

# 能登半島地震と志賀原発電の現状 女川原発電の再稼働を問う

2024年3月3日（日）

上澤千尋

原子力資料情報室

# お話の内容

## 2024年能登半島地震

(激しい揺れ (ユレ) , 地盤の隆起 (ズレ) , 津波)

## 志賀原発の状況と影響

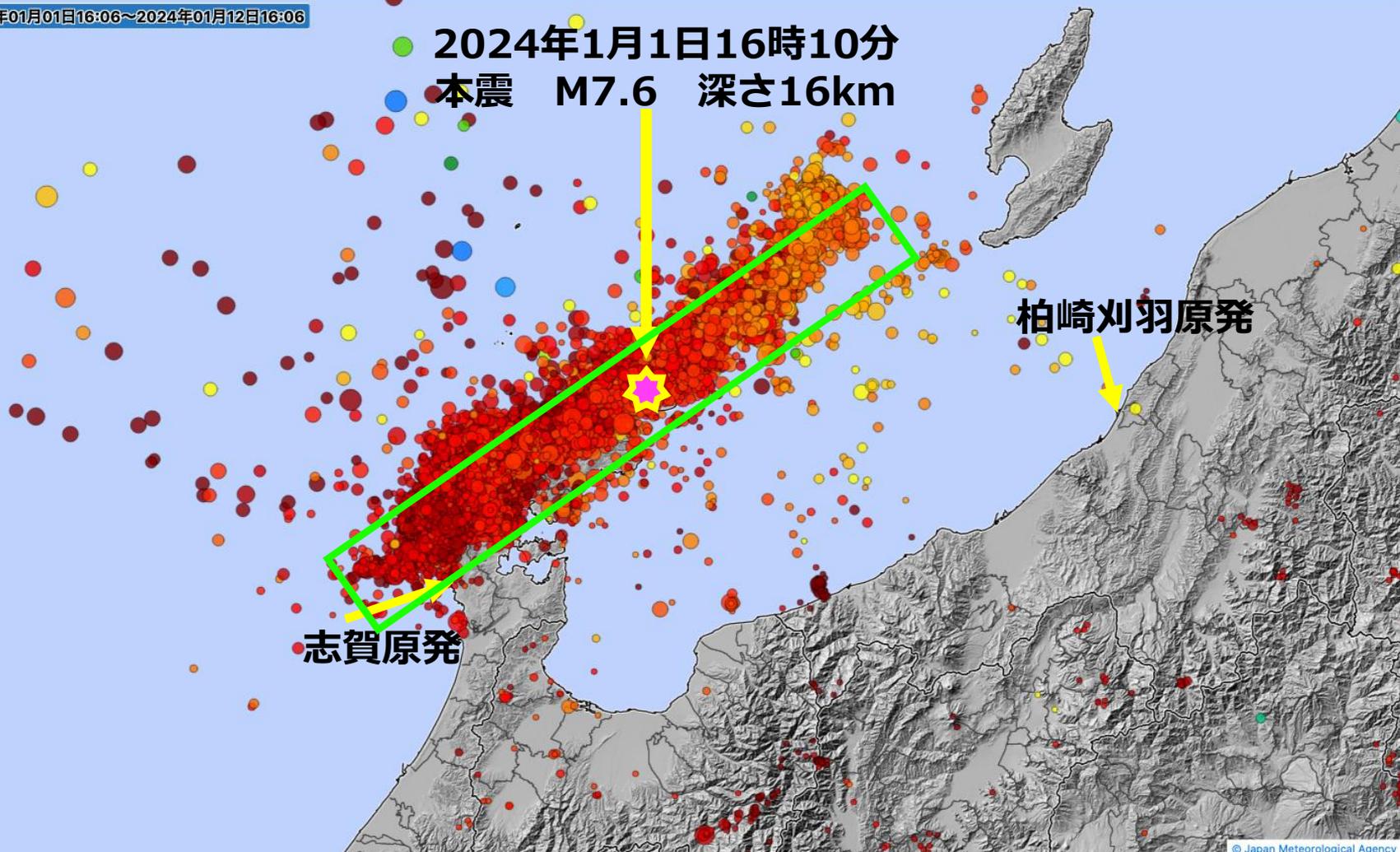
(使用済み燃料プール, 変圧器, 外部電源, 地面の変形)  
(活断層認定, 地震想定, 基準地震動Ss, 敷地内地盤, 事故時の避難問題)

## 女川原発の再稼働を問う

(地震想定, 基準地震動Ss, 耐震性, 事故時の避難問題)

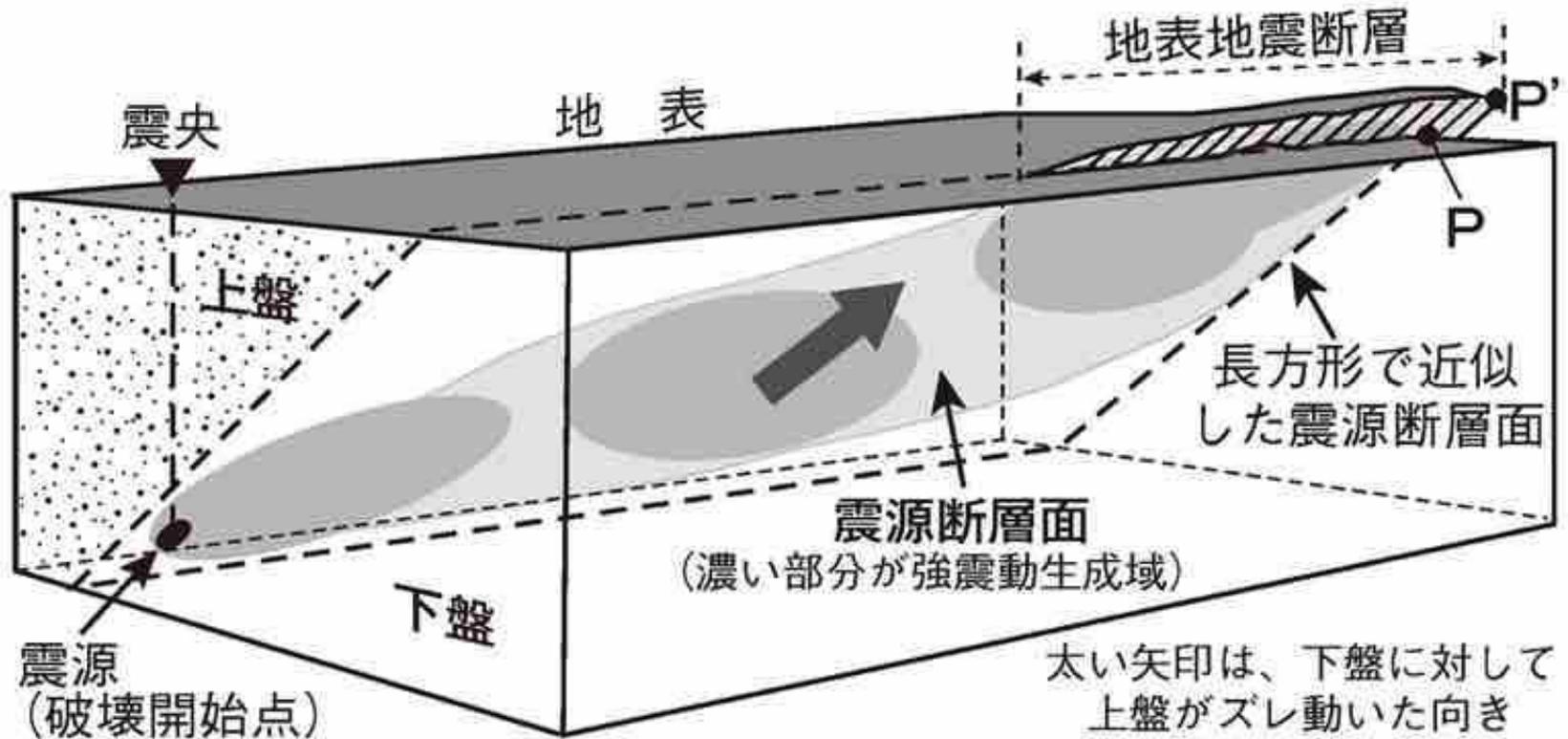
データ表示期間 2024年01月01日16:06~2024年01月12日16:06

● 2024年1月1日16時10分  
● 本震 M7.6 深さ16km



20 km

# 地震は地下の岩石の破壊現象



石橋克彦 (集英社新書, 2021)

# 断層モデルの例

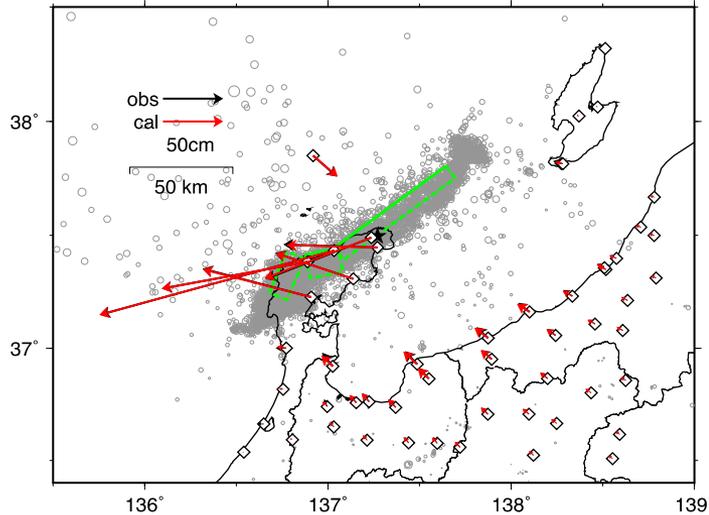


## 令和6年能登半島地震の震源断層モデル

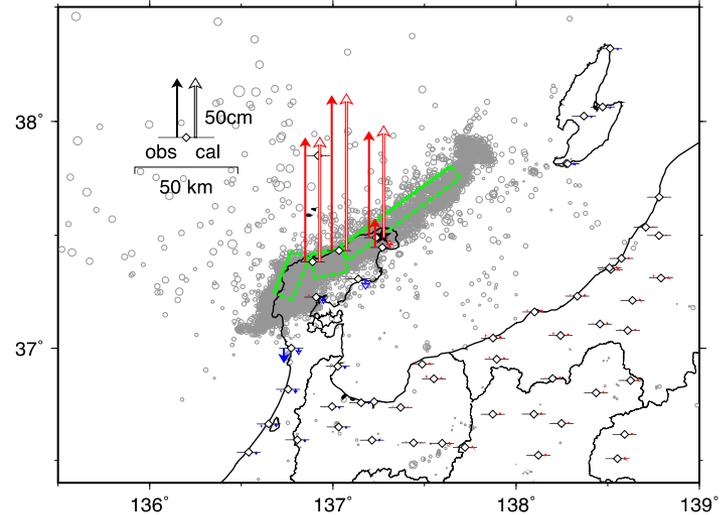
基準期間：2023年12月25日～2023年12月31日 (F5解) JST

比較期間：2024年1月2日～2024年1月6日 (F5解) JST

【水平変動の観測値と計算値の比較】



【上下変動の観測値と計算値の比較】



- ・ 黒色の星は1月1日のMj7.6の震央、灰色丸は震央分布（気象庁一元化震源（気象庁）を使用）、2024年1月1日16時10分～1月3日23時59分。
- ・ 黄緑色の矩形は震源断層モデルを地表面に投影した位置で、実線が断層上端。

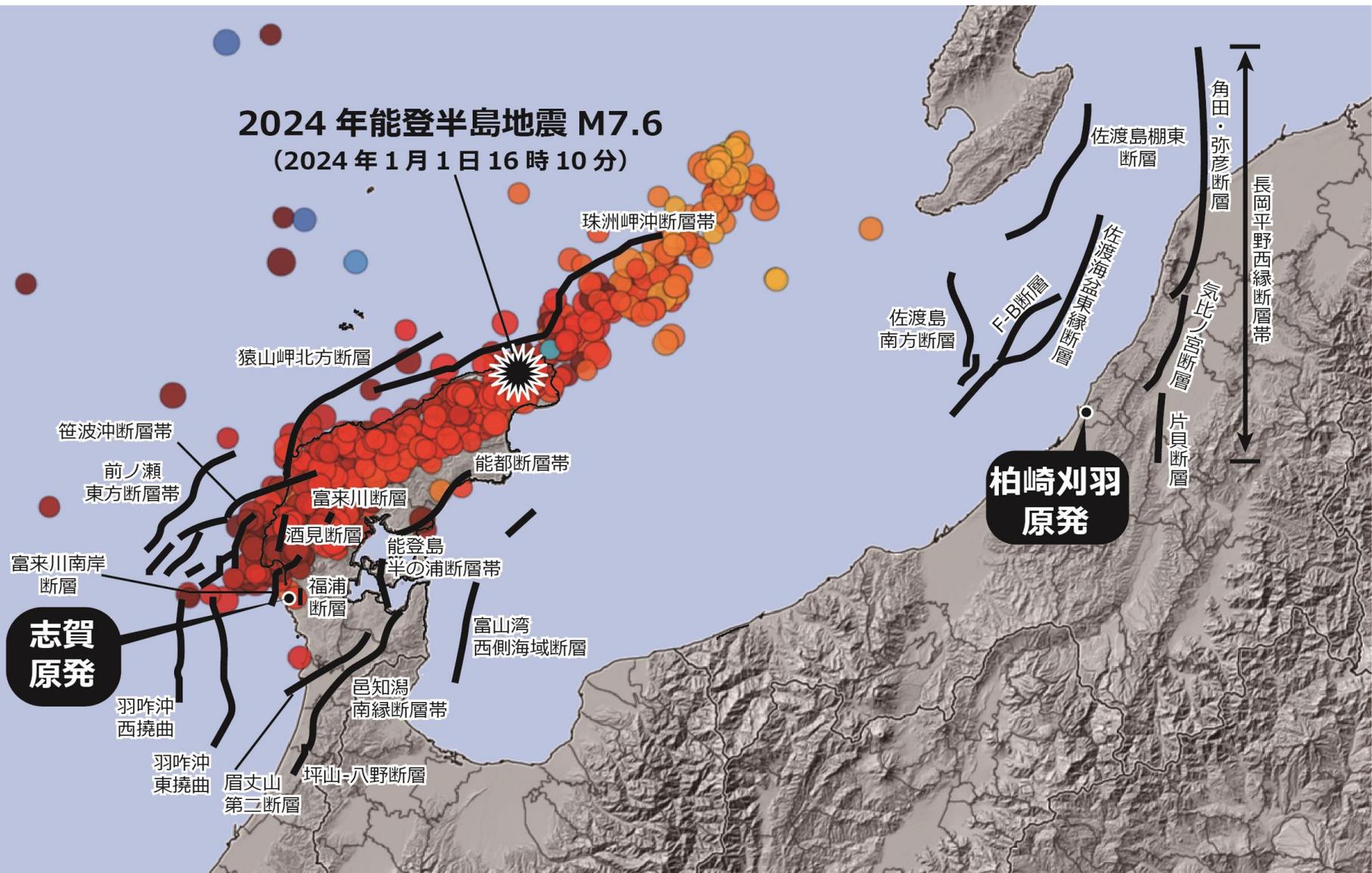
【推定された震源断層パラメータ】

	経度	緯度	上端深さ km	長さ km	幅 km	走向	傾斜	すべり角	すべり量 m	$M_w$
断層1	136.680 (0.002)	37.246 (0.002)	0.1 (0.1)	22.0 (0.3)	12.2 (0.2)	22.7 (1.0)	40.6 (0.4)	84.4 (1.3)	6.79 (0.11)	7.09 (0.01)
断層2	136.876 (0.003)	37.414 (0.001)	0.0 (0.0)	16.2 (0.4)	20.4 (0.5)	78.3 (0.6)	54.9 (0.6)	140.2 (0.7)	2.83 (0.05)	6.90 (0.01)
断層3	137.037 (0.001)	37.445 (0.002)	0.1 (0.1)	66.8 (1.1)	11.5 (0.1)	53.3 (0.4)	49.7 (0.3)	114.6 (0.2)	4.42 (0.04)	7.27 (0.00)

- ・ マルコフ連鎖モンテカルロ (MCMC) 法を用いてモデルパラメータを推定。括弧内は誤差 ( $1\sigma$ ) を示す。
- ・  $M_w$  と断層面積をスケールリング則 (Strasser et al., 2010) に近くように拘束。
- ・  $M_w$  の計算においては、剛性率を 30GPa と仮定。3枚の断層の合計の  $M_w$  は 7.44。

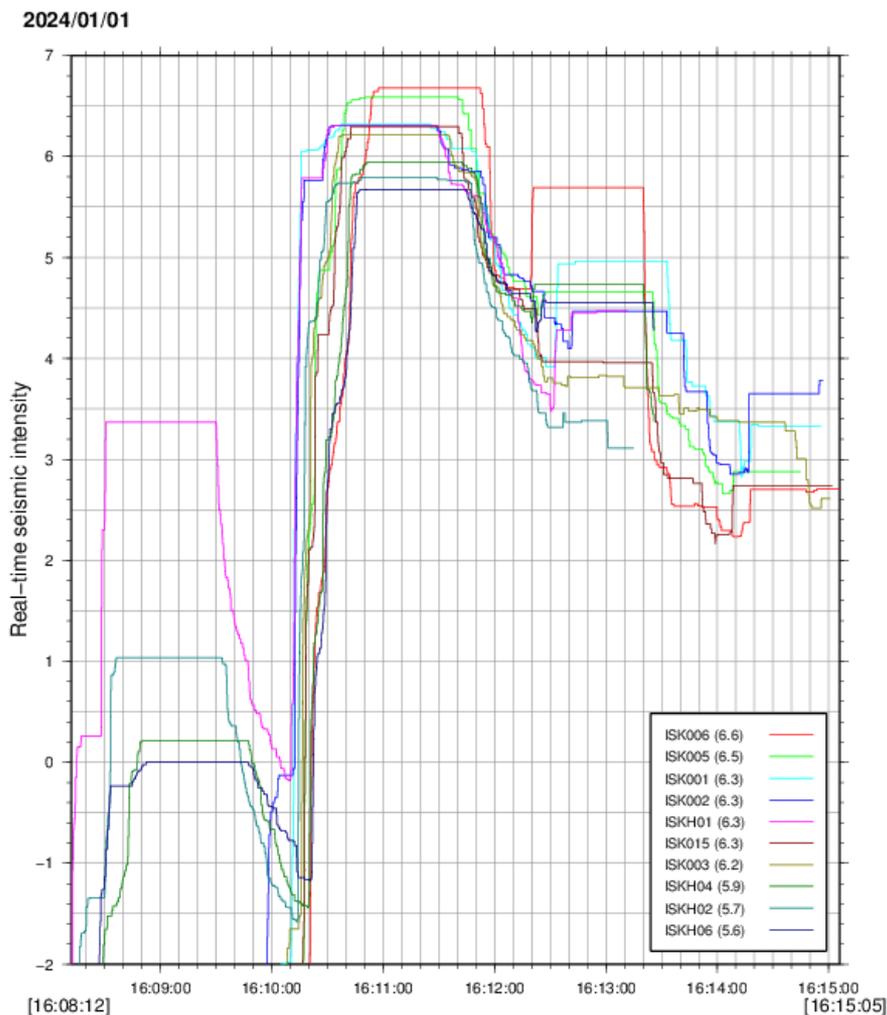
国土地理院

# M3.5以上の地震と原発周辺の活断層



# 震度7！

## Real-time seismic intensity



防災科研, K-net/KiK-net, 2024年01月01日 令和6年能登半島地震による強震動

[https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20240101160813/main\\_20240101160813.html](https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20240101160813/main_20240101160813.html)

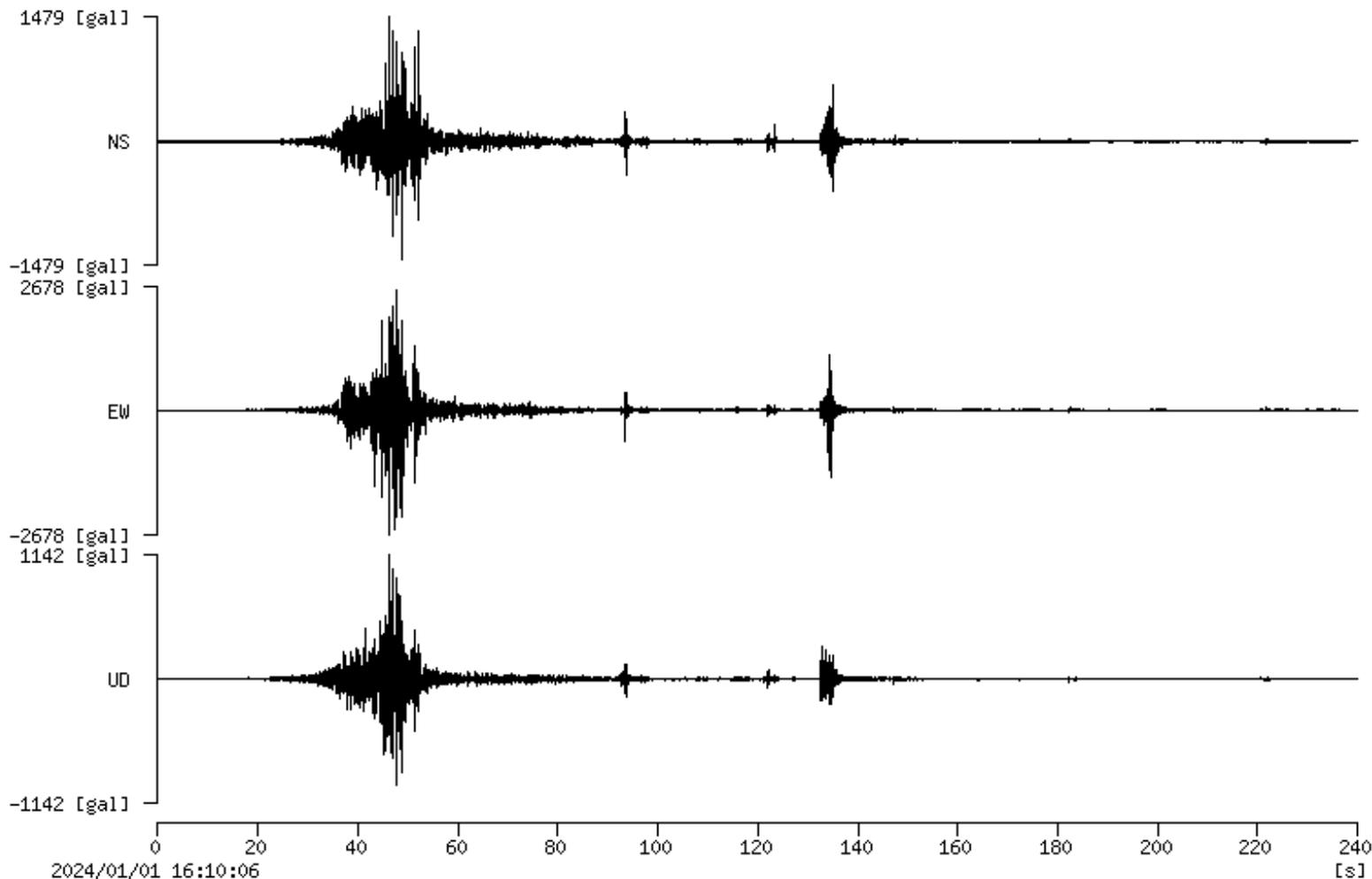
K-NET富来(ISK006)

