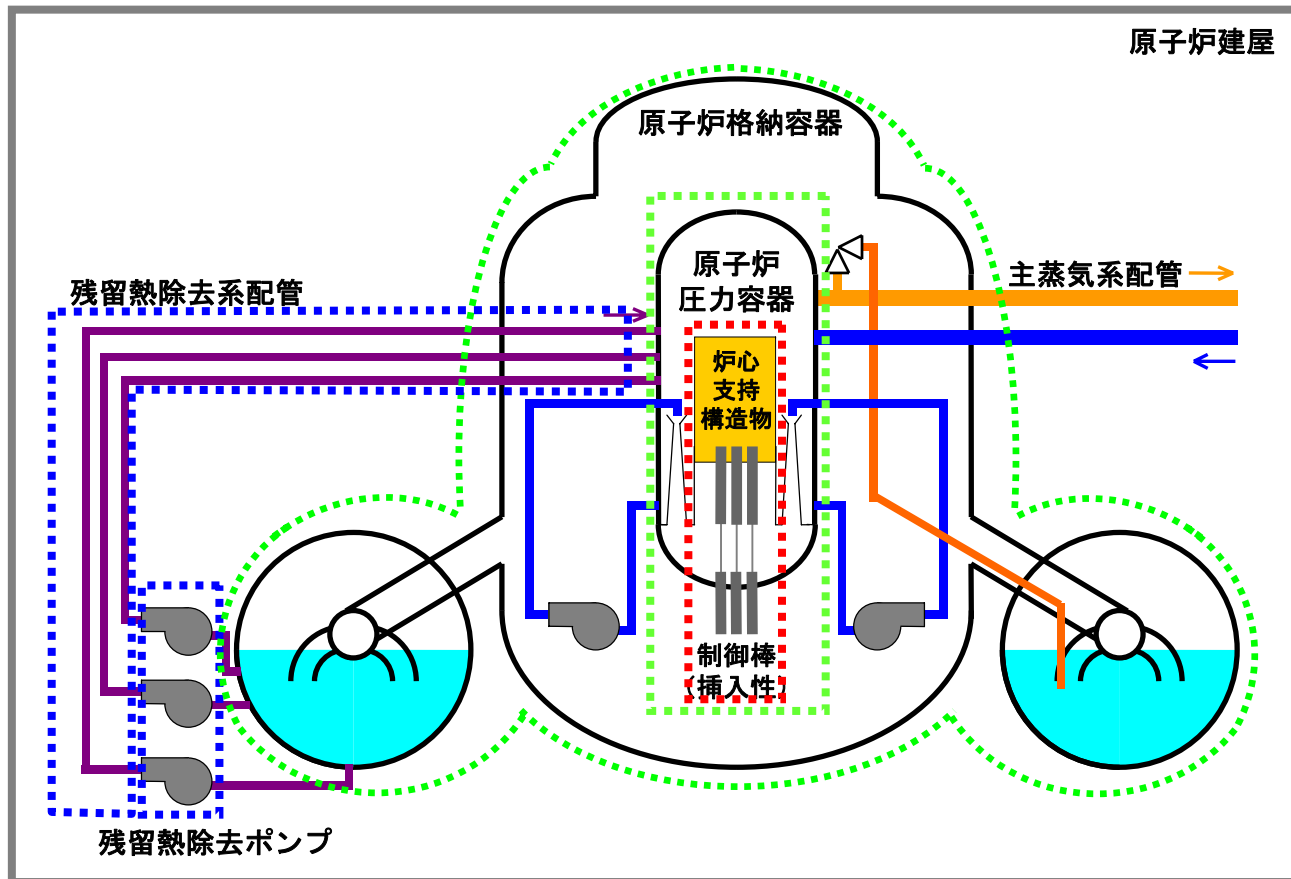


## ▶ 中間報告書の内容

- ・地質調査、活断層評価、基準地震動 $S_s$ の策定については、2号機中間報告において、国より妥当との評価をいただいた。
- ・2号機中間報告と同じ基準地震動 $S_s$ 及び施設の耐震安全性評価手法を用いて、1号機の主要な施設の耐震安全性を評価した。

## ▶ 中間報告の対象施設

- (1) 原子炉建屋
- (2) 原子炉を「止める」, 「冷やす」, 放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する主要な7設備
- (3) 原子炉建屋基礎地盤の安定性評価及び地震随伴事象に対する考慮