2828Gal

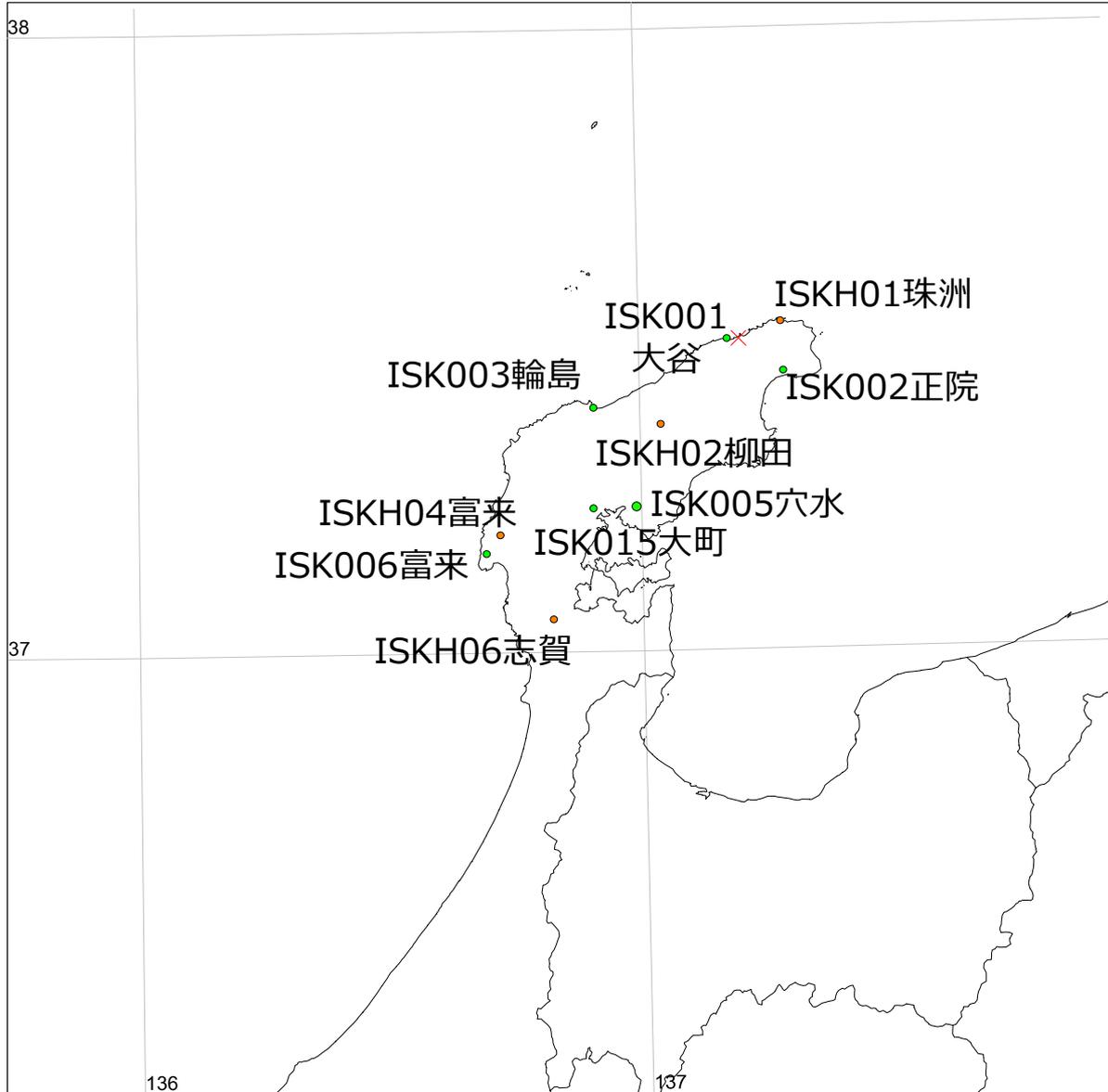
Galileo Galilei  
に由来する加速度の単位

EW 2678.225, NS 1479.180, UD 1141.720

ISK006 2024/01/01-16:10:21



2024/01/01 16:10:06



### Hypocenter

Origin Time: 2024/01/01 16:10:00  
 Latitude: 37.50  
 Longitude: 137.20  
 Depth: 0 km  
 Magnitude: 7.6

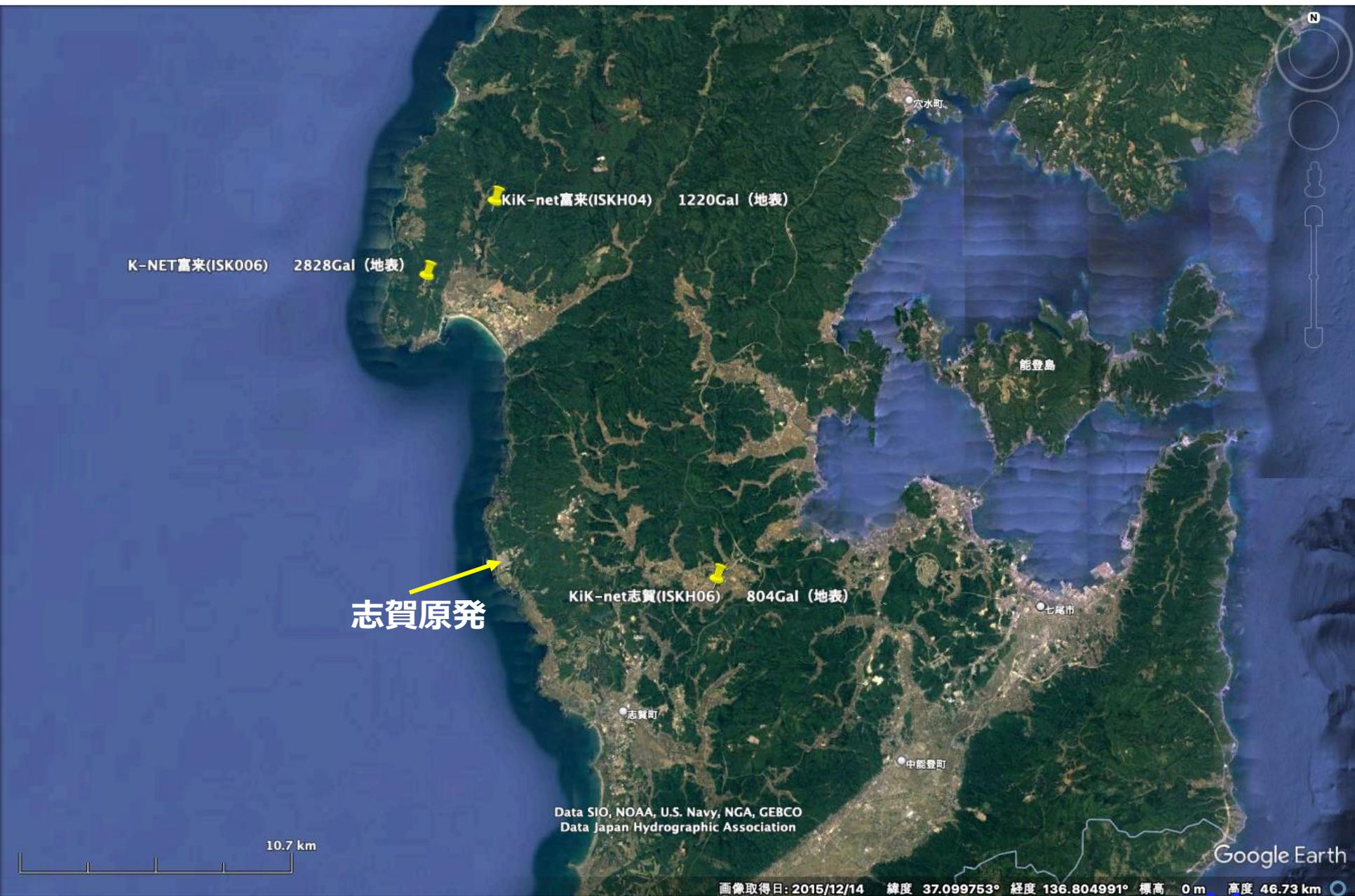
### Fix

- K-net
- KiK-net
- others

# 2024年16時10分M7.6の地震で観測された地表の加速度

No	観測点名	最大加速度[Gal]
1	K-NET富来(ISK006)	2828
	EW 2678.225, NS 1479.180, UD 1141.720	
2	K-NET輪島(ISK003)	1632
3	K-NET大谷(ISK001)	1469
4	K-NET穴水(ISK005)	1280
5	KiK-net富来(ISKH04)	1220
	地表 56m	EW2 483.666, NS2 617.515, UD2 1201.911
	地下 -60.5m	EW1 491.404, NS1 409.792, UD1 506.460
6	KiK-net珠洲(ISKH01)	1007
7	K-NET大町(ISK015)	1001
8	K-NET正院(ISK002)	917
9	KiK-net志賀(ISKH06)	804
	地表 20m	EW2 797.478, NS2 572.938, UD2 320.343
	地下 -180.45	EW1 470.057, NS1 422.708, UD1 331.253
10	KiK-net柳田(ISKH02)	791

# 2024能登半島地震 2024年16時10分M7.6の地震による地表の加速度（志賀原発近く）



# 地盤の隆起（国土地理院）

解析結果【速報】

## 2.5次元解析結果 NEW

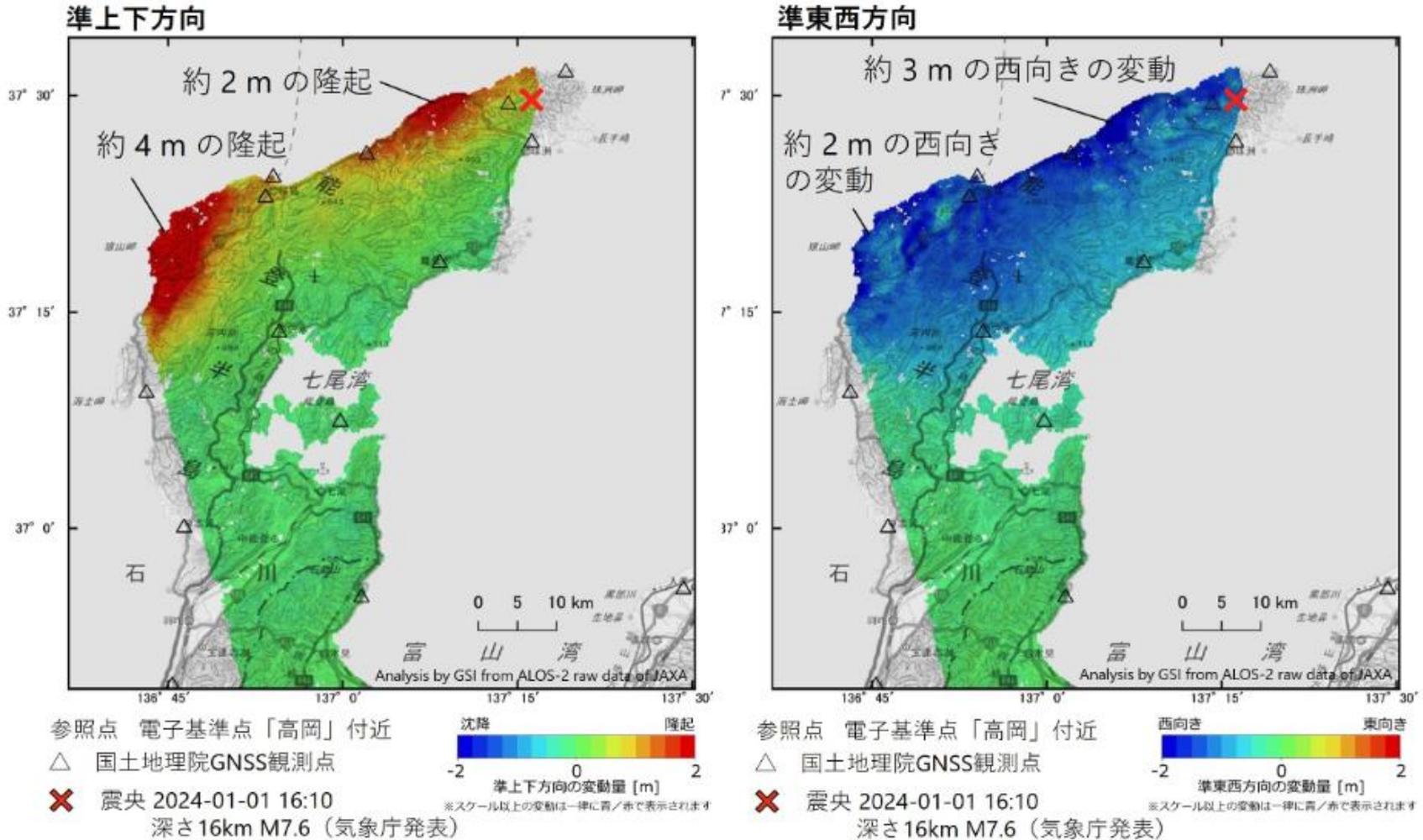


図1 2.5次元解析結果による変動量（左：準上下方向、右：準東西方向） [（2.5次元解析とは）](#) [【地理院地図で閲覧】](#)

「だいち2号」観測データの解析による令和6年能登半島地震に伴う地殻変動（2024年1月11日更新）  
[https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto\\_insar.html](https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto_insar.html)

# 地盤の隆起（日本地理学会）

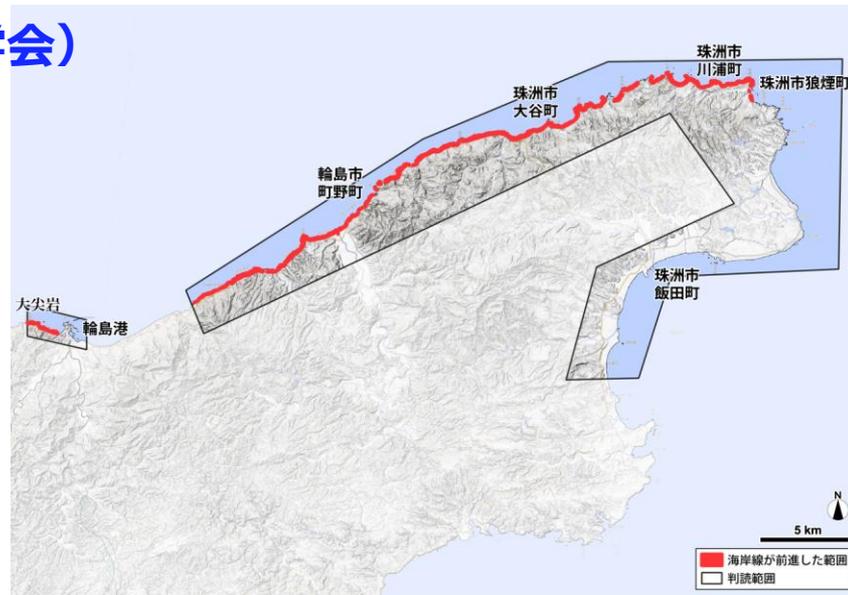


図1 判読範囲と地震後に陸化した範囲

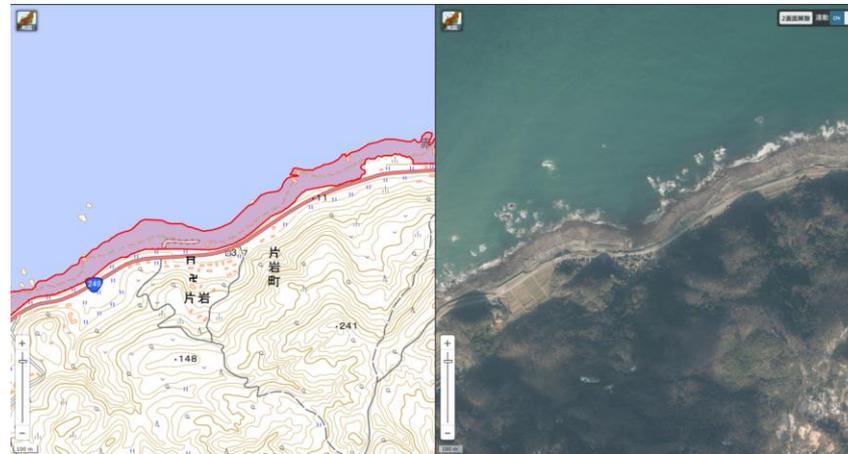


図2 判読結果の表示例

左図の赤色の範囲は地震によって新たに陸地になったエリアを示す。

右図は地震後の空中写真（正射画像）。背景は地理院地図

# 地盤の隆起（日本地理学会）

## 海岸地形変化の検討結果

（1月15日公開）

令和6年能登半島地震  
変動地形調査グループ  
（日本地理学会）

[http://disaster.ajg.or.jp/  
files/202401\\_Noto008.pdf](http://disaster.ajg.or.jp/files/202401_Noto008.pdf)

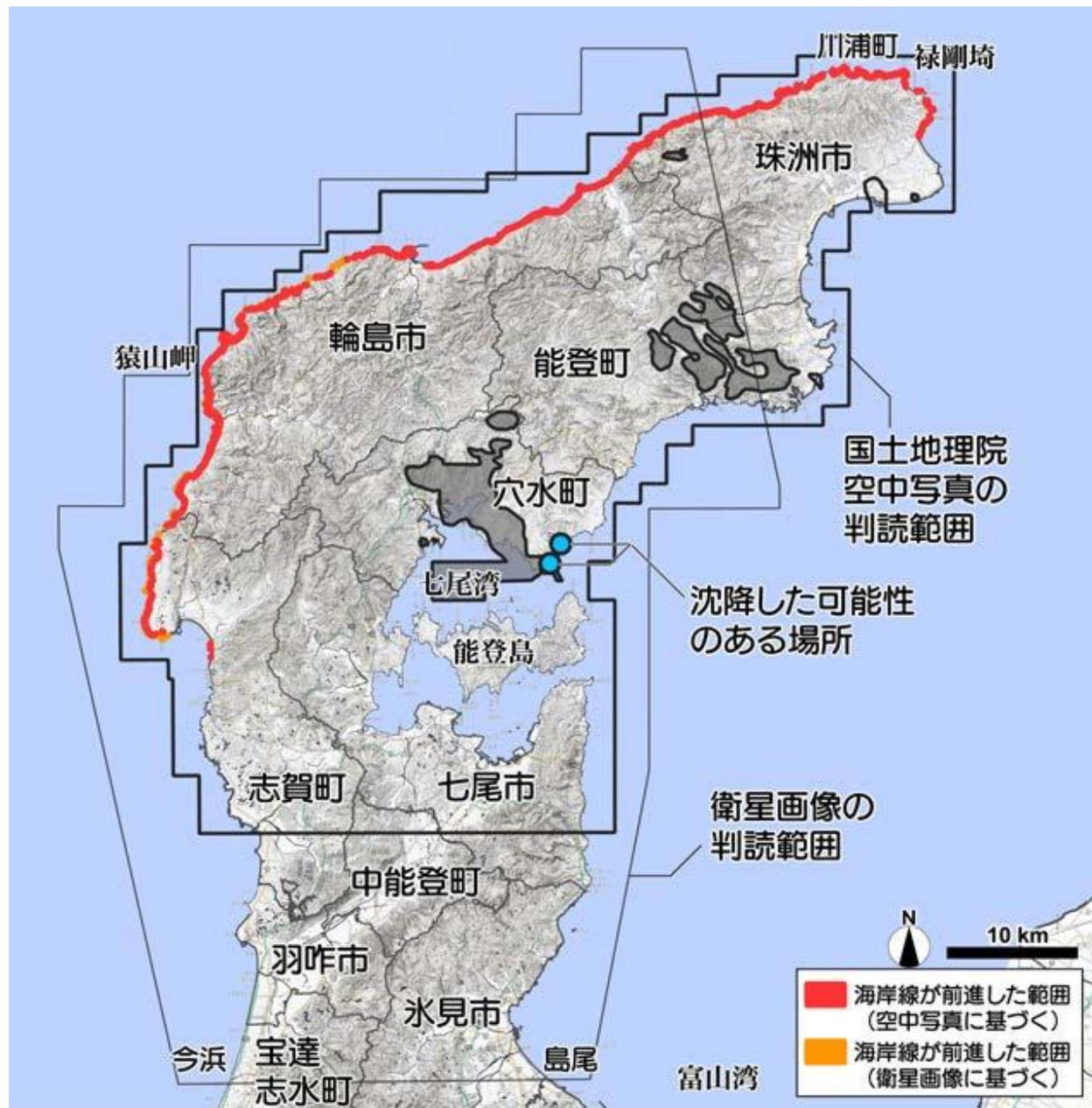


図1 判読範囲と地震後に陸化した範囲 **14**

# 地盤の隆起（産総研）

## 第四報 2024年能登半島地震の緊急調査報告（海岸の隆起調査）

<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/ното2024/ното2024-04.html>

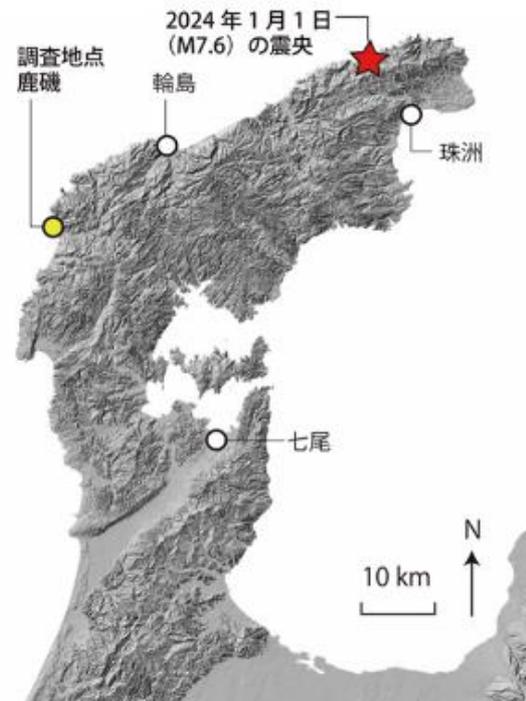


図1 調査地点の位置（地理院地図に加筆）



写真1 鹿磯漁港の防潮堤に固着した生物遺骸が示す隆起の様子。人が持っている標尺の長さは5 m

# 富来川南岸断層の位置



# 地盤の隆起（日本地理学会）

富来川南岸断層に沿う地表地震断層（A地点）



南東側（写真奥）が緩やかに約50cm相対的に隆起。10cm程度の左ずれを伴う。

断層の動きに伴って二次的に生じたクラック（A地点）

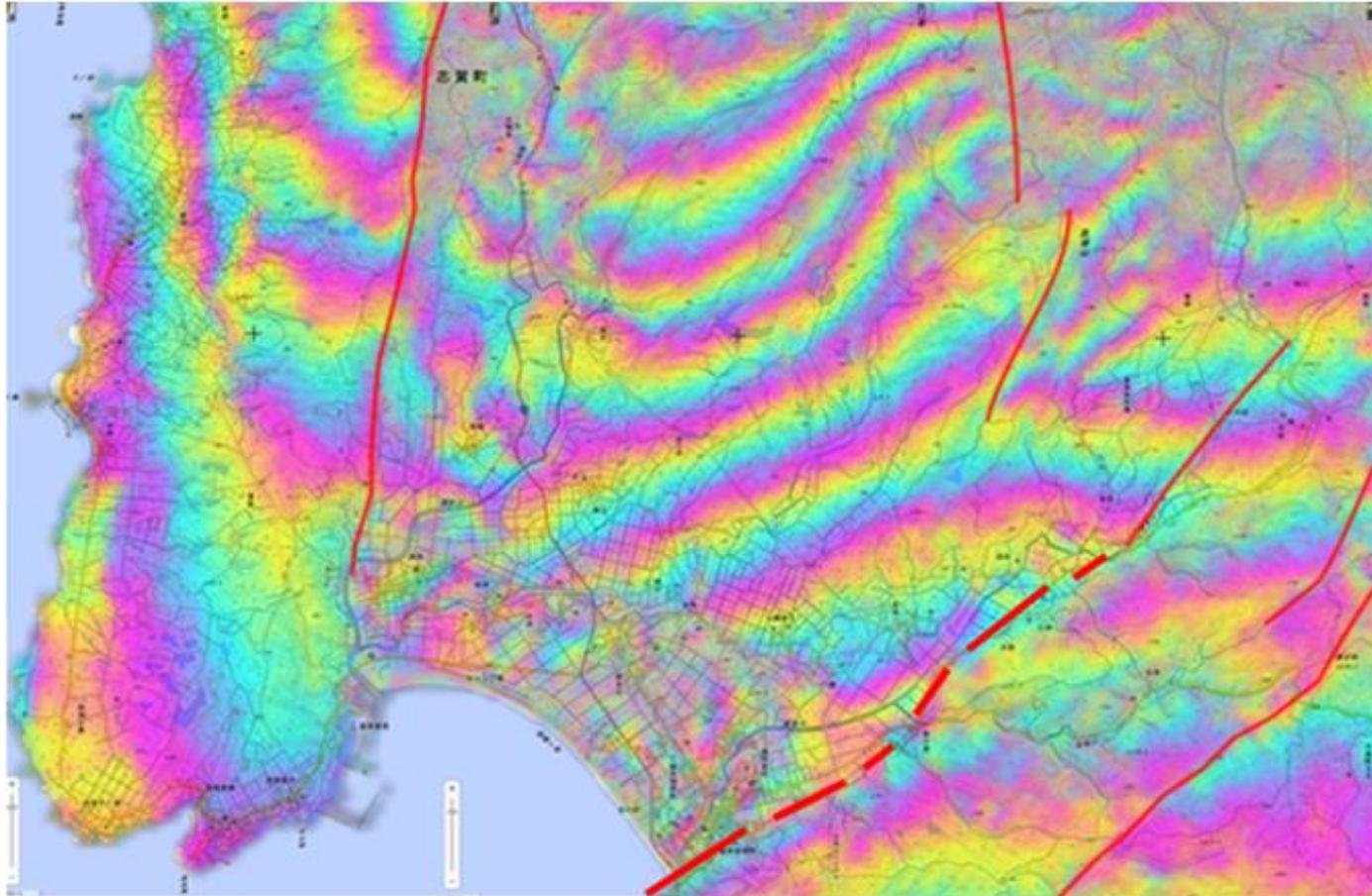


地盤の隆起（日本地理学会）

## 領家漁港南の海岸隆起（富来川南岸断層の南東側）



SAR干渉縞の不連続 (赤実線) と富来川南岸断層 (赤太破線)



JAXA・国土地理院 だいち2号 2023年12月6日—2024年1月3日 (西から観測)

震央距離68km  
震源距離70km



## 志賀原発で起きていること

1号炉の原子炉建屋地下2階で最大加速度399.3Gal  
(水平336.4Gal, 鉛直329.9Gal)

1号炉・2号炉とも暫定的な入力地震動の解析により  
観測波をもとにした波が0.5秒付近の周期で  
バックチェック時の基準地震動Ssを超過

1号炉の燃料プール冷却浄化系ポンプが一時停止

1号炉・2号炉の使用済み燃料プールでスロッシングによる水あふれ

1号炉の起動変圧器で配管破損による絶縁油漏えい  
予備電源変圧器に切り替え (赤住線66kV)

2号炉の主変圧器ので配管破損による絶縁油漏えい  
予備電源変圧器に切り替え (志賀原子力線275kV)

赤住線66kV, 志賀中能登線500kVで碍子などの損傷確認

津波により, 海面水位が3m上昇, 1m降下

敷地内の各所で地面・基礎に変形

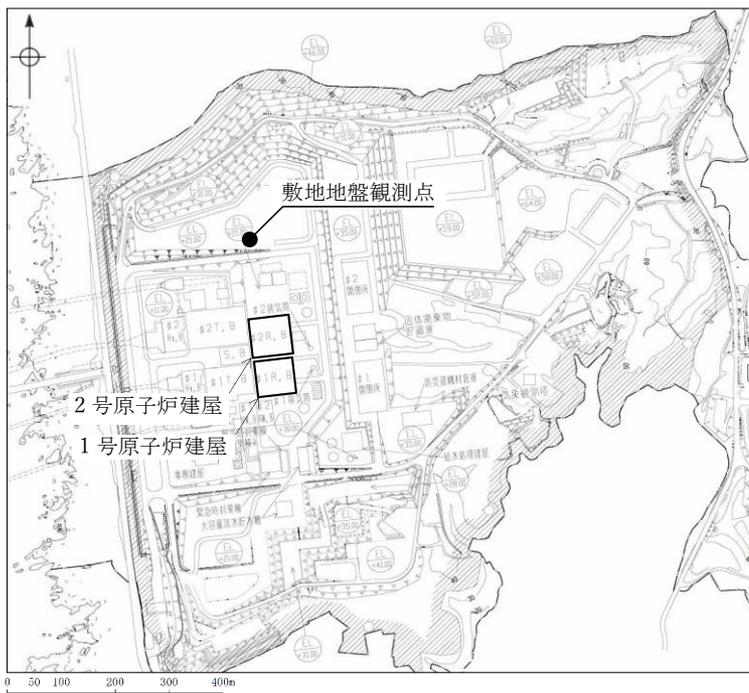
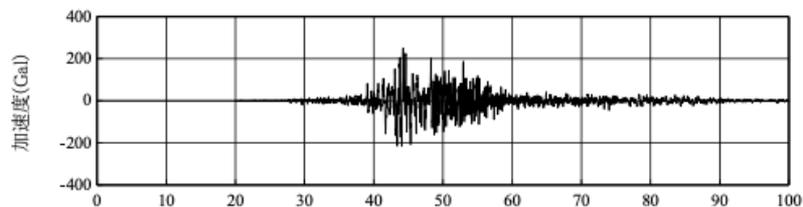
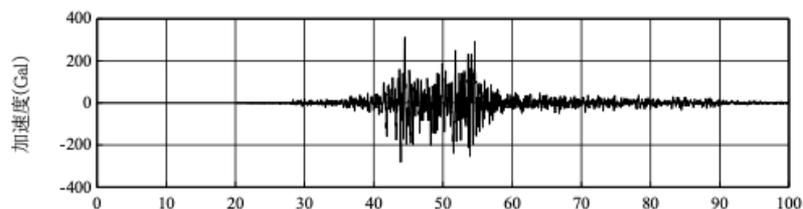


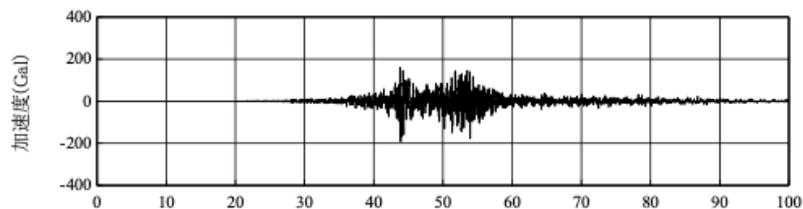
図1.1 敷地地盤観測点位置図



NS方向 (最大加速度 250 Gal)

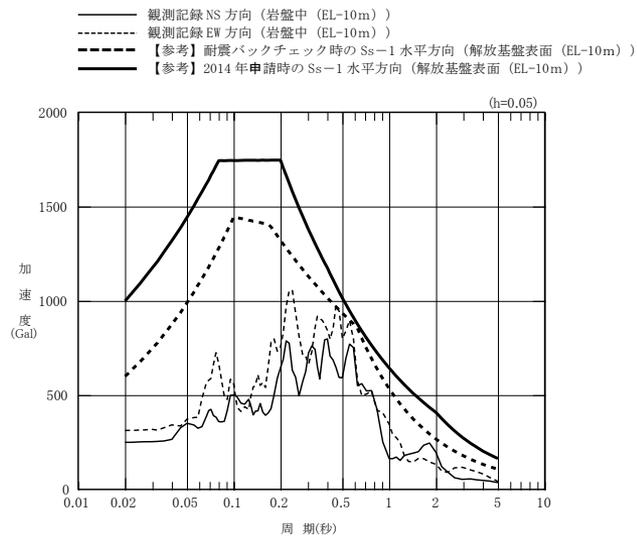


EW方向 (最大加速度 313 Gal)

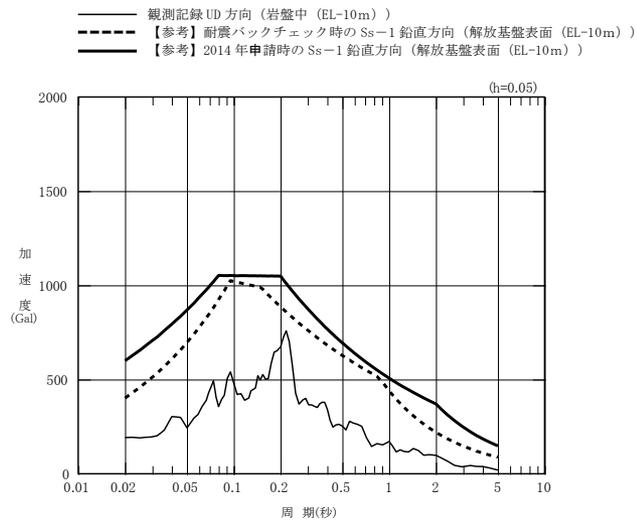


UD方向 (最大加速度 192 Gal)

図1.2 岩盤中 (EL-10m) の観測記録の加速度時刻歴波形  
(サンプリング周波数=100Hz)



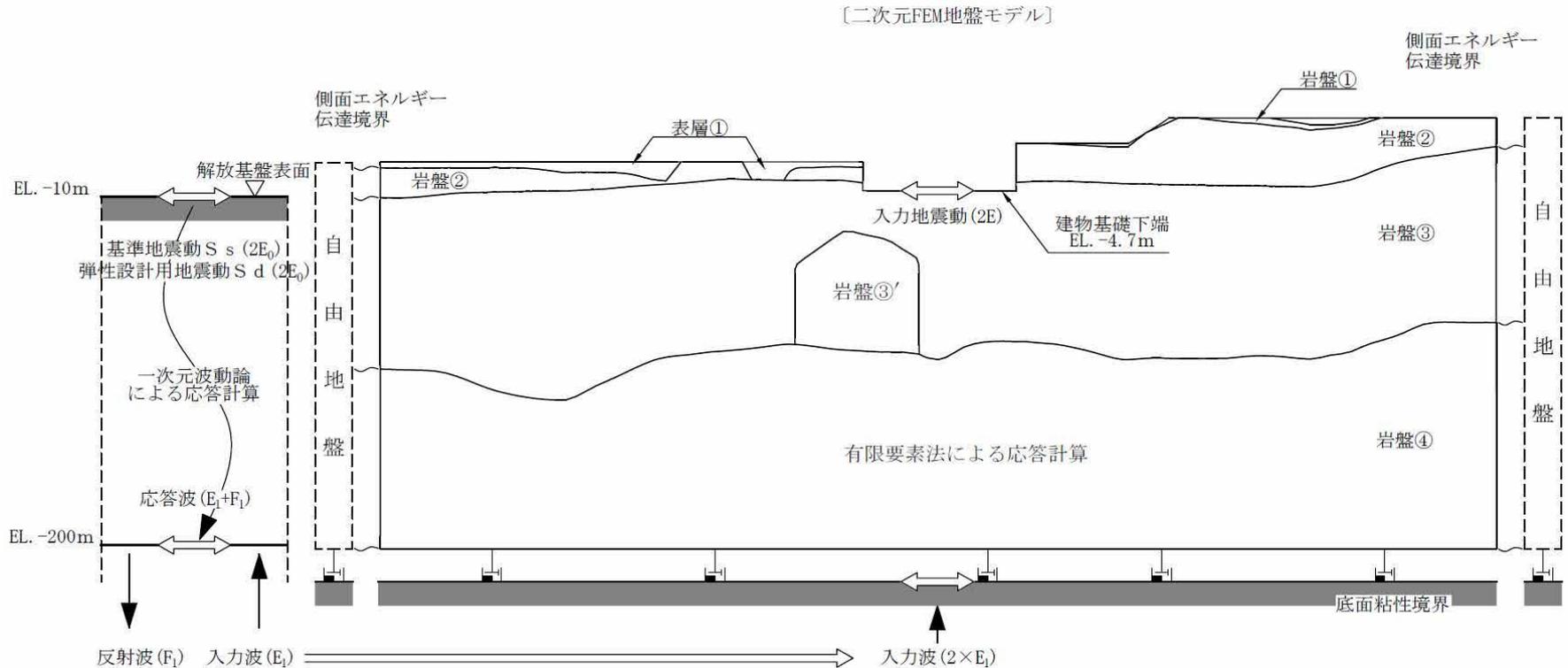
水平方向



鉛直方向

図1.3 岩盤中 (EL-10m) の観測記録の加速度応答スペクトル

# 水平方向の入力地震動作成のモデル (2号炉原子炉建屋の例)



# 地震波が想定値超え

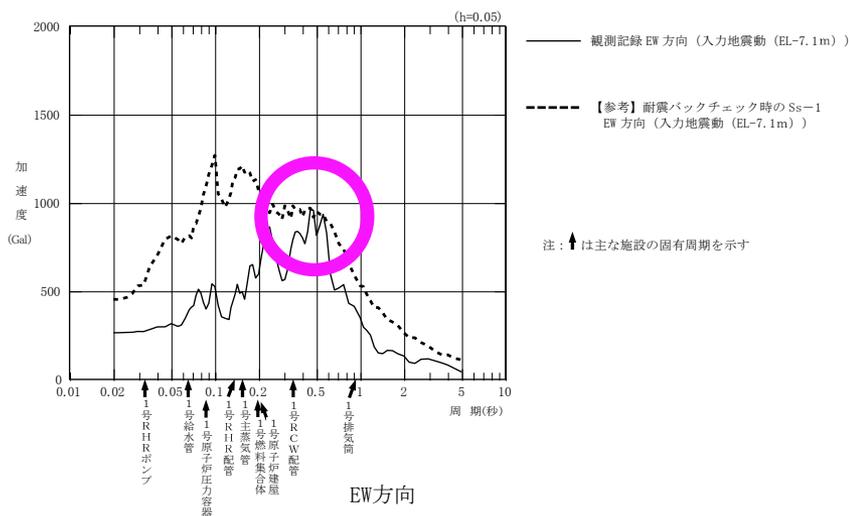
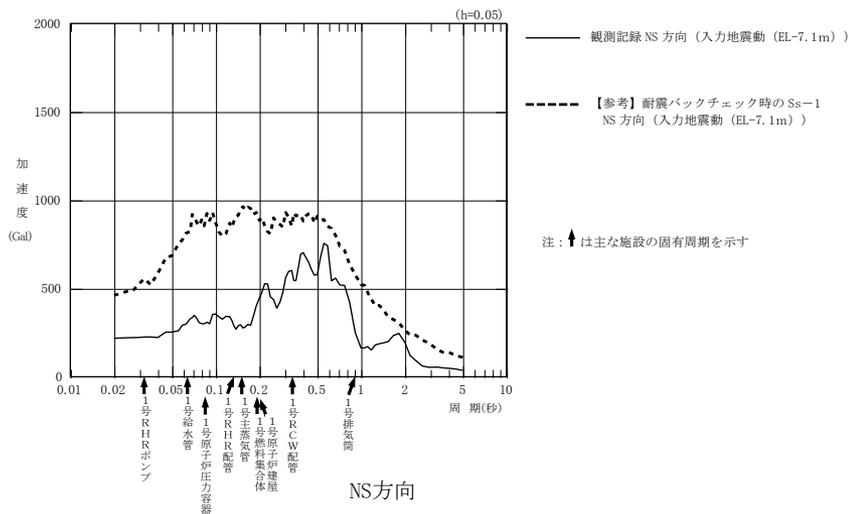


図 2.2 1号炉原子炉建屋における水平方向の入力地震動の加速度応答スペクトル

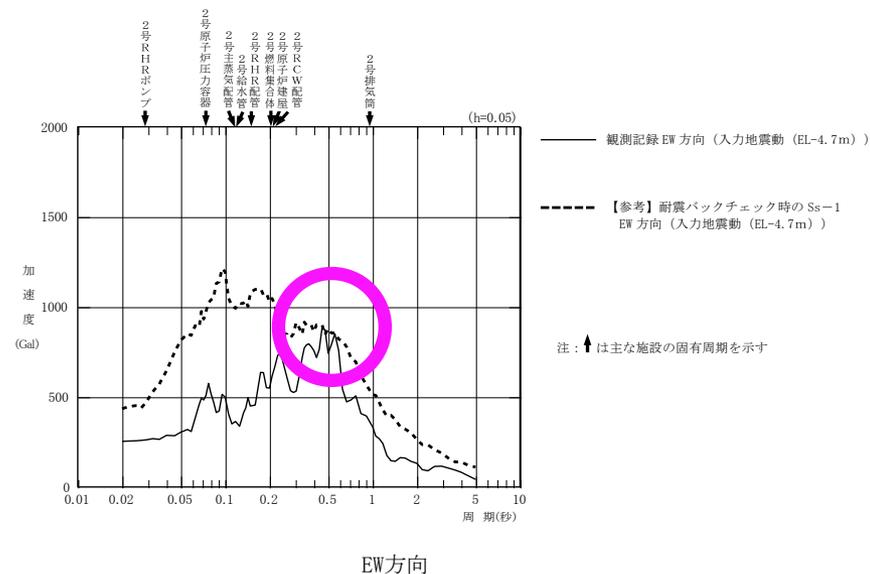
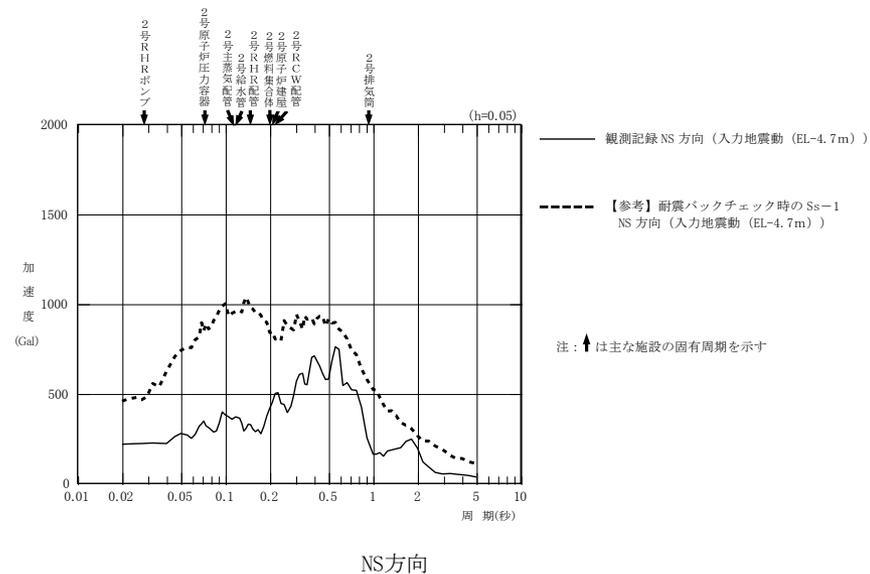
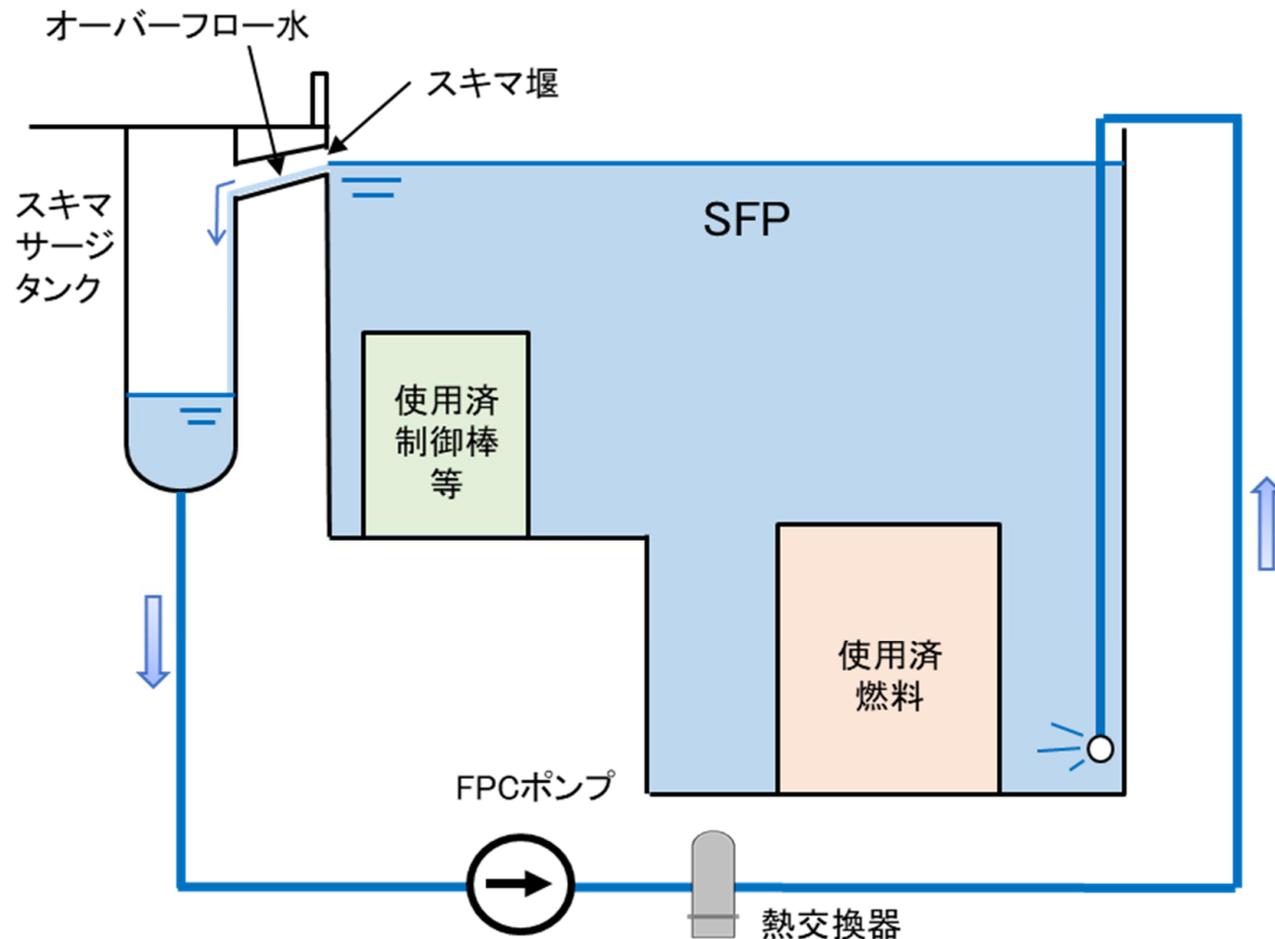


図2.3 2号炉原子炉建屋における水平方向の入力地震動の加速度応答スペクトル

# 使用済み燃料プール浄化系ポンプが停止



北陸電力 志賀原子力発電所 令和6年能登半島地震に伴う  
原子力発電工作物に係る電気関係報告規則第3条に基づく報告（原第55号）

<https://www.nra.go.jp/data/000467650.pdf>

# 志賀原発の使用済み燃料貯蔵量

志賀原発	1号炉	2号炉
使用済み燃料貯蔵プール での貯蔵量：	1196体	1789体
貯蔵容量：	1749体	3788体
<内訳> 新燃料	136体	649体
使用途上の燃料		
照射燃料	20体	68体
原子炉の燃料	368体	872体
使用済み燃料	672体	200体

# 1号炉 変圧器の損傷



起動変圧器 (西面)

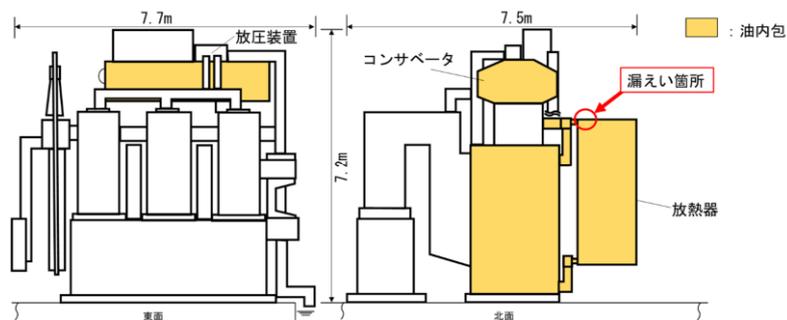
No. 4 放熱器損傷箇所



放圧装置

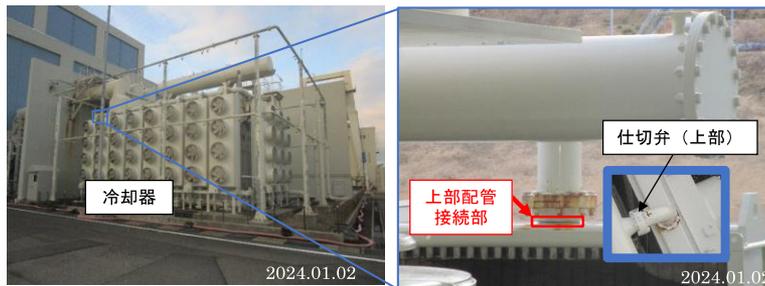
放圧板動作状況

起動変圧器 外観写真



起動変圧器 概要図

# 1号炉 変圧器の損傷

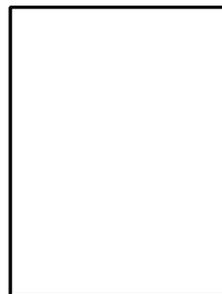


主変圧器 (東面)

No. 11 冷却器上部配管接続部損傷箇所

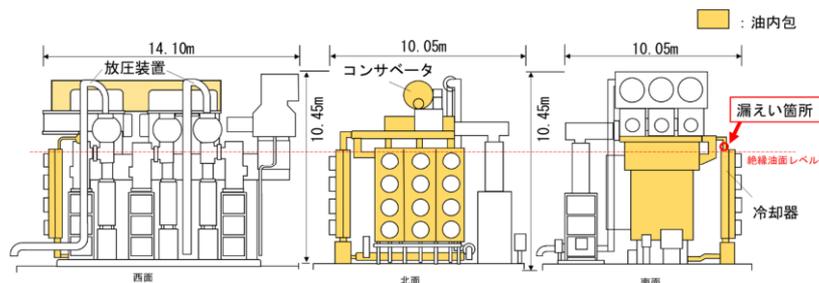


放圧装置



放圧板動作状況

主変圧器 外観写真



※: 気温の変化に伴い絶縁油が膨張した場合においても損傷箇所からの絶縁油の漏えいを防止するため、変圧器本体から絶縁油の抜油 (約1,800ℓ) を実施。

主変圧器 概要図

枠囲みの内容は機密事項の観点から公開できません。

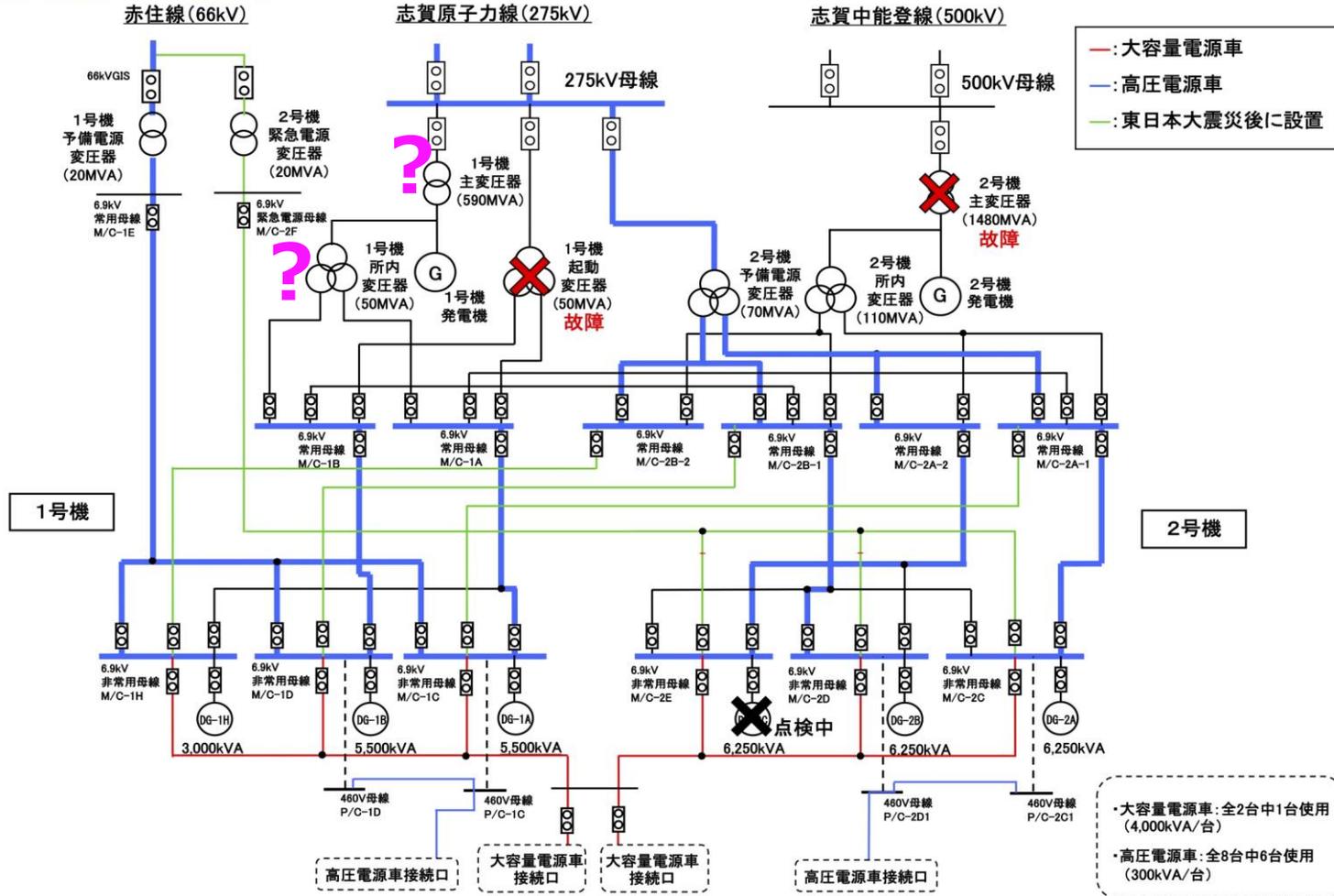
# 変圧器の損傷により外部電源にトラブル

赤住線(66kV)補修に向けた受電切替(1/6)