「止める」

- ① 制御棒(挿入性)
- ② 炉心支持構造物

「冷やす」

- ③ 残留熱除去ポンプ
- ④ 残留熱除去系配管

「閉じ込める」

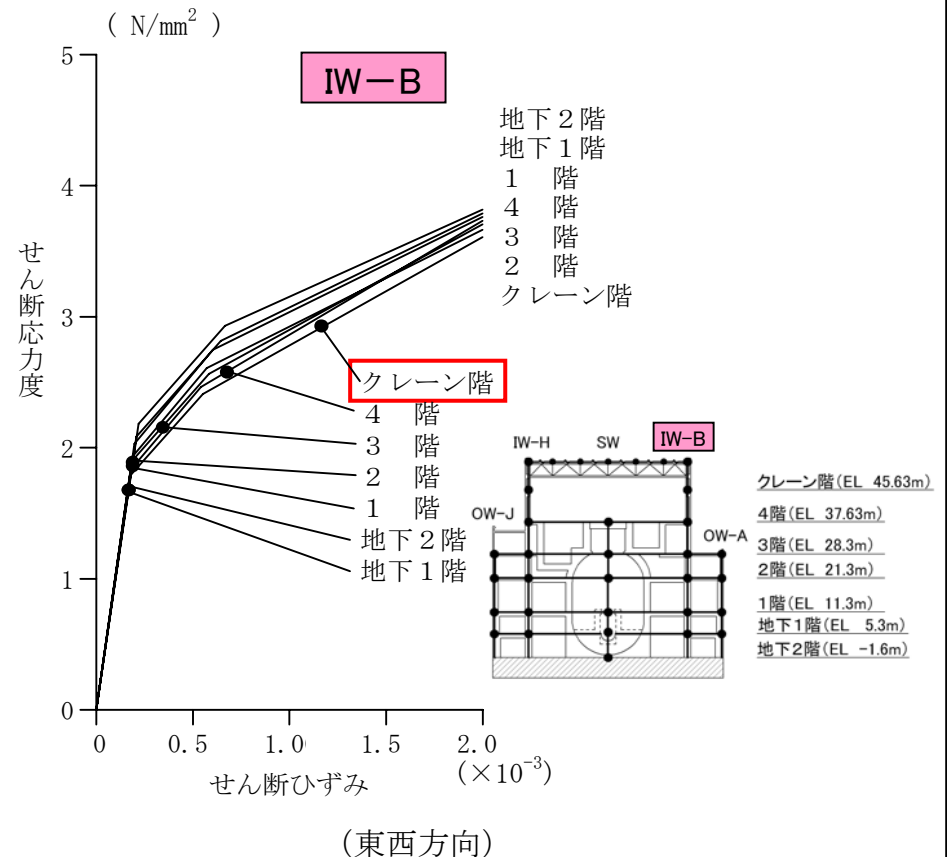
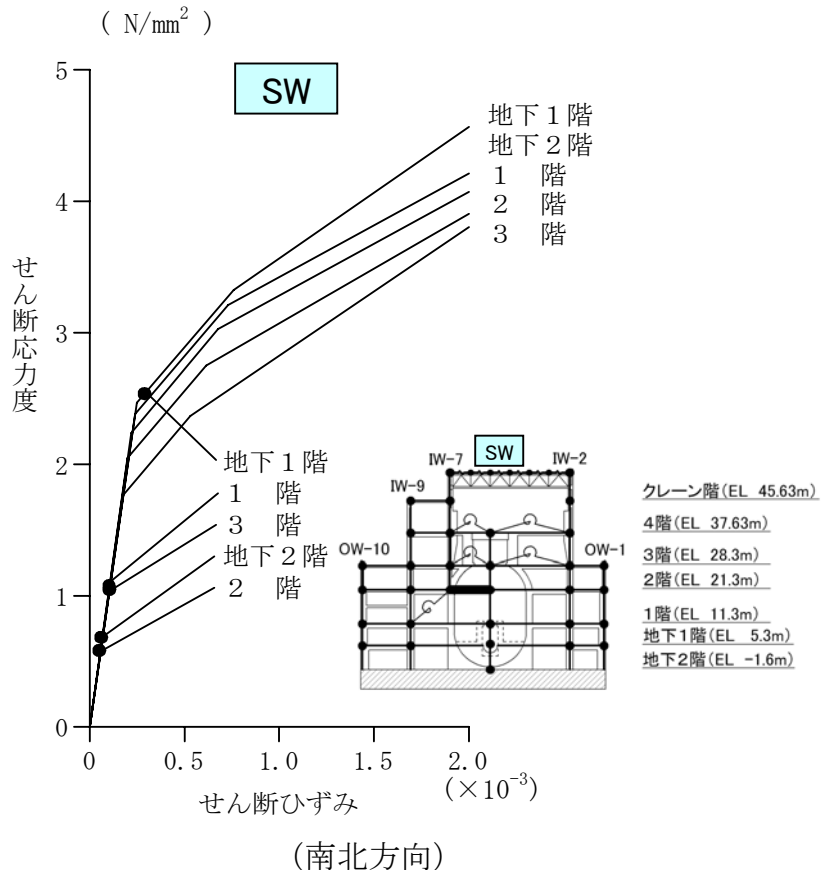
- ⑤ 原子炉圧力容器
- ⑥ 主蒸気系配管
- ⑦ 原子炉格納容器