別紙 2

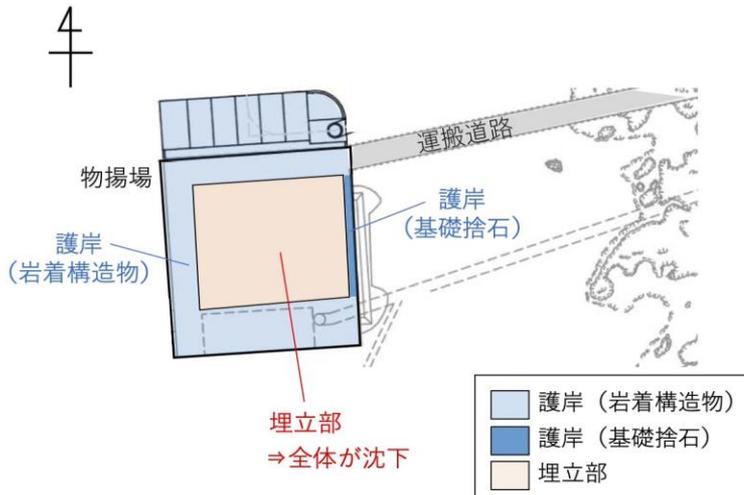
1号機: 66kVより受電, 2号機: 275kVより受電(現在の受電状態)

志賀原子力発電所 単線結線図 (全体)

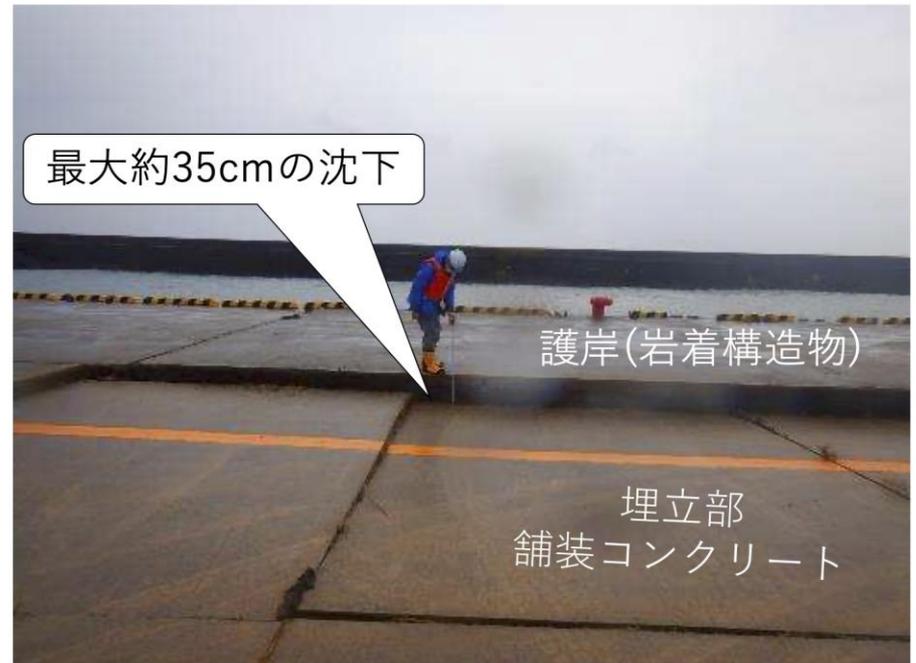


# 物揚場の中央部全体が沈下

- 地震の影響で、物揚場中央の埋立部の舗装コンクリートが沈下し、外側の護岸(岩着構造物)との間に最大約35cmの段差が発生した。



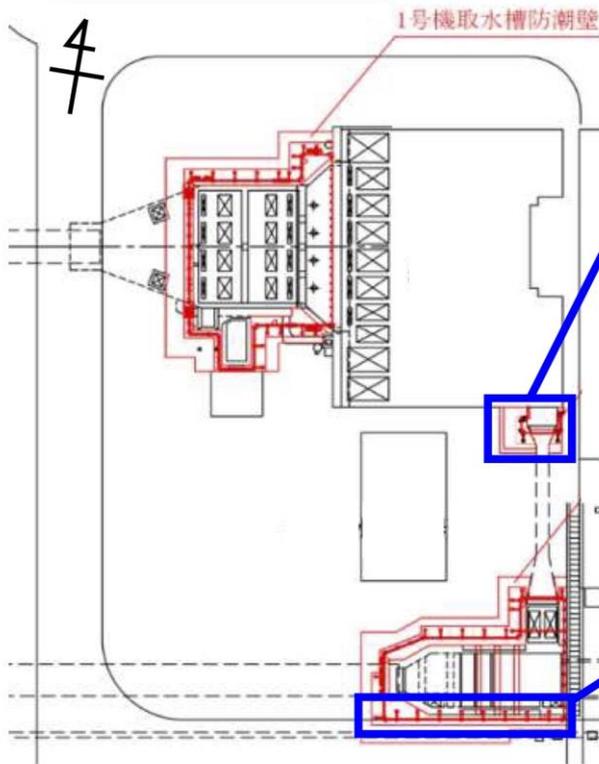
平面図



物揚場埋立部の舗装コンクリート沈下 概要図

# 構造物の基礎が損傷

添付資料 6



1号機 補機冷却排水連絡槽防潮壁（外側）



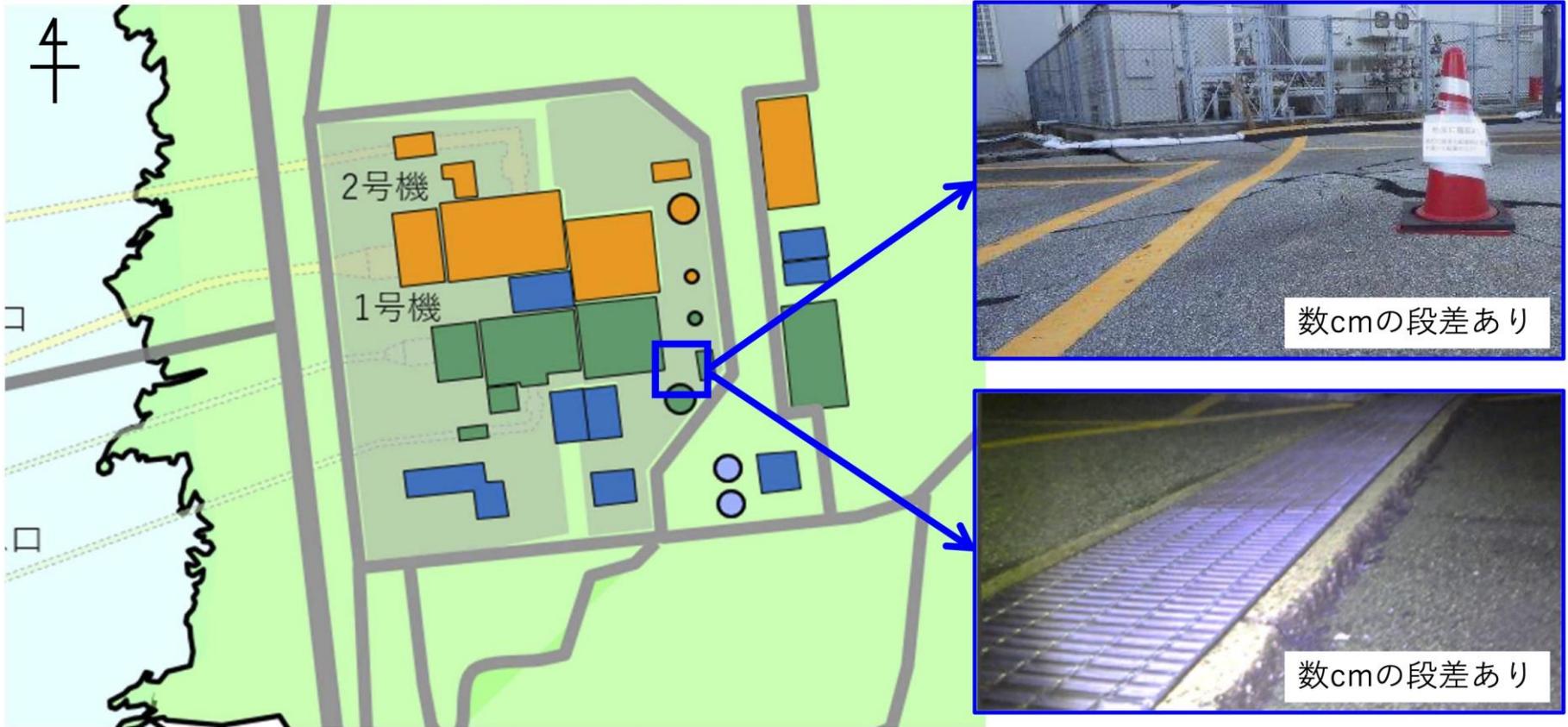
1号機 放水槽防潮壁（内側）



1号機 放水槽及び1号機 補機冷却排水連絡槽防潮壁の基礎の沈下 概要図

# 敷地内の道路が変形

添付資料 7



1号機 高圧電源車使用箇所付近の段差 概要図

## ■ 1号炉における地震の影響



- ①使用済燃料プール冷却浄化系ポンプが一時停止した（約30分後に再起動した）。プール水温は29.5度で変化なし。当初は電源電圧の異常で停止したと北陸電力は説明していたが、現在はスキマサージタンクの水位の低下によるものと推定している。
- ②起動変圧器から3600リットルの絶縁油が漏れた。これにより起動変圧器が使用できなくなったため手動で予備電源変圧器に切り替えて赤住線（66kV）から受電した。地震発生時には放圧板が動作した。No.4放熱器で上部配管接続部の損傷と補強板とフィンの接続部に割れ、No.1～3、No.5～6放熱器には補強板とフィンの接続部にひび割れが見つかった。コンサベータ（変圧器内の絶縁油が温度の変化で膨張する量を吸収するタンク）の内部のゴム袋が揺れによって損傷した可能性がある。
- ③所内変圧器および主変圧器の放圧板が地震の揺れにより動作して開放した。
- ④使用済み燃料プールの水が地震によるスロッシングでオペレーションフロアに飛散した（約95リットル、約17100Bq）。
- ⑤タービン補機冷却水系サージタンクの水位が低下した。原子炉建屋・タービン建屋の換気空調系の冷却コイルが損傷して冷却水が漏えいしたため。
- ⑥放水槽の周囲（全周約108m）に設置された防潮堤（高さ4m）の南側壁が数センチ傾斜した。防潮堤のコンクリート基礎部が地震の影響で数センチ沈下した。補機冷却側連絡通路付近の道路に空隙が見つかった。
- ⑦純水タンクの水位が低下した。屋外の埋設配管から漏えいを確認された。
- ⑧高圧電源車アクセスルート付近の道路の3箇所に数センチの段差が発生した。
- ⑨1月16日に発生した地震により志賀町で震度5弱を計測したことによる保安確認措置として、高圧炉心スプレイディーゼル発電機の試運転をしたところ、自動停止するトラブルが発生。



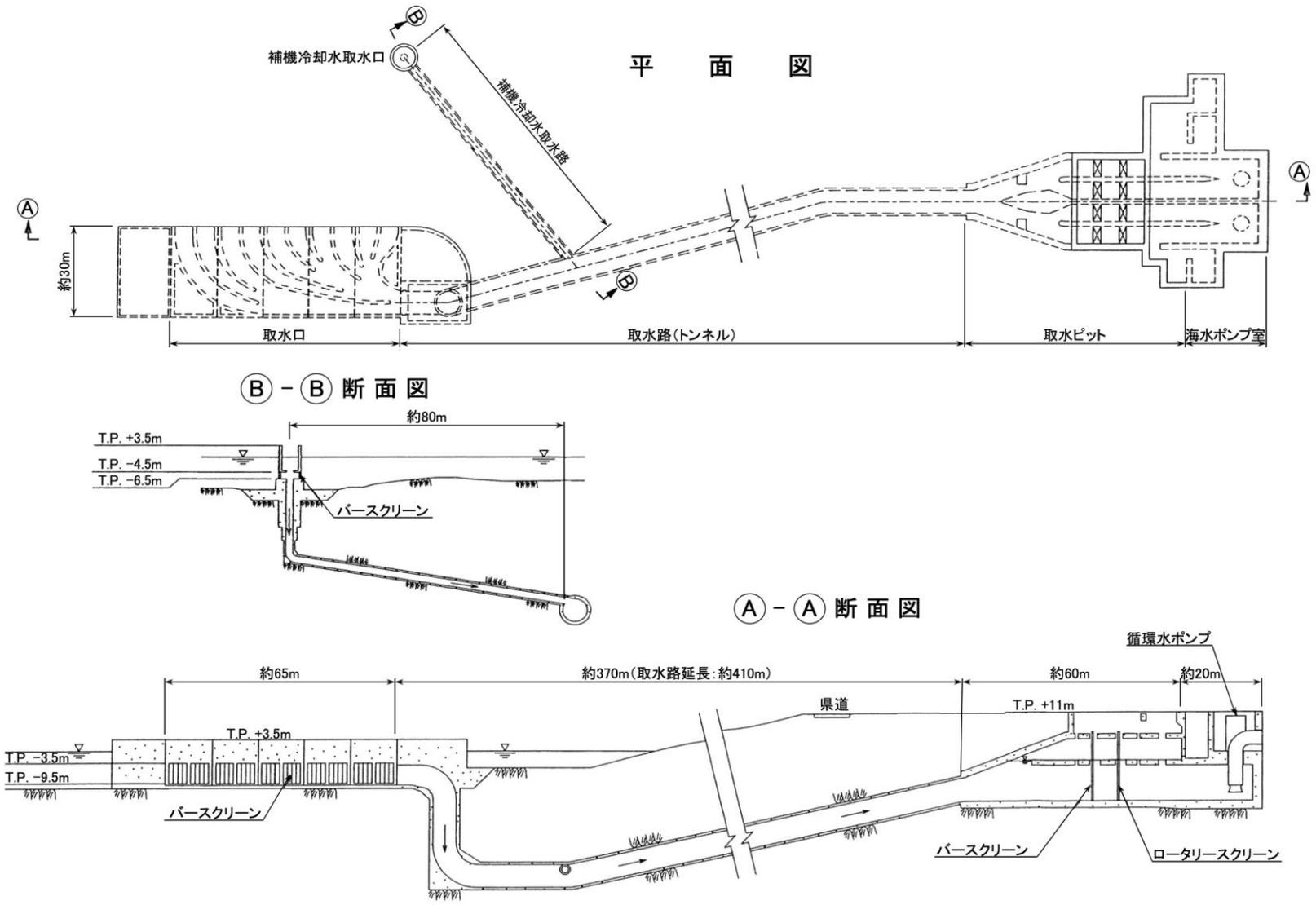
## ■ 2号炉における地震の影響

- ⑩主変圧器から絶縁油が漏えいした（回収された油量は約19800リットル）。予備電源変圧器に自動で切り替わって志賀原子力線（275kV）から受電。噴霧消火設備が自動起動した（火災の発生はなし）。放圧板が動作した。No.11冷却器上部配管接続部に損傷、No.1～No.10冷却器上部配管接続部に塗装ひび割れ、コンサベータと放圧管を接続する配管の損傷が見つかった。
- ⑪励磁電源変圧器の放圧弁が動作し、堰内に絶縁油が約100リットル漏えいした。
- ⑫使用済み燃料プールの水が地震によるスロッシングにより飛散した（約326リットル、約4600Bq）。
- ⑬地震の揺れにより、低圧タービンにて「伸び差大」の警報発生。スラスト軸受けに過剰な力が加わりタービン翼が損傷した可能性が高い。
- ⑭使用済み燃料プール内に保管してあった原子炉冷却材再循環ポンプのインペラ・シャフト検査装置水中TVカメラユニットケーブルカバー（ポリエステル製）の一部がプールの底に落下。
- ⑮本震による津波が到達したため、取水槽内の海面水位が約3m上昇し（17時47分）、約1m低下し（17時52分）ていたことがデータにより確認された。

## ■ 1・2号炉の共通設備における地震の影響

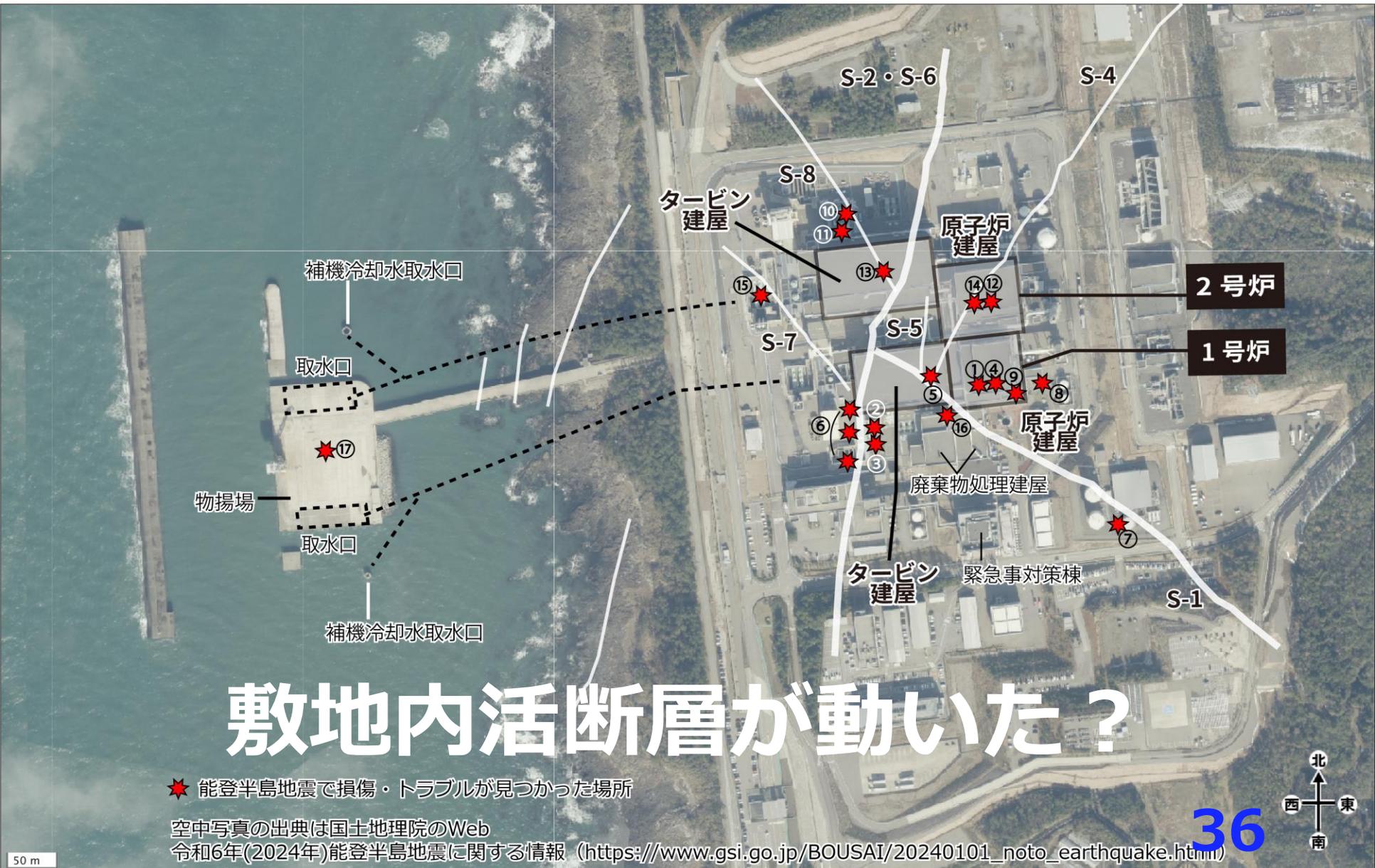
- ⑯1号炉と2号炉の廃棄物処理建屋を接続するゴム製のシール部材（エキспанション）を覆う金属製のカバーが脱落しているのが見つかった。
- ⑰物揚場の埋め立て部（中央部）の舗装コンクリート全体が沈下し、護岸とのあいだに最大35センチ段差が発生した。

# 志賀2号炉の取水設備

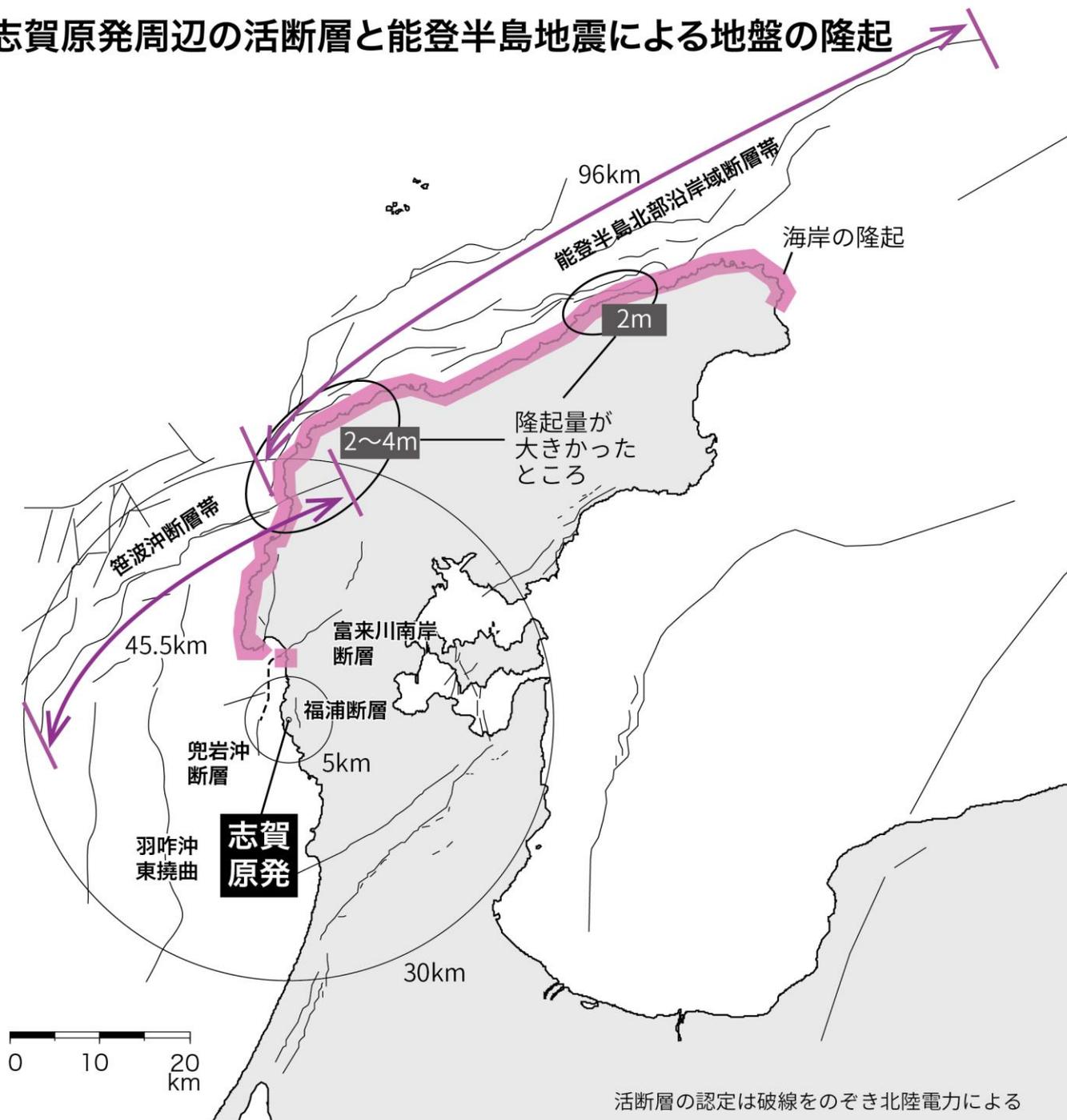


第2.4-1図 取水設備概要図

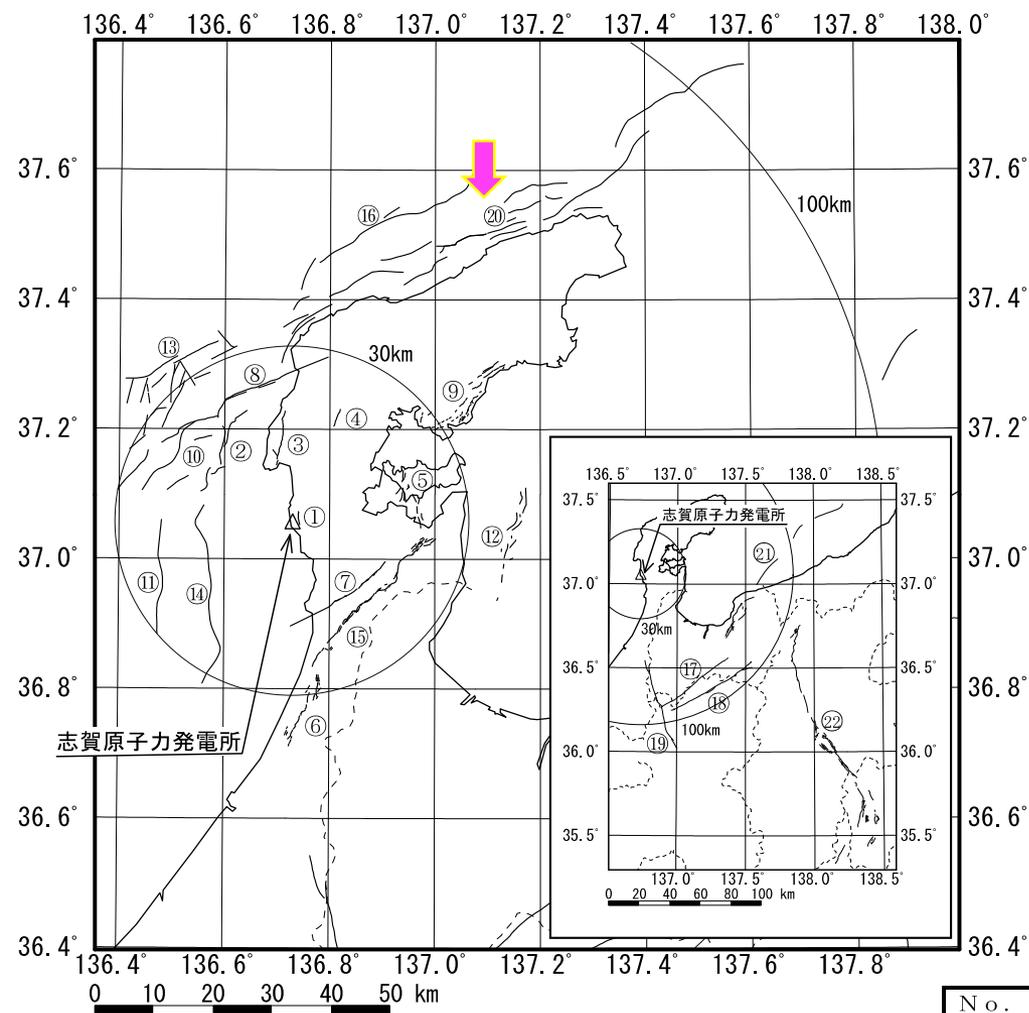
# 志賀原発の事故・トラブルと敷地内活断層



# 志賀原発周辺の活断層と能登半島地震による地盤の隆起



# 志賀原発 2014年8月28日 原子炉設置変更許可申請書



No.	活断層名称	No.	活断層名称
①	福浦断層	⑫	富山湾西側海域断層
②	海士岬沖断層帯	⑬	前ノ瀬東方断層帯
③	酒見断層	⑭	羽咋沖東撓曲
④	富来川断層	⑮	邑知湯南縁断層帯
⑤	能登島半の浦断層帯	⑯	猿山岬北方沖断層
⑥	坪山一八野断層	⑰	牛首断層
⑦	眉丈山第2断層	⑱	跡津川断層帯
⑧	笹波沖断層帯(東部)	⑲	御母衣断層
⑨	能都断層帯	⑳	能登半島北部沿岸域断層帯
⑩	笹波沖断層帯(西部)	㉑	魚津断層帯及び能登半島東方沖
⑪	羽咋沖西撓曲	㉒	糸魚川-静岡構造線活断層系

- ①福浦断層 (Mw6.4,  $X_{sh}=3.1$  km)<sup>※1</sup>
- - - - ②海士岬沖断層帯 (M6.9,  $X_{eq}=15.7$  km)
- ..... ⑦眉丈山第2断層 (M7.0,  $X_{eq}=15.3$  km)
- ⑧笹波沖断層帯 (東部) (M7.0,  $X_{eq}=22.1$  km)
- ⑩笹波沖断層帯 (西部) (M7.1,  $X_{eq}=22.6$  km)
- - - - ⑬前ノ瀬東方断層帯 (M7.3,  $X_{eq}=25.9$  km)
- - - - ⑭羽咋沖東撓曲 (M7.4,  $X_{eq}=26.8$  km)
- ⑯笹波沖断層帯 (全長) (M7.6,  $X_{eq}=22.4$  km)
- - - - ⑱牛首断層 (M7.7,  $X_{eq}=81.8$  km)
- ..... ⑲跡津川断層帯 (M7.9,  $X_{eq}=87.7$  km)
- - - - ⑳能登半島北部沿岸域断層帯 (M8.1,  $X_{eq}=51.6$  km)
- - - - ㉑魚津断層帯及び能登半島東方沖 (M8.3,  $X_{eq}=95.7$  km)
- - - - ㉒糸魚川-静岡構造線活断層系 (M8.5,  $X_{eq}=158$  km)
- ㉓1892年能登の地震 (M6.4,  $X_{eq}=13.1$  km)<sup>※2</sup>

※1 Campbell and Bozrgnia(2008)により評価

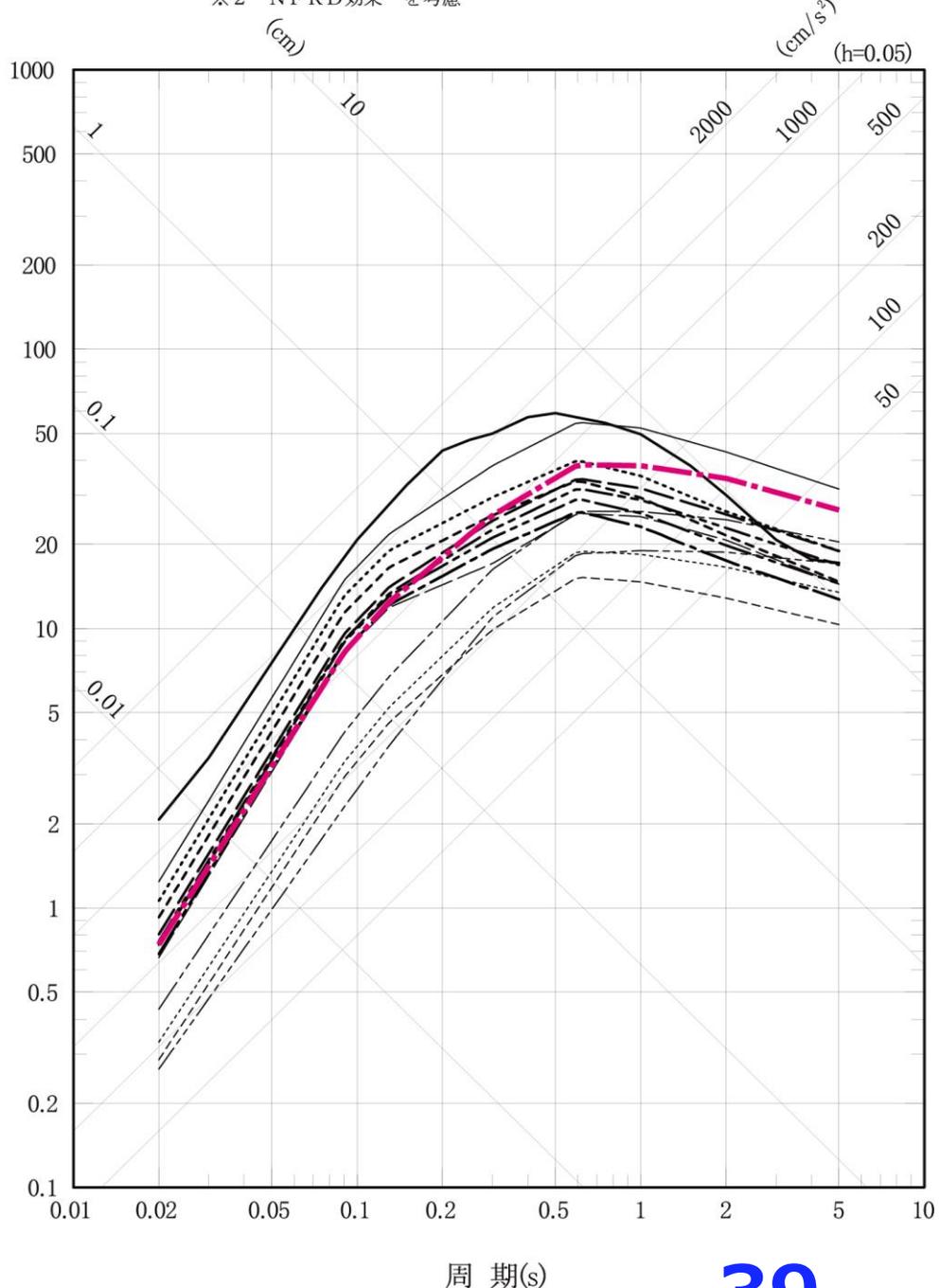
※2 NFRD効果<sup>(48)</sup>を考慮



マグニチュードを  
大きめに  
想定していたが  
観測値に超えられた

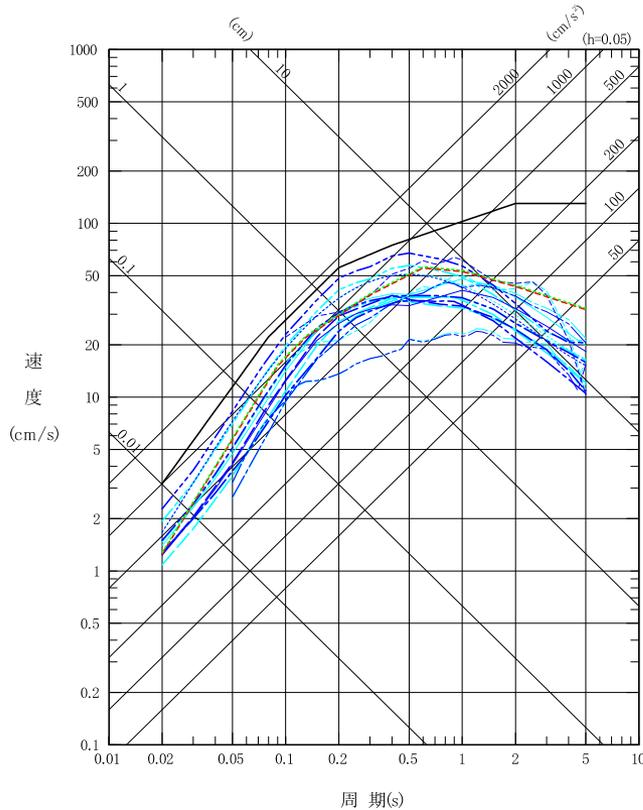
志賀原発 2014年8月28日  
原子炉設置変更許可申請書

速度  
(cm/s)



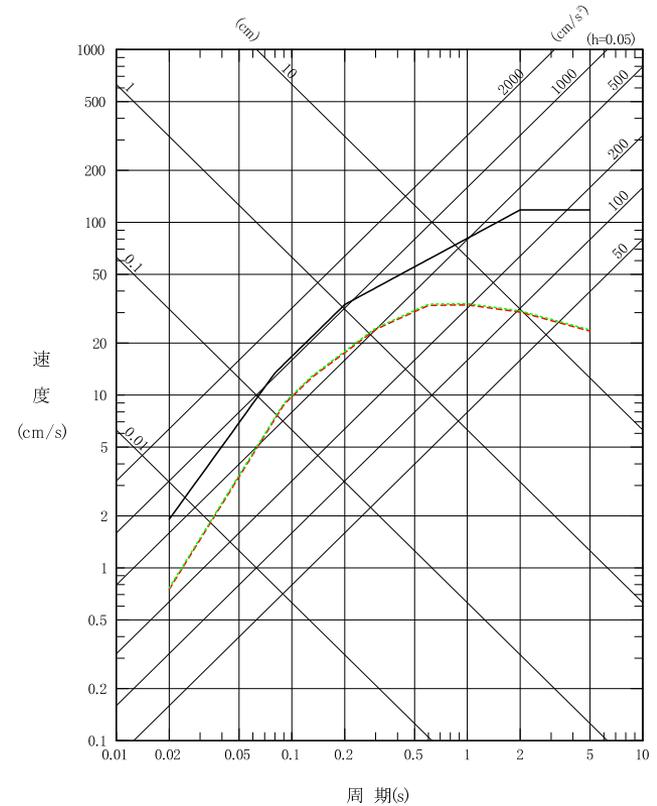
# 志賀原発 2014年8月28日 原子炉設置変更許可申請書

- 基準地震動  $S_s-1_H$
  - - - 笹波沖断層帯(全長) 基本震源モデル (M7.6,  $X_{eq}=22.2\text{ km}$ )
  - ⋯ 笹波沖断層帯(全長) 不確かさを考慮したケース (M7.6,  $X_{eq}=21.9\text{ km}$ )
- 【福浦断層 不確かさを考慮したケース1】    【福浦断層 不確かさを考慮したケース2】
- - - Kanno et al. (2006)
  - - - Zhao et al. (2006)
  - ⋯ 内山・翠川 (2006)
  - - - 片岡ほか (2006)
  - - - Abrahamson and Silva (2008)
  - - - Boore and Atkinson (2008)
  - - - Campbell and Bozorgnia (2008)
  - - - Chiou and Youngs (2008)
  - - - Idriss (2008)



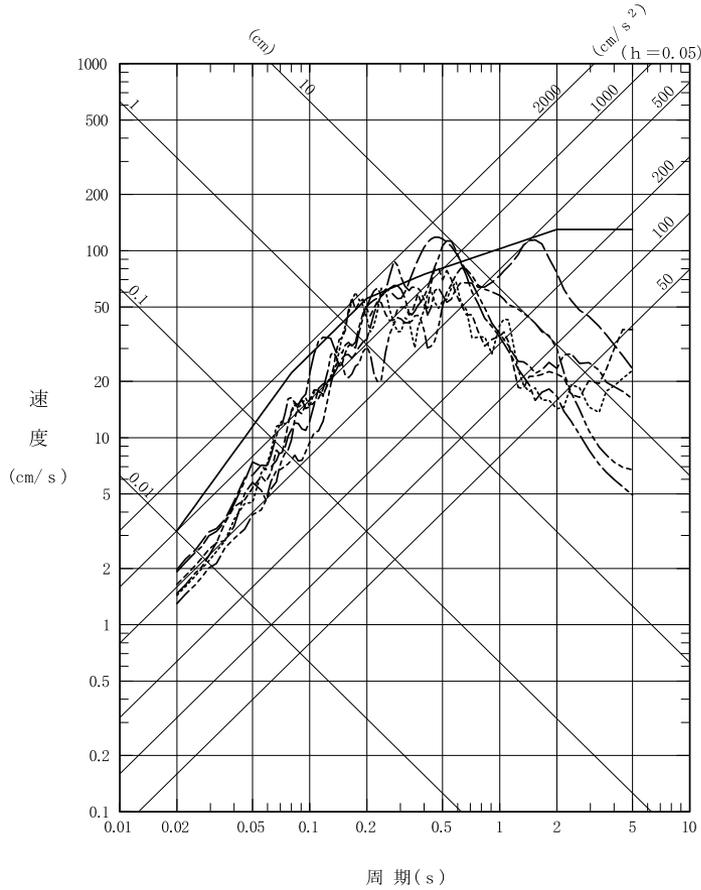
第5.2.7-22図(1) 基準地震動  $S_s-1$  の設計用応答スペクトル  
(水平方向)

- 基準地震動  $S_s-1_V$
- - - 笹波沖断層帯(全長) 基本震源モデル (M7.6,  $X_{eq}=22.2\text{ km}$ )
- ⋯ 笹波沖断層帯(全長) 不確かさを考慮したケース (M7.6,  $X_{eq}=21.9\text{ km}$ )



第5.2.7-22図(2) 基準地震動  $S_s-1$  の設計用応答スペクトル  
(鉛直方向)

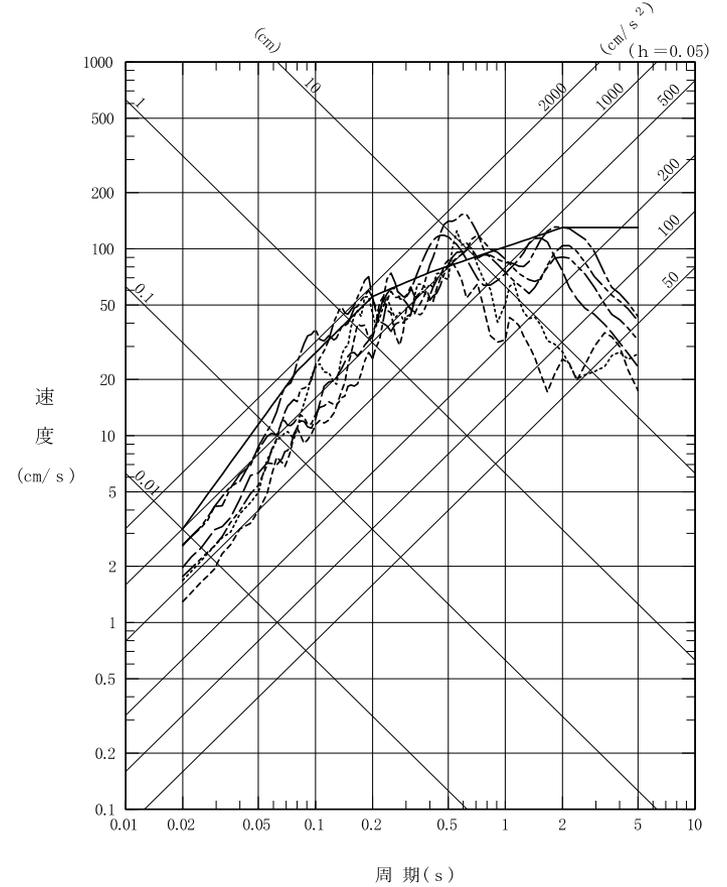
- 基準地震動 S s -1<sub>H</sub>
- - - 基準地震動 S s -2<sub>NS</sub>
- ⋯⋯ 基準地震動 S s -3<sub>NS</sub>
- 基準地震動 S s -4<sub>NS</sub>
- - - 基準地震動 S s -5<sub>NS</sub>
- ⋯⋯ 基準地震動 S s -6<sub>NS</sub>
- - - 基準地震動 S s -7<sub>H</sub>



第5.2.7-26図(1) 基準地震動 S s の応答スペクトル (NS方向)

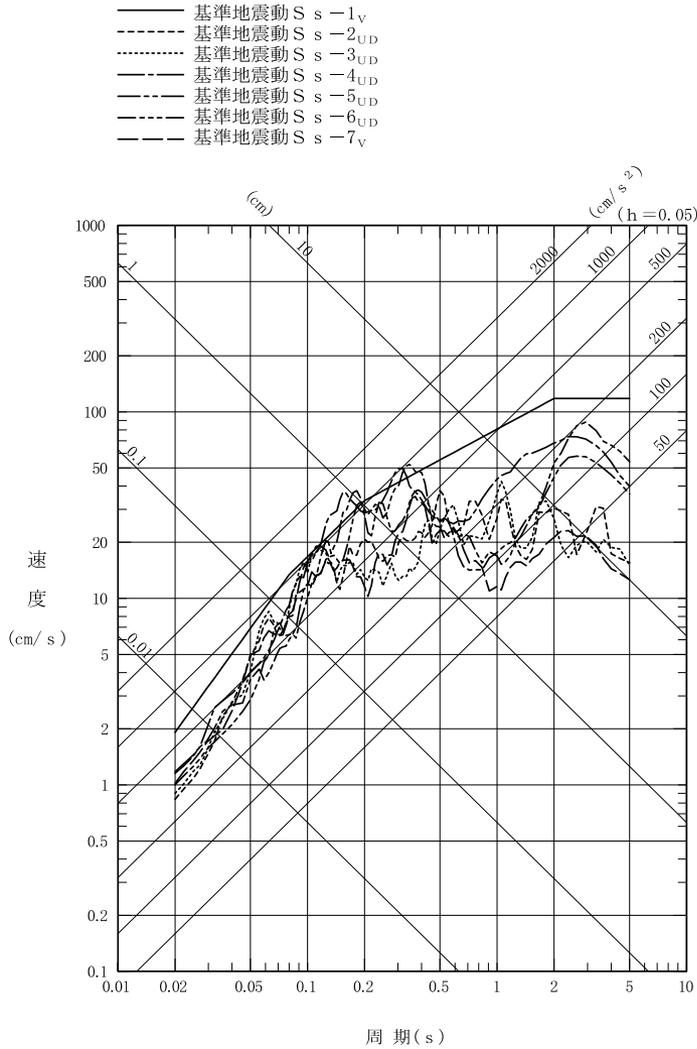
6-5-161

- 基準地震動 S s -1<sub>H</sub>
- - - 基準地震動 S s -2<sub>EW</sub>
- ⋯⋯ 基準地震動 S s -3<sub>EW</sub>
- 基準地震動 S s -4<sub>EW</sub>
- - - 基準地震動 S s -5<sub>EW</sub>
- ⋯⋯ 基準地震動 S s -6<sub>EW</sub>
- - - 基準地震動 S s -7<sub>H</sub>



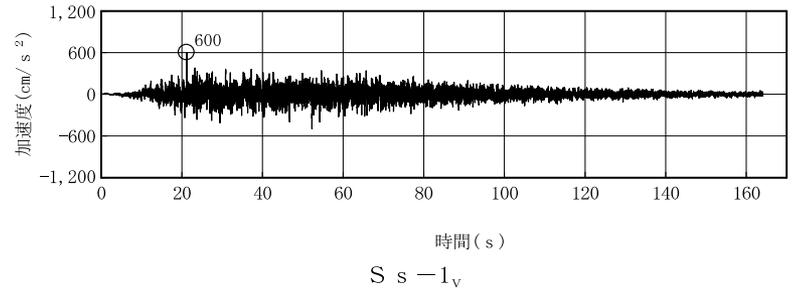
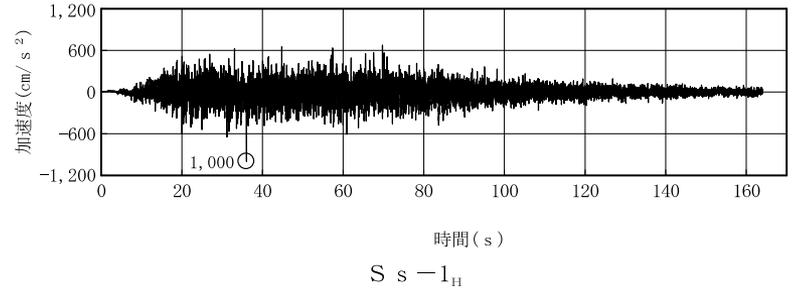
第5.2.7-26図(2) 基準地震動 S s の応答スペクトル (EW方向)

6-5-162



第5.2.7-26図(3) 基準地震動  $S_s$  の応答スペクトル (UD方向)