# ➤ 評価結果

## (1) 原子炉建屋の耐震安全性評価

### 耐震安全性評価結果

耐震壁のせん断ひずみは、最大で $1.18 \times 10^{-3}$  (Ss-1、東西方向、クレーン階) であり、**評価基準値 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認。**



## (2)安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性は確保されている

### a. 構造強度評価

設備	評価部位	単位	発生値※1	評価基準値	判定
炉心支持構造物	シュラウドサポート	応力(N/mm <sup>2</sup> )	124	246	○
残留熱除去ポンプ	基礎ボルト	応力(N/mm <sup>2</sup> )	9	350	○
残留熱除去系配管	配管	応力(N/mm <sup>2</sup> )	162	363	○
原子炉圧力容器	基礎ボルト	応力(N/mm <sup>2</sup> )	181	237	○
主蒸気系配管	配管	応力(N/mm <sup>2</sup> )	293	374	○
原子炉格納容器	ドライウェル基部	—	0.3※2	1	○

### b. 動的機能維持評価

設備	加速度確認部位	単位	発生値※1	評価基準値	判定
制御棒(挿入性)	燃料集合体	相対変位(mm)	27.0	40	○
残留熱除去ポンプ	コラム先端部	加速度(G)	水平 0.7 鉛直 0.6	水平 10.0 鉛直 1.0	○
残留熱除去系 弁	弁駆動部	加速度(G)	水平 5.3 鉛直 1.9	水平 6.0 鉛直 6.0	○
主蒸気系 弁	弁駆動部	加速度(G)	水平 6.4 鉛直 0.2	水平 9.6 鉛直 6.1	○

※1 発生値は基準地震動S<sub>s</sub>-1、2、3によるもののうち最も厳しいものを記載

※2 座屈評価であり、許容値を1とした場合の比率

# (3) 原子炉建屋基礎地盤の安定性評価及び地震随伴事象(周辺斜面・津波)に対する考慮

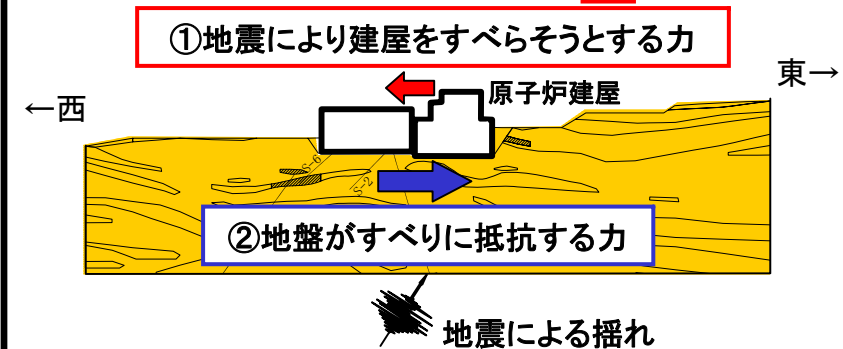
## a. 原子炉建屋の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価

基準地震動Ssによる地震力に対して**十分な耐震安全性を有していることを確認した。**

	評価値 (すべり安全率Fs)	評価基準値
基礎地盤	4.0	1.5以上
周辺斜面	5.8	1.2以上

【模式断面図】

$$\text{すべり安全率 } F_s = \frac{\textcircled{2}}{\textcircled{1}}$$



## b. 津波に対する安全性評価

想定した最も大きな津波に対しても、**原子炉施設の安全性に問題とならないことを確認した。**

【模式断面図】