6-5-163



第5.2.7-28図 基準地震動  $S_s - 1$  の設計用模擬地震波の加速度時刻歴波形

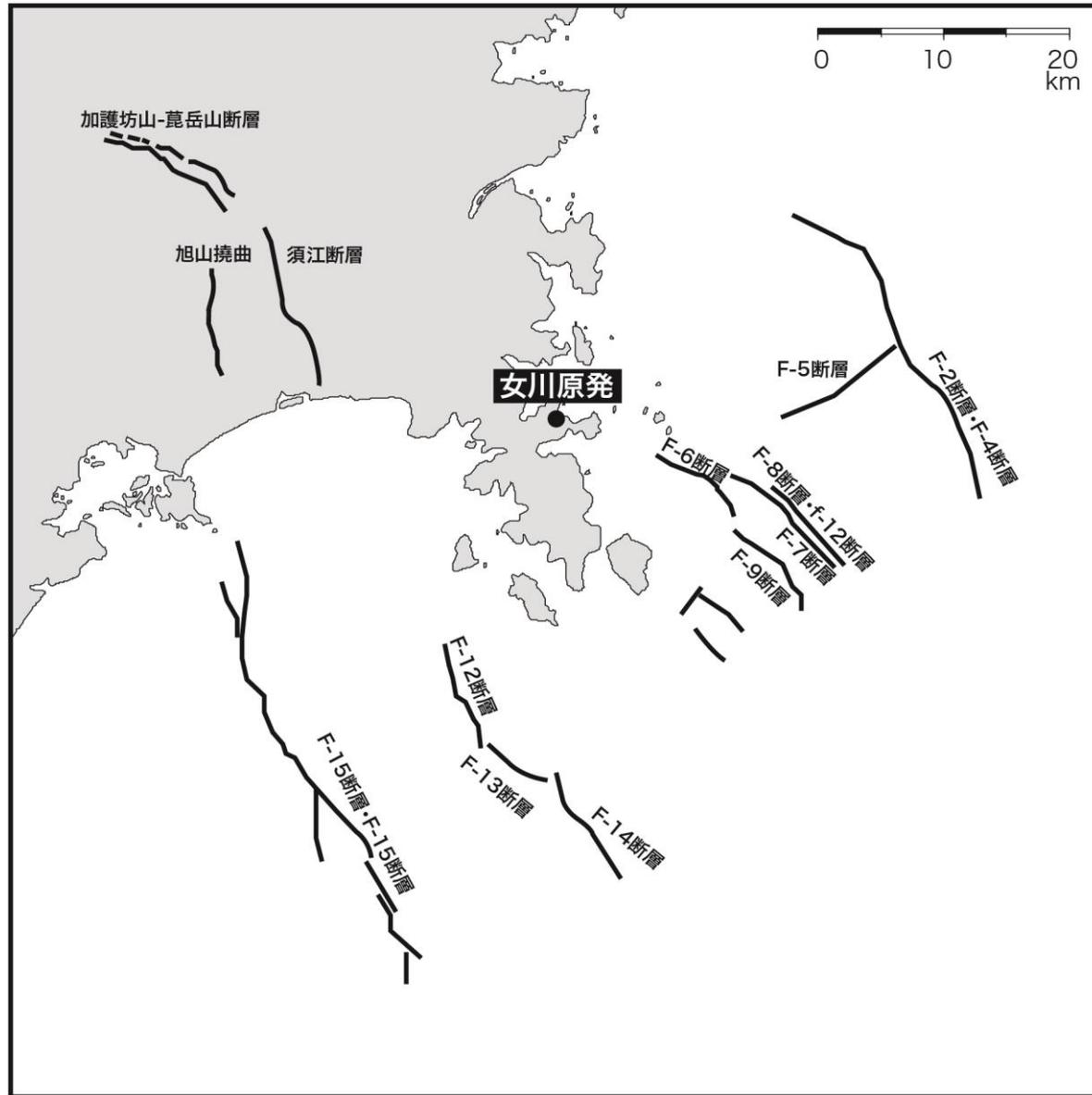
6-5-165

# 原発と核燃料施設の模擬地震動の最大加速度一覧

施設名	設置許可時 (水平) [Gal]		新規基準の 基準地震動Ss[Gal]		解放基盤表面 S波700m/s	地震基盤相当面 S波3000m/s
	S1	S2	水平	鉛直	[m(標高)]	[m(標高)]
泊	226	370	540	500	0	-2000
大間	210	450	917	596	-230	-2210
東通	230	375	654	445	2	-2987
<b>女川</b>	<b>250</b>	<b>375</b>	<b>1000</b>	<b>600</b>	<b>-8.6</b>	<b>-42.8</b>
東海第二	180	270	1009	736	-370	-677
柏崎刈羽1～4	300	450	2300	1050	-284	-2719
柏崎刈羽5～7	300	450	1209	650	-134	-2613
浜岡3	300	450	2094	669	-14	-3550
浜岡4/5	450	600				
<b>志賀</b>	<b>375</b>	<b>490</b>	<b>1000</b>	<b>600</b>	<b>-10</b>	<b>-1190</b>
敦賀	365	532	800	533	-10	-88
美浜	270	405	993	577	0	-450
大飯	270	405	856	613	0	0
高浜1/2	270	360	700	485	2	2
高浜3/4	270	370	700	485	2	2
島根2	320	398	820	547	-10	-955
島根3	320	456				
伊方	330	450	650	485	10	10
玄海	188	370	620	485	-15	-1804
川内1	180	270	620	402	-18.5	-1018.5
川内2	189	372	620	402	-18.5	-1018.5
六ヶ所再処理	230	375	700	467	-70	-3045

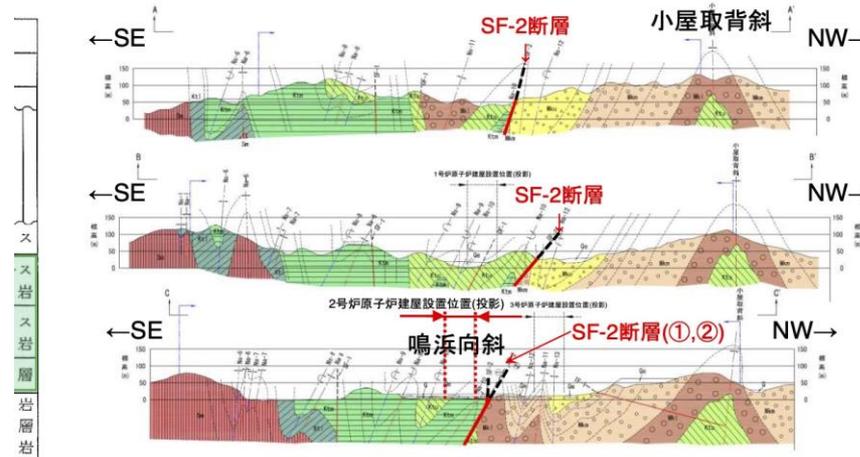
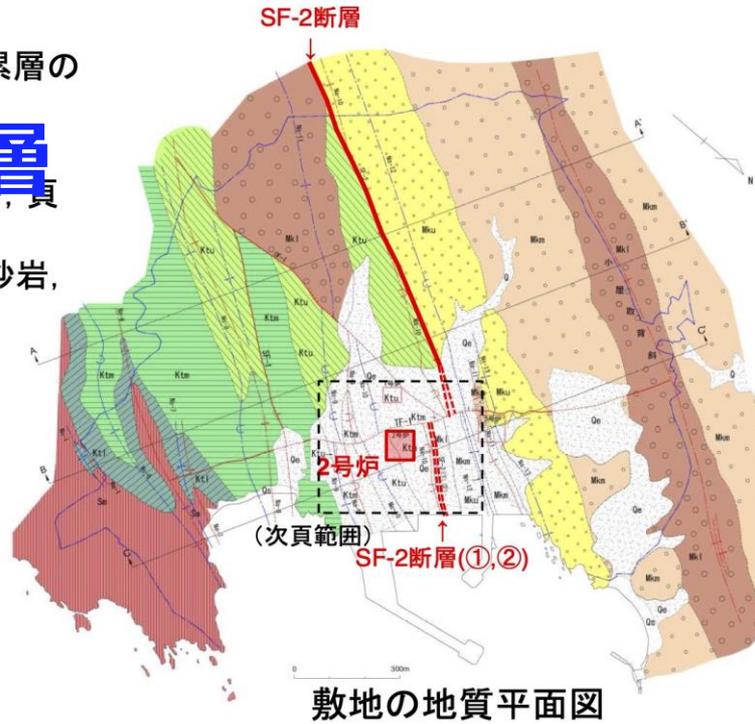
# さて、女川原発ではどうなっているか

女川原発周辺の活断層



# 女川原発 敷地内の断層

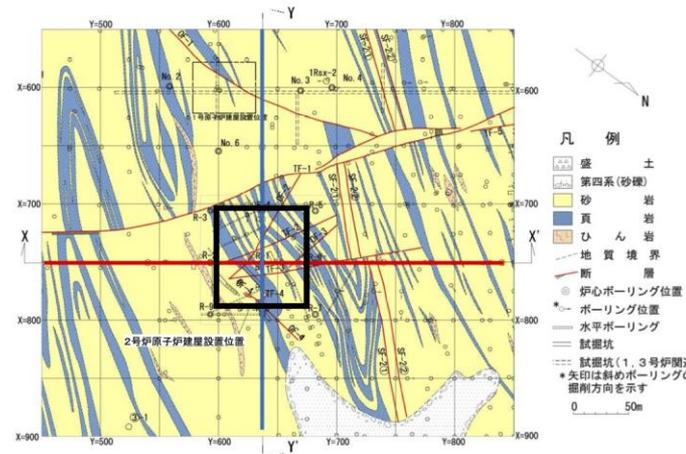
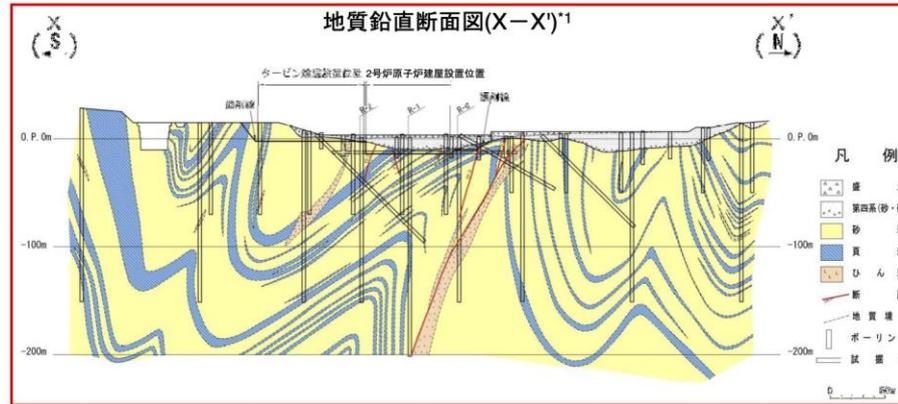
層の  
真  
岩



女川原子力発電所2号炉 基準地震動の策定について

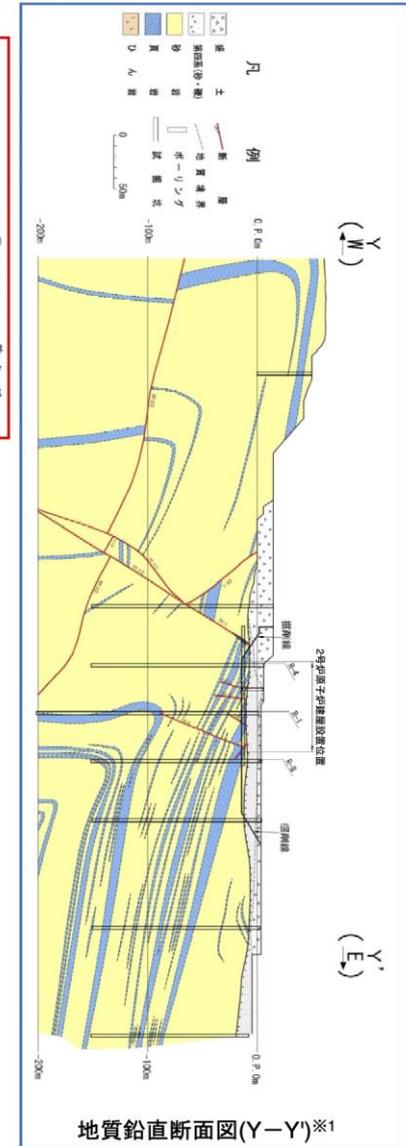
敷地の地質断面図

# 女川原発 敷地内の断層

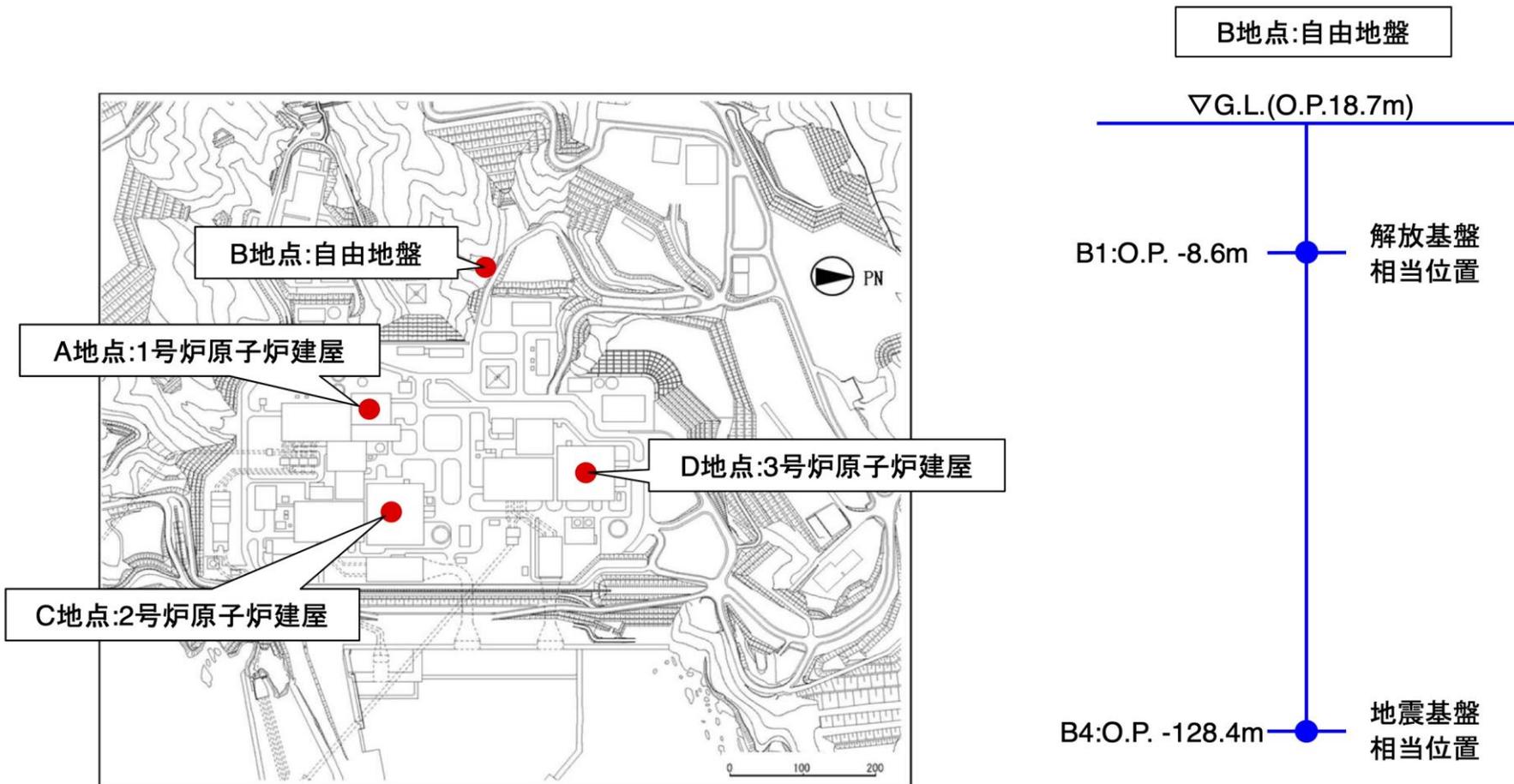


2号炉原子炉建屋設置位置周辺の地質水平断面図(O.P.約-14m)

※1:主に砂岩と頁岩との境界には層理面と平行なシームが認められる。  
⇒ 褶曲構造が形成される過程で生じた「フレキシユラル・スリップ」によるものと考えられる。



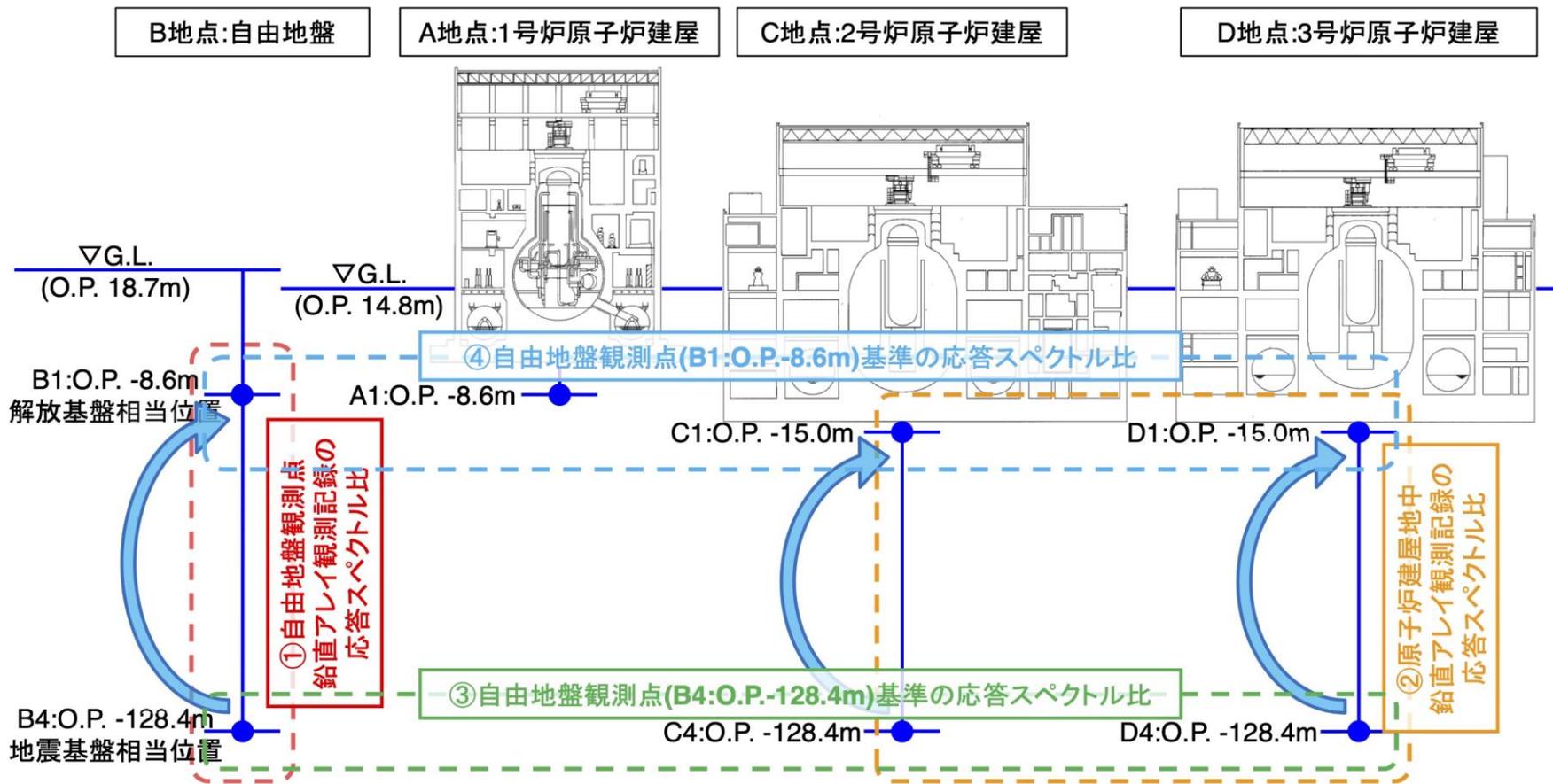
女川原子力発電所2号炉 基準地震動の策定について



敷地における地震観測点

より、そう、ち

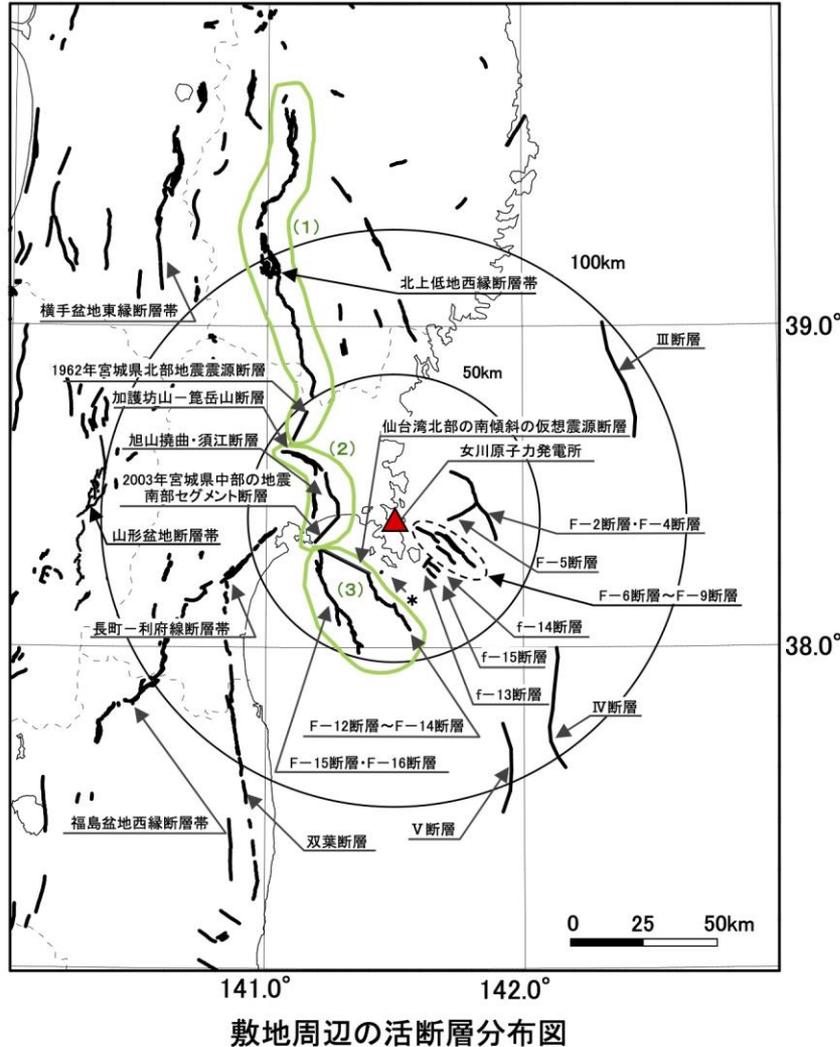
女川原子力発電所2号炉 基準地震動の策定について



女川原子力発電所2号炉 基準地震動の策定について

## ➤ 敷地周辺の主な活断層

・地質調査結果に基づき、敷地周辺の震源として考慮する活断層を示す。



震源として考慮する活断層

断層名		断層長さ	連動考慮※3		
			グループ	断層長さ	
加護坊山-箕岳山断層		約17km	(2)	約35km	
旭山撓曲・須江断層		約16km	(2)		
2003年宮城県中部の地震南部セグメント断層		約12km	(2)		
陸域	30km 以遠※1	長町-利府線断層帯	約40km	—	
		北上低地西縁断層帯※4	約100km	(1)	約112km
		1962年宮城県北部地震震源断層	約12km	(1)	
		山形盆地断層帯	約60km	—	—
		福島盆地西縁断層帯	約70km	—	—
		双葉断層	約110km	—	—
		横手盆地東縁断層帯	約56km	—	—
海域	F-2断層・F-4断層		約27.8km	—	
	F-5断層		約11.2km	—	
	F-6断層～F-9断層		約23.7km	—	
	仙台湾北部の南傾斜の仮想震源断層※2		約20km	(3)	約40km
	F-12断層～F-14断層		約24.2km	(3)	
	F-15断層・F-16断層		約38.7km	(3)	—
	f-13断層		約3.3km	—	—
	f-14断層		約5.1km	—	—
	f-15断層		約3.7km	—	—
	*網地島南西沖で1測線のみで認められる断層		—	—	—
30km 以遠※1	III断層		約41km	—	
	IV断層		約43km	—	
	V断層		約31km	—	

※1:敷地から半径30km以遠の断層については文献調査結果に基づき評価した。

※2:連動可能性を考慮する上で仮想的に設定する断層。

※3:さらに保守的な観点から、地震動評価では(1)～(3)が連動した場合も考慮する。

※4:楢原ほか(2016)による一関-石越撓曲を含む。

黄色網掛けした断層等は、申請時(H25.12.27)から評価が変更になったものを示す。

女川原子力発電所2号炉 基準地震動の策定について

➤ 敷地周辺の主な活断層による地震 断層諸元

No.	断層名	活断層長さ (km)	マグニチュード※1,2 M	等価震源距離※3 (km)	備考
1	F-2断層・F-4断層	27.8	7.2	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>・No.1～No.9の断層長さ及び断層位置は地質調査結果による。</li> <li>・No.10の位置は活断層研究会編(1991)に、No.11及びNo.12の位置は徳山ほか(2001)による。</li> <li>・断層傾斜角は、F-6断層～F-9断層の地質調査結果から60度に設定。</li> <li>・地震発生層は、敷地周辺の微小地震分布等を参考に3～15kmに設定。</li> </ul>
2	F-5断層	11.2	6.7	23	
3	F-6断層～F-9断層	23.7	7.1	19	
4	F-12断層～F-14断層	24.2	7.1	32	
5	f-13断層	3.3	6.7	17	
6	f-14断層	5.1	6.7	23	
7	f-15断層	3.7	6.7	24	
8	F-15断層・F-16断層	38.7	7.5	39	
9	網地島南西沖で1測線のみで認められる断層	—	6.7	27	
10	Ⅲ断層	41	7.5	86	
11	Ⅳ断層	43	7.6	82	
12	Ⅴ断層	31	7.3	91	
13	加護坊山-箕岳山断層	17	6.9	36	
14	旭山撓曲・須江断層	16	6.8	28	
15	2003年宮城県中部の地震南部セグメント断層	—	5.6	28	
16	1962年宮城県北部地震震源断層	12(※4)	6.5	48	・断層位置は、佐藤編著(1989)による。
17	長町-利府線断層帯	40	7.5	61	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震調査研究推進本部(2009a)に基づく。</li> </ul>
18	山形盆地断層帯	60	7.8	118	
19	横手盆地東縁断層帯	56	7.7	125	
20	北上低地西縁断層帯	100	8.2(8.0)	92	
21	福島盆地西縁断層帯	70	7.9	101	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今泉ほか(2018)による。</li> <li>・No.20、22は松田(1975)の適用範囲外だが、武村(1990)と比較し、保守的な評価である松田(1975)を採用。地震規模の()は武村(1990)。算定諸元は補足説明資料p127に示す。</li> <li>・No.21の、断層傾斜角は地震調査研究推進本部(2009a)に基づく。</li> </ul>
22	双葉断層	110	8.2(8.0)	87	

※1: 孤立した短い断層については、震源断層が地震発生層の上限から下限まで拮がっているとした場合を考慮し、断層幅と同等の断層長さを仮定した。

※2: 地震規模は松田(1975)による。ただし、2003年宮城県中部の地震南部セグメント断層及び1962年宮城県北部地震震源断層は、気象庁地震カタログによる。

※3: 等価震源距離は一様断層を仮定して算定。

※4: 震源断層長さ。

: 連動を考慮する断層

女川原子力発電所2号炉 基準地震動の策定について

[https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/topics/pdf/20190927\\_11.pdf](https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/topics/pdf/20190927_11.pdf) **50**

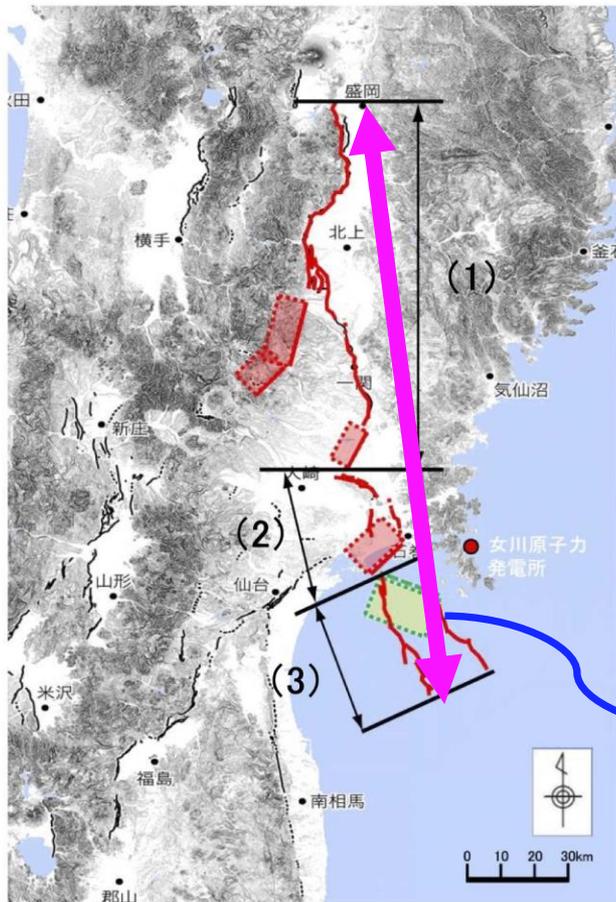
➤ 考慮する活断層の連動

検討用地震の対象として連動を考慮する断層群

連動のグループ	活断層群による地震	活断層長さ (km)	マグニチュード M	等価震源距離 (km)
(1)	北上低地帯～宮城県北部の断層群による地震(※1)	112	8.2	78
(2)	石巻平野周辺の断層群による地震(※2)	44.0	7.6	31
(3)	仙台湾の断層群による地震(※2)	43.1	7.6	31

※1: 地震規模の算定にあたっては、松田(1975)の適用範囲外であるものの、武村(1990)による地震規模と比較し、保守的な評価である松田(1975)を採用(補足説明資料p127)。等価震源距離は一様断層を仮定して算定。

※2: 断層長さは断層モデルによる。地震規模は松田(1975)による。等価震源距離は一様断層を仮定して算定。



今泉ほか(2018)に一部加筆

**これを検討しなくてはいけない!**

➡ **次ページの訂正をご覧ください**

女川原子力発電所2号炉 基準地震動の策定について



前ページでの大きな断層を見逃しているという説明について、風の会の舘脇さんから、下記の資料がありすでに検討済みであることを教えていただきました。訂正いたします。しかし、揺れの評価の手法に志賀原発と同様の問題があることは変わりません。

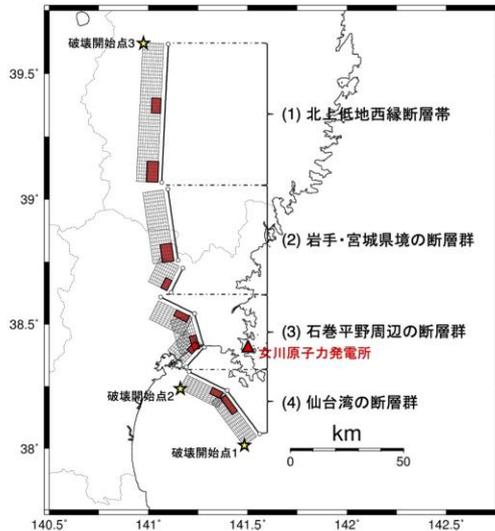
### 4.3 内陸地殻内地震

#### (6) 【参考検討】仙台湾の断層群～北上低地西縁断層帯の連動(192km)ケース

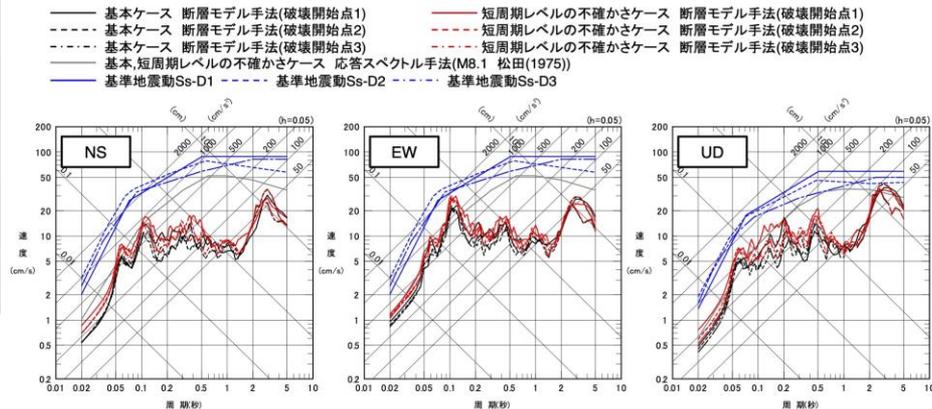
- 参考検討として、北上低地西縁断層帯～岩手・宮城県境の断層群～石巻平野周辺の断層群～仙台湾の断層群の連動(192km)を考慮。
- 断層パラメータは、壇ほか(2015)による長大逆断層の地震動予測レシピに基づき設定。
- なお、基本ケース・不確かさケースとも、後述する基準地震動Ss-D1～3に包絡された。

各断層群の諸元

断層群	断層長さ
(1) 北上低地西縁断層帯	61.1km
(2) 岩手・宮城県境の断層群	43.8km
(3) 石巻平野周辺の断層群	44.0km
(4) 仙台湾の断層群	43.1km

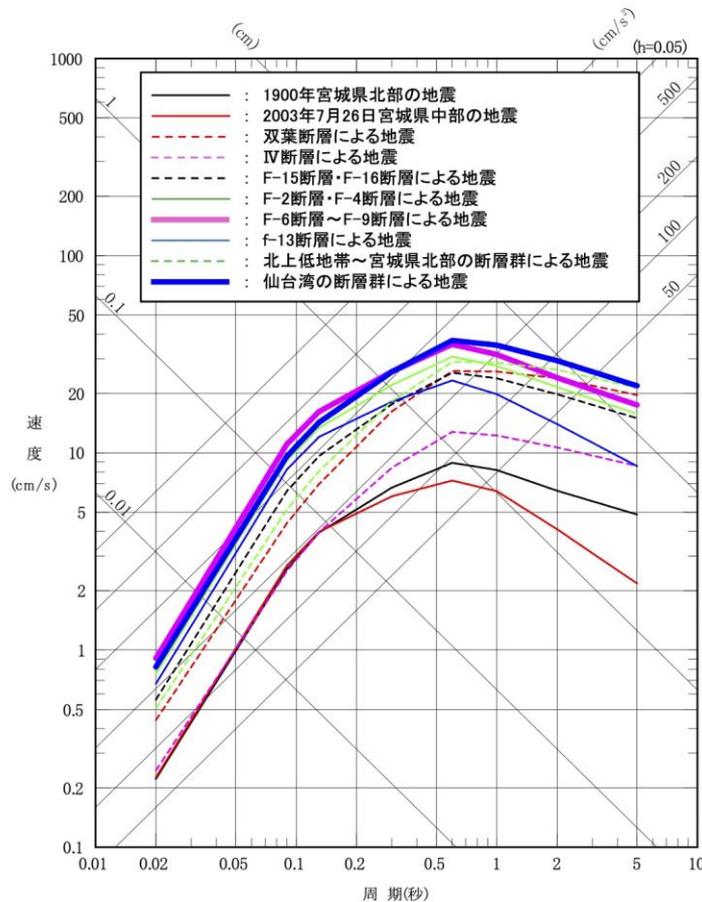


断層モデル平面図



地震動評価結果(基本ケース, 短周期レベルの不確かさケース)

- 検討用地震は、敷地周辺の被害地震、活断層による地震及び連動を考慮する断層群による地震のうち、敷地に対して最も影響の大きい地震を選定した。
- 選定にあたっては、Noda et al.(2002)の応答スペクトルによる比較を行った。



検討用地震の選定  
(Noda et al.(2002), 内陸補正なし)

内陸地殻内地震の検討用地震の選定に用いた地震の諸元

種別	地震	マグニチュード M	等価震源距離 (km)
被害地震 (※1)	1900年宮城県北部の地震	7.0	51
	2003年7月26日宮城県中部の地震	6.4	32
活断層による地震 (※2)	双葉断層による地震	8.2	87
	IV断層による地震	7.6	82
	F-15断層・F-16断層による地震	7.5	39
	F-2断層・F-4断層による地震	7.2	24
	F-6断層～F-9断層による地震	7.1	19
	f-13断層による地震	6.7	17
連動を考慮する断層群による地震 (※3)	北上低地帯～宮城県北部の断層群による地震	8.2	78
	仙台湾の断層群による地震	7.6	31

※1: 点震源として等価震源距離を算定した。

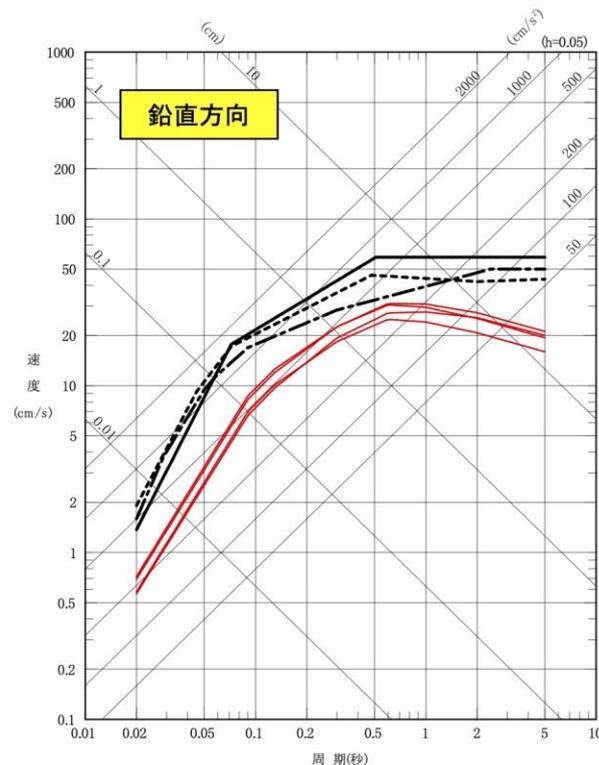
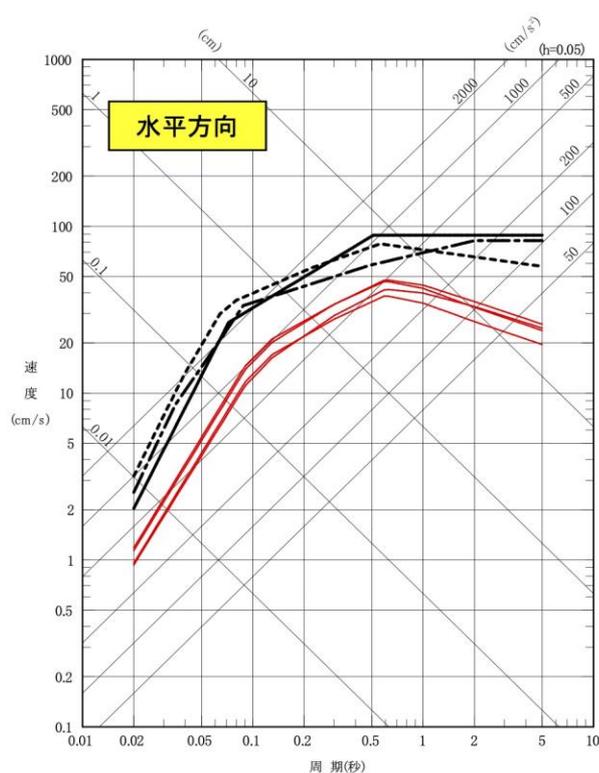
※2: p144に示す活断層による地震。

※3: p145に示す連動を考慮する断層群による地震のうち、断層位置、形状、地震規模と距離の比較から選定した。

検討用地震として「F-6断層～F-9断層による地震」、「仙台湾の断層群による地震」を選定する。

・内陸地殻内地震の応答スペクトル手法による地震動評価結果は、基準地震動S<sub>s</sub>-D1、S<sub>s</sub>-D2及びS<sub>s</sub>-D3の設計用応答スペクトルを下回る。

- 基準地震動S<sub>s</sub>-D1 [プレート間地震の応答スペクトル手法による基準地震動]
- - - - 基準地震動S<sub>s</sub>-D2 [海洋プレート内地震(SMGAマントル内)の応答スペクトル手法による基準地震動]
- · - · 基準地震動S<sub>s</sub>-D3 [海洋プレート内地震(SMGA地殻内)の応答スペクトル手法による基準地震動]
- 内陸地殻内地震の応答スペクトル手法による地震動評価

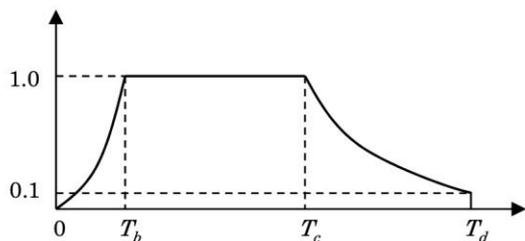


女川原子力発電所2号炉 基準地震動の策定について

## ➤ 模擬地震波の作成: 包絡線の経時的変化

・基準地震動Ss-D1, Ss-D2及びSs-D3の設計用応答スペクトルに適合する模擬地震波は、乱数の位相を持つ正弦波の重ね合わせによって作成するものとし、振幅包絡線の経時的変化については、Noda et al.(2002)の方法に基づき、それぞれ下記に示す形状とする。

模擬地震波	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	マグニチュード M	等価震源距離 X <sub>eq</sub> (km)	振幅包絡線の経時的変化(s)			備考
				T <sub>b</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>d</sub> (継続時間)	
Ss-D1H	640	8.3	132	16.6	47.5	137.9	Mは次頁を参照し、X <sub>eq</sub> はプレート間地震(基本ケース)の断層モデルに基づき設定。
Ss-D1V	430						
Ss-D2H	1000	7.5	72	6.6	24.3	72.0	M, X <sub>eq</sub> は海洋プレート内地震(基本ケース)の断層モデルに基づき設定。
Ss-D2V	600						
Ss-D3H	800	7.5	65	6.6	24.3	69.4	M, X <sub>eq</sub> は海洋プレート内地震(不確かさケース2)の断層モデルに基づき設定。
Ss-D3V	500						



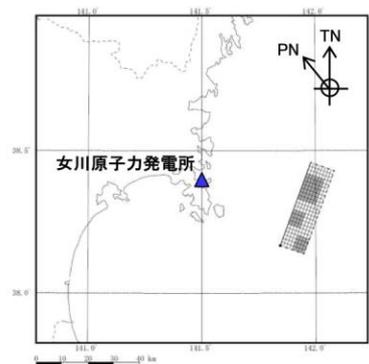
$$T_b = 10^{0.5M-2.93}$$

$$T_c - T_b = 10^{0.3M-1.0}$$

$$T_d - T_c = 10^{0.17M+0.54\log X_{eq}-0.6}$$



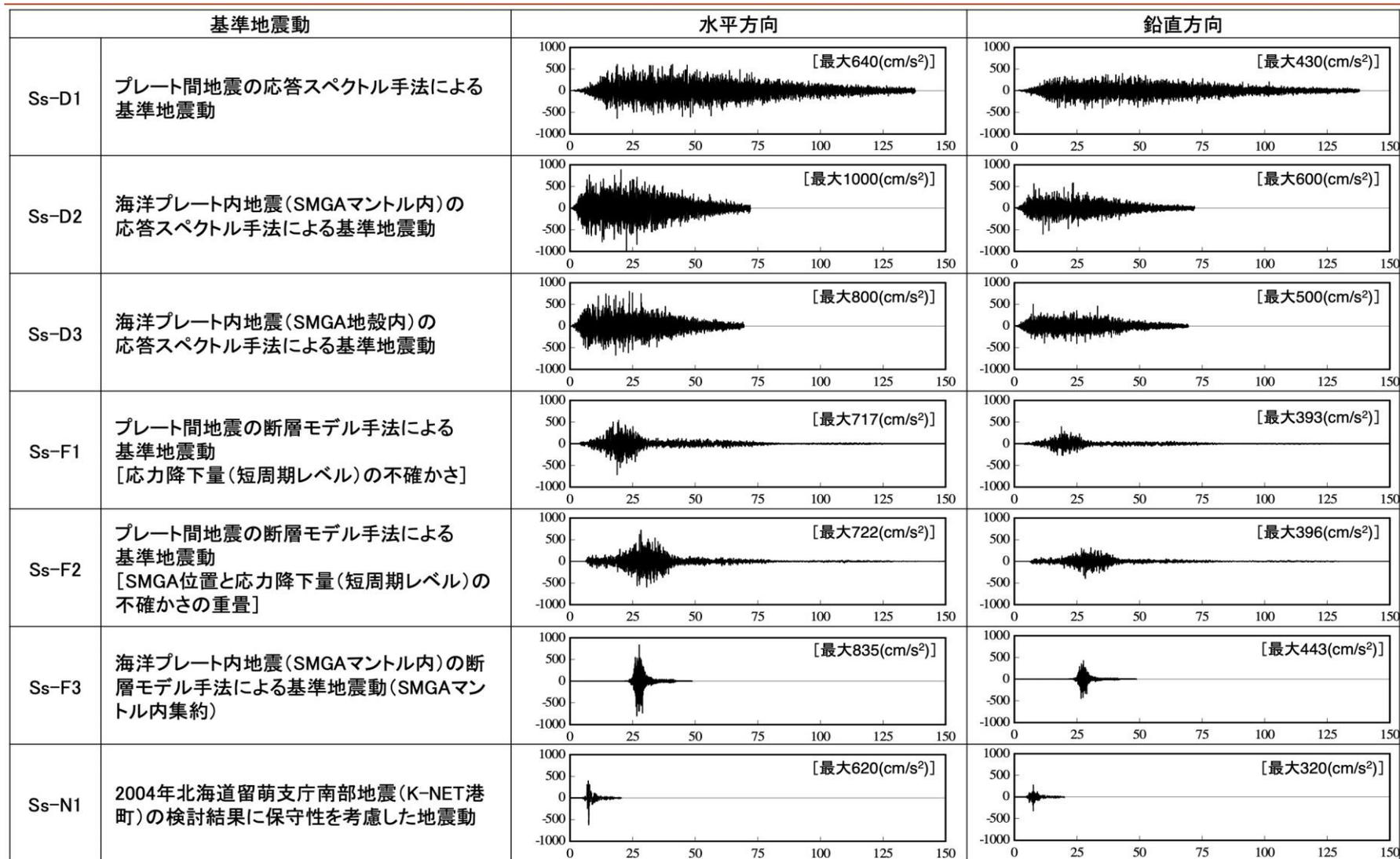
プレート間地震(基本ケース)  
の断層モデル(巨視的面)



海洋プレート内地震(基本ケース)  
の断層モデル



海洋プレート内地震(不確かさケース2)  
の断層モデル



注1: 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形[縦軸: 加速度 (cm/s<sup>2</sup>), 横軸: 時間 (s)]

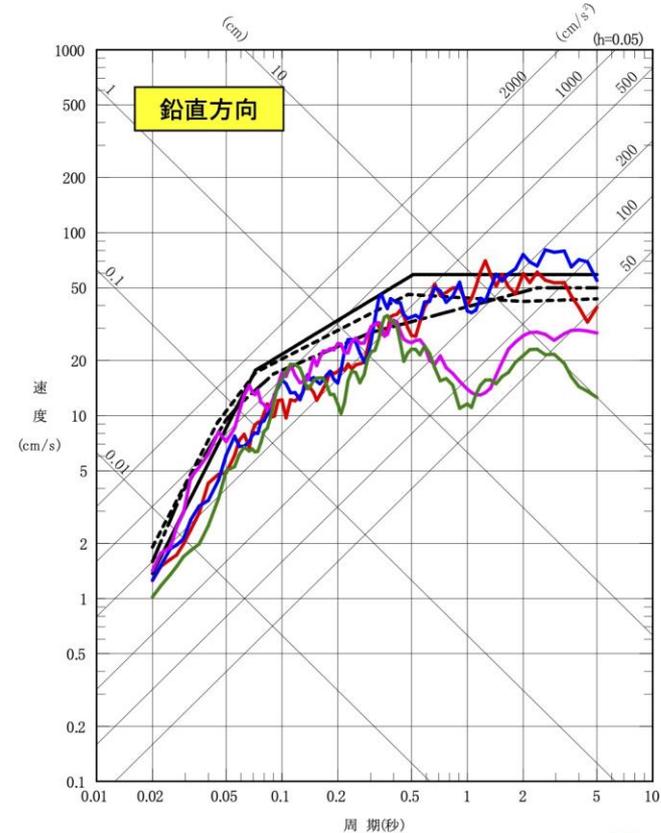
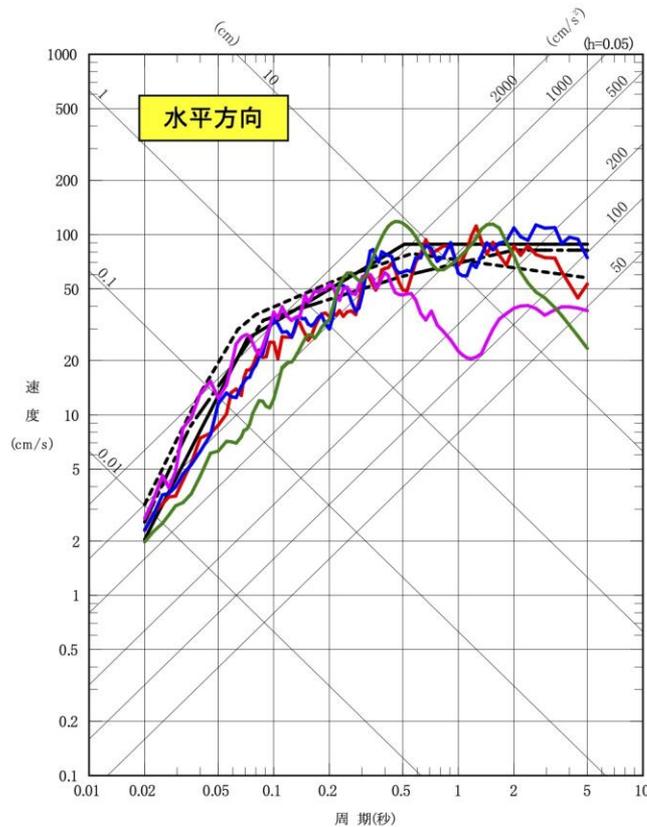
注2: 断層モデルによる基準地震動のSs-F1, Ss-F2, Ss-F3については, 3.11地震, 4.7地震の観測記録との整合性を確認したシミュレーションでの手法(統計的グリーン関数法, 放射特性一定)を用いていることから水平一方向としている。

女川原子力発電所2号炉 基準地震動の策定について

[https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/topics/pdf/20190927\\_11.pdf](https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/topics/pdf/20190927_11.pdf) 56

# 女川原発の基準地震動 (応答スペクトル)

- 基準地震動Ss-D1 [プレート間地震の応答スペクトル手法による基準地震動]
- - - 基準地震動Ss-D2 [海洋プレート内地震 (SMGAマントル内)の応答スペクトル手法による基準地震動]
- · - · 基準地震動Ss-D3 [海洋プレート内地震 (SMGA地殻内)の応答スペクトル手法による基準地震動]
- 基準地震動Ss-F1 [プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動 (応力降下量 (短周期レベル)の不確かさ)]
- 基準地震動Ss-F2 [プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動 (SMGA位置と応力降下量 (短周期レベル)の不確かさの重畳)]
- 基準地震動Ss-F3 [海洋プレート内地震 (SMGAマントル内)の断層モデル手法による基準地震動 (SMGAマントル内集約)]
- 基準地震動Ss-N1 [2004年北海道留萌支庁南部地震 (K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動]



女川原子力発電所2号炉 基準地震動の策定について



- 機器・配管系の耐震評価にあたっては、図1に示すとおり、入力地震動及び地震応答解析モデル（建屋地震応答解析モデル、建屋－大型機器連成地震応答解析モデル\*1）に対して、3.11地震等の影響を踏まえた建屋耐震評価に係る検討結果を適用し、設計用地震力を設定した。
- 上記で設定した設計用地震力に対して、機器・配管系の耐震評価を実施し、いずれも耐震性が確保されること（設計成立性）を確認した（評価結果は別紙参照）。

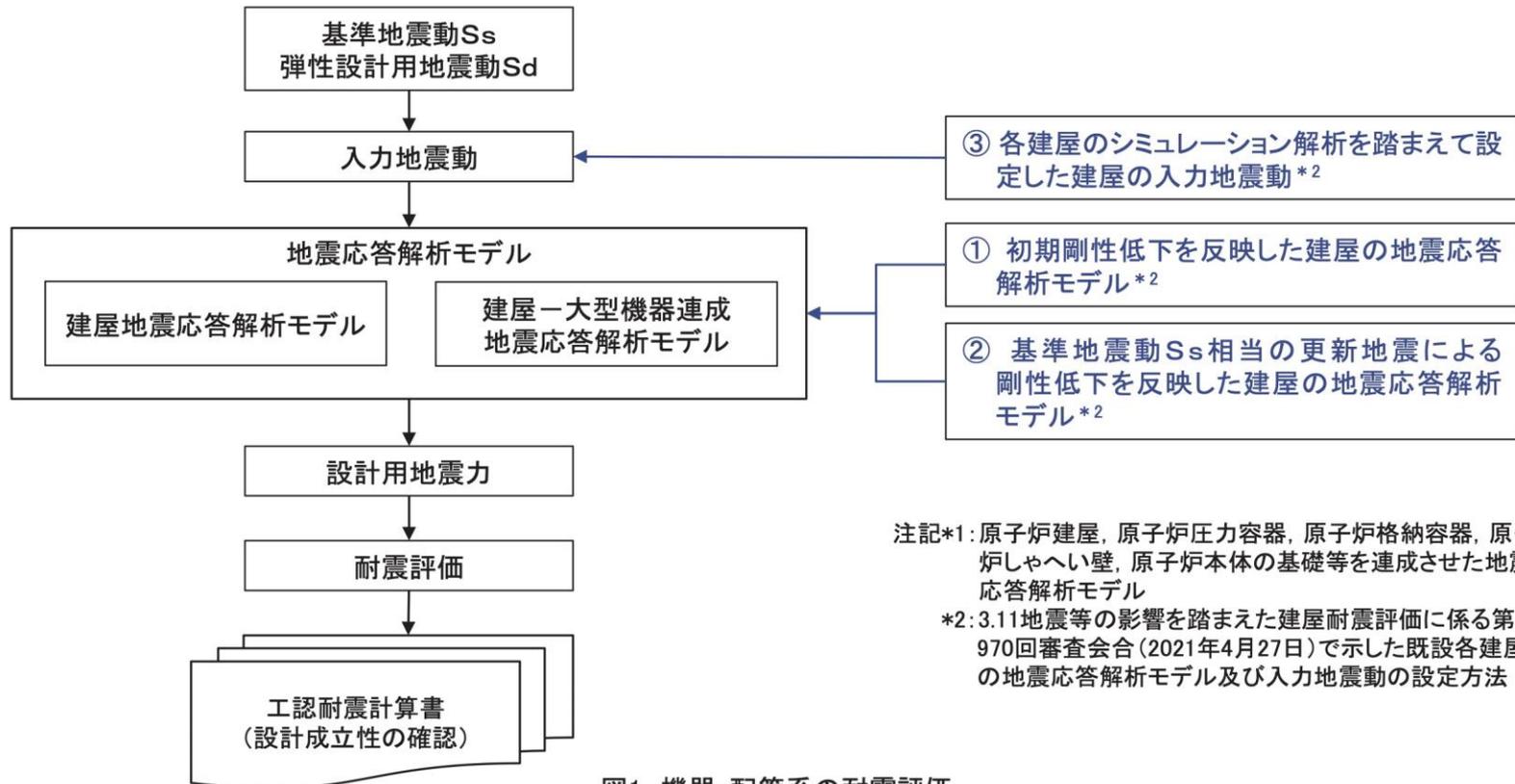


図1 機器・配管系の耐震評価



- 表1に各施設ごとの耐震評価結果及び代表設備の評価結果例\*を示す。なお、上記以外の評価結果も含めて工認耐震計算書として取り纏めている。

注記\*：代表設備のうち最小裕度となる評価部位の評価結果

表1 機器・配管系の耐震評価結果(1/4)

### VI-2-3 原子炉本体の耐震性についての計算書【24図書】

評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動 $S_s$ )	許容値 (許容応力状態 $IV_{AS}$ )	評価結果
○	VI-2-3-4-1-2 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書	ノズルセーフ エンド (低圧注水ノズル)	疲労	0.871	1	○

### VI-2-4 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震性についての計算書【10図書】

評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動 $S_s$ )	許容値 (許容応力状態 $IV_{AS}$ )	評価結果
○	VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック(第1, 2号機 共用)の耐震性についての計算書	補強板d (170体ラック)	組合せ応力 (引張り+せん断)	193MPa	205MPa	○

### VI-2-5 原子炉冷却系統施設の耐震性についての計算書【38図書】

評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動 $S_s$ )	許容値 (許容応力状態 $IV_{AS}$ )	評価結果
○	VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書 (残留熱除去系)	メカニカル スナッパ	曲げ応力	323MPa	404MPa	○



表1 機器・配管系の耐震評価結果(2/4)

VI-2-6 計測制御系統施設の耐震性についての計算書【73図書】						
評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動S <sub>s</sub> )	許容値 (許容応力状態IV <sub>A</sub> S)	評価結果
○	VI-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書	制御棒挿入性	燃料集合体 相対変位	54.2mm	60mm	○
VI-2-7 放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性についての計算書【2図書】						
評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動S <sub>s</sub> )	許容値 (許容応力状態IV <sub>A</sub> S)	評価結果
○	VI-2-7-3-1-1 管の耐震性についての計算書 (放射性ドレン移送系)	配管本体	一次+二次 応力	331MPa	398MPa	○
VI-2-8 放射線管理施設の耐震性についての計算書【16図書】						
評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動S <sub>s</sub> )	許容値 (許容応力状態IV <sub>A</sub> S)	評価結果
○	VI-2-8-3-1-5 中央制御室再循環フィルタ装置の 耐震性についての計算書	基礎ボルト	せん断応力	38MPa	159MPa	○



表1 機器・配管系の耐震評価結果(3/4)

VI-2-9 原子炉格納施設の耐震性についての計算書【34図書】						
評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動S <sub>S</sub> )	許容値 (許容応力状態IV <sub>A</sub> S)	評価結果
○	VI-2-9-2-1-2 サブプレッションチェンバの耐震性についての計算書	外側ボックス サポート取付部 (P10)	一次+二次 応力	330MPa	393MPa	○
VI-2-10 その他発電用原子炉の附属施設の耐震性についての計算書【43図書】						
評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動S <sub>S</sub> )	許容値 (許容応力状態IV <sub>A</sub> S)	評価結果
○	VI-2-10-1-2-1-1 非常用ディーゼル発電設備 機関・発電機の耐震性についての計算書	軸受台 取付ボルト (発電機)	引張り応力	136MPa	204MPa	○
VI-2-11 波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性についての計算書【6図書】						
評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動S <sub>S</sub> )	許容値 (許容応力状態IV <sub>A</sub> S)	評価結果
○	VI-2-11-2-8 原子炉建屋クレーンの耐震性についての計算書	脱線防止ラグ	圧縮応力	261MPa	308MPa	○



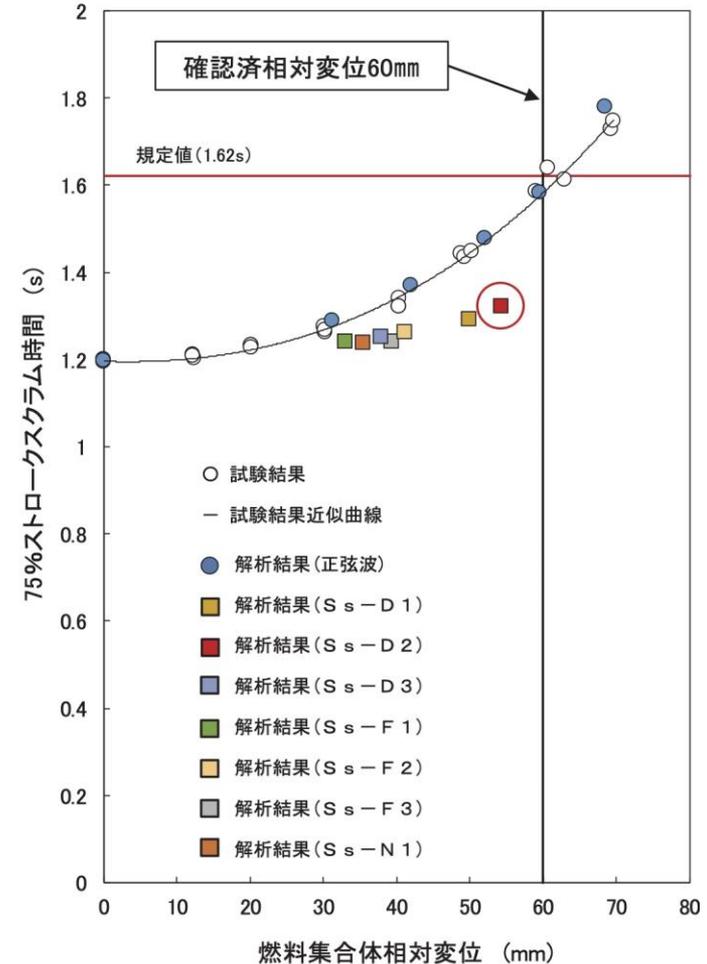
表1 機器・配管系の耐震評価結果(4/4)

VI-2-別添1 火災防護設備の耐震性についての計算書【6図書】						
評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動 $S_s$ )	許容値 (許容応力状態 $IV_A S$ )	評価結果
○	VI-2-別添1-7 消火配管の耐震性についての計算書	配管本体	一次+二次 応力	331MPa	410MPa	○
VI-2-別添2 溢水防護に係る施設の耐震性に関する説明書【1図書】						
評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動 $S_s$ )	許容値 (許容応力状態 $IV_A S$ )	評価結果
○	VI-2-別添2-2 溢水源としない耐震B, Cクラス機器 の耐震性についての計算書	配管本体 (給水系)	一次+二次 応力	389MPa	438MPa	○
VI-2-別添3 可搬型重大事故等対処設備等の耐震性に関する説明書【2図書】						
評価結果	〔代表設備の評価結果例〕	評価部位	応力分類	発生値 (基準地震動 $S_s$ )	許容値 (許容応力状態 $IV_A S$ )	評価結果
○	VI-2-別添3-4 可搬型重大事故等対処設備のうち ポンベ設備の耐震計算書	中央制御室 待避所加圧設備 (空気ポンベ) フレーム	組合せ応力 (引張り+せん断)	175MPa	280MPa	○



## 【基準地震動Ss7波の燃料集合体相対変位(最大値)に対する制御棒挿入時間の関係】

- 制御棒挿入性解析に用いる地震波は、基準地震動Ss7波のうち、確認済相対変位60mmに対して最も余裕が小さい基準地震動Ss-D2(燃料集合体相対変位54.2mm)を選定している。
- 基準地震動Ss7波の地震応答解析結果による燃料集合体相対変位に対する制御棒挿入時間(75%ストロークスクラム時間)を解析した結果、Ss-D2が規定値(1.62s)内で最も遅くなっている。
- 以上の確認結果を踏まえて、**制御棒挿入性試験結果の保守性を確認するための制御棒挿入性解析に用いる地震波は、Ss-D2が適切と考えているが、地震波に対する確認済相対変位60mmにおける試験結果の保守性を確認するためSs-D2以外の地震波についても制御棒挿入性解析を実施する。**



制御棒挿入性解析結果(燃料集合体相対変位の最大値)

入力波	各基準地震動での燃料集合体相対変位の最大値*2(mm)	制御棒挿入時間(s)
Ss-D1	49.8	1.29
Ss-D2	54.2	1.32
Ss-D3	37.9	1.25
Ss-F1	33.4	1.24
Ss-F2	41.2	1.26
Ss-F3	39.4	1.24
Ss-N1	35.4	1.24
(参考)75%ストロークスクラム規定値		1.62

\*2: 基準地震動Ss7波を用いた地震応答解析結果(不確かさケース含む)から最も大きな相対変位の値(NS/EW方向包絡)。

制御棒挿入性解析結果  
(燃料集合体相対変位の最大値)

制御棒挿入性解析条件  
(燃料集合体相対変位の最大値)

入力波	地震波 (基準地震動Ss7波*1)
燃料集合体相対変位	各基準地震動に対する燃料集合体相対変位の最大値*2
温度	常温
圧力	大気圧

\*1: 入力した基準地震動Ss7波の加速度時刻歴を別紙11に示す。

## 2. 指摘事項①に対する回答

### 【Ss-D2以外の基準地震動に対する制御棒挿入性試験結果の保守性(2/3)】

#### 【基準地震動Ss7波を用いた確認済相対変位60mmに対する解析結果】

- 今回工認の燃料集合体相対変位が最大(54.2mm)となった基準地震動Ss-D2に加え、Ss-D2以外の基準地震動に対する制御棒挿入性試験結果の保守性を確認するため、各基準地震動による燃料集合体相対変位が確認済相対変位60mmになるように解析条件を設定(入力を係数倍)して制御棒挿入性解析を実施した。
- なお、基準地震動Ss7波による燃料集合体相対変位は、4頁に示す通り60mmとなることはないが、今回工認での確認済相対変位60mmの設定にあたり、正弦波による試験結果に保守性があることを確認する目的として、各基準地震動の応答を係数倍して燃料集合体相対変位が60mmとなるように調整した入力波を用いている。
- 制御棒挿入性解析の結果、**いずれの基準地震動Ssの制御棒挿入時間は、Ss-D2と同様、確認済相対変位60mmにおいても規定値(1.62s)を十分に下回っており、正弦波による制御棒挿入性試験結果の制御棒挿入時間(○)よりも早いことを確認した。**
- 以上より、基準地震動Ss-D2以外も含めた基準地震動Ss7波全てに対して、正弦波による制御棒挿入性試験結果が保守性を有していることを確認した。

制御棒挿入性解析結果(確認済相対変位60mm)

制御棒挿入性解析条件  
(確認済相対変位60mm)

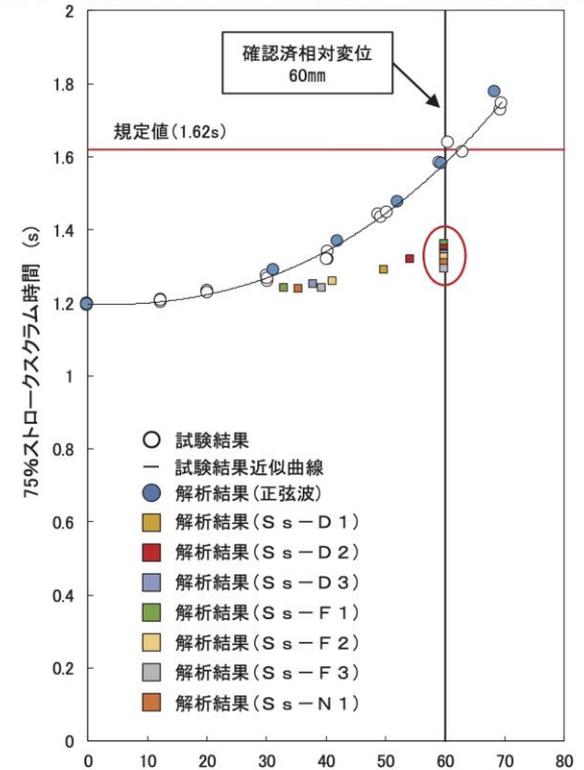
入力波*1	地震波 (基準地震動Ss7波)
燃料集合体 相対変位	60mm
温度	常温
圧力	大気圧

\*1: 制御棒挿入時間を同じ条件で比較するため、燃料集合体相対変位が60mmとなるように入力波となる各基準地震動の応答を係数倍する。

入力波*2	制御棒挿入 時間(s)	挿入時間 比率*3
Ss-D1	1.34	0.99
Ss-D2	1.35	—
Ss-D3	1.33	0.99
Ss-F1	1.36	1.01
Ss-F2	1.32	0.98
Ss-F3	1.29	0.96
Ss-N1	1.31	0.97
75%ストローク スクラム規定値	1.62	—

\*2: 各基準地震動の応答を係数倍して燃料集合体相対変位が60mmとなるように調整した入力波とする。

\*3: 挿入時間比率=各入力波での制御棒挿入時間  
/Ss-D2での制御棒挿入時間



燃料集合体相対変位 (mm)  
制御棒挿入性解析結果  
(確認済相対変位60mm)



分類及び評価対象設備		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法*1
Ⅱ. 重大事故等 対処設備	燃料プール冷却 浄化系熱交換器	3.11地震	胴板	一次応力	111	315	○	②
		4.7地震		一次応力	99	315	○	②
	燃料プール冷却 浄化系ポンプ	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	17	129	○	②
		4.7地震		一次応力 (せん断)	12	129	○	②
	復水移送ポンプ	3.11地震	ポンプ取付ボルト	一次応力 (引張)	10	168	○	②
		4.7地震		一次応力 (引張)	10	168	○	②
	復水貯蔵タンク	3.11地震	胴板	一次一般膜 応力	135*2	188	○	②
		4.7地震						
	燃料プール冷却 浄化系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	140	188	○	②
				4.7地震	一次応力	170	231	○
		4.7地震	配管サポート	一次応力	72	205	○	②
				一次応力	204	205	○	②

注記\*1: 評価方法; ①: 簡易評価, ②: 設計時と同等の評価, ③: 詳細評価

\*2: 基準地震動 $S_s$ (復水貯蔵タンク基礎に対する応答)による算出値

20210914

[https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/topics/pdf/20210914\\_03.pdf](https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/topics/pdf/20210914_03.pdf)

# まとめ

## 2024年能登半島地震

(激しい揺れ (ユレ) , 地盤の隆起 (ズレ) , 津波)

## 志賀原発の状況と影響

(使用済み燃料プール, 変圧器, 外部電源, 地面の変形)

(活断層認定, 地震想定, 基準地震動Ss, 敷地内地盤, 事故時の避難問題)

## 女川原発の再稼働を問う

(地震想定, 基準地震動Ss, 耐震性, 事故時の避難問題)

**活断層の連動・誘発地震→再評価が必要**

**原発では地震による地殻変動が検討されていない**

**地震動の算定において過小な評価**

**地震による原発事故災害時の避難の困難さ**



**女川原発は再稼働してはいけない！**

# 予備のスライド

# 用語解説 基準地震動 (Ss)

## 「基準地震動」ってなんですか？

簡単にいうと、設計ないしは安全確認の基準となる模擬計算でつくられた地震のゆれの大きさ・強さ、のことです。目に見える形としては、**地震波形（時刻歴波形）**や固有周期ごとの**応答値（応答スペクトル）**のグラフであらわされることがあります。ゆれの大きさの**最大値（最大加速度）**を、「最大加速度は1000Gal（ガル）」などといって、指標として代表させることもあります。水平方向、鉛直方向それぞれつくりますが、1組だけの施設もあれば、20組以上も地震波形を作成するサイトもあります。

## 「基準地震動」ということばの出所は？

「基準地震動」ということばを、原子力規制委員会はどう定めているでしょうか、規則・告示などをみておきましょう。

原子力規制委員会が決定した規則「**実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則**」（2013年6月28日）の「地震による損傷の防止」の内容が書かれた第4条3項に「基準地震動」ということばがでてくるのが実質的に最初です。そこには、「耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力(以下「基準地震動による地震力」という。)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」とあります。「**供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度**」が「基準地震動」らしいと推測できます。

別のところにある記述としては、2013年6月19日の原子力規制委員会決定に「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」という原子力規制庁職員が原発の審査の際の指針として使う内規がありますが、そこに直接「基準地震動」を定めているものではなく、用語の定義のなかに紛れて、基準地震動は「『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 平成18(2006)年9月19日 原子力安全委員会決定』における基準地震動Ssの規定と同様」とされています。

2006年の耐震設計審査指針を確かめると、「5. 基準地震動の策定」の見出しのすぐあとに「**施設の耐震設計において基準とする地震動**は、敷地周辺の地質・地質構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切なものとして策定しなければならない。(以下、この地震動を「基準地震動Ss」という)」と定義されています。

### なにに使うの？

原子力発電所や核燃料関連施設の耐震性の評価につかいます。本来なら、施設の耐震設計の評価計算につかうものですが、現在は新基準適合性審査における耐震性のチェック用の地震動となっています。

すべての原発・核燃料関連施設で、建設したときよりも大きな地震動をつくって基準地震動として設定しています。それらの基準地震動に耐えられると評価された施設は、以前より耐震性があがって安全になったのでしょうか？ なかには配管類に支持装置を増やしたり、壁を補強したりして**実物の耐震性を高めたケースもあります**。しかし、計算に使うモデルを変更したり、ゆれに対する抵抗係数（減衰定数）をより大きなものに変更したりして計算し直した結果、より大きな基準地震動に対してもクリアできたという、**見かけ上の耐震補強である場合が多い**ようです。

### だれがどうやって決めるの？

電力会社などの事業者が施主となって、地質・建設のコンサルタントが基準地震動を策定する作業を請け負い、地震の調査、活断層の調査、敷地内外の地質の調査などをおこなって、想定する地震の規模、震源から敷地へのゆれの到達経路（減衰）、敷地の地下から施設の床面への伝達状況などを順々に決めていきます。

「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」には、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」が「応答スペクトルに基づく方法」ないしは「断層モデルに基づく方法」とよばれる方法によってつくられて、審査される流れ図が載っています。

「敷地ごとに…」の場合には、地震の発生するメカニズム（海洋プレート境界、海洋プレート内、内陸地殻内）ごとに、それぞれ検討することになっています。

## 用語解説 基準地震動 (Ss) つづき

具体的な基準地震動のつくりかたはいろいろあり、地震の規模であるマグニチュードを決めるにも過小評価になるケースがあります。活断層の長さからマグニチュードを決めるには、これまでの**経験から統計的に作成した計算式（回帰式）**をつかいます。物理的な理論背景をもった計算式ではないのでドンピシャの値はでてきません。こういう式をつかって計算すると中間的・平均的な値がでてくるので、それを原発での安全評価に用いようとするなら、**もっと大きな規模のマグニチュードの地震が起こりうることにつねに配慮する必要があります。**

活断層から地震規模を求める方法に対して、**断層面積**から地震の規模を推定する方法があります（三宅・入倉の式など）。地震は、地下での岩石の破壊現象です。地下での岩石の破壊は面的な広がりで行き、平面的ではなくでこぼこした曲面に沿って破壊し、しかも破壊のしかたも不均質です。地震動を計算するには、平面的な断層面を破壊面として仮定し、不均質性はアスペリティ（強震動発生領域）などを配置することで想定します。断層面積から地震規模を求める場合、地震観測結果がある場合には、その断層面がどのような傾斜で、深さと長さ、不均質の程度などの情報がえられ、地震規模を再現することができます。

## 用語解説 基準地震動 (Ss) つづき

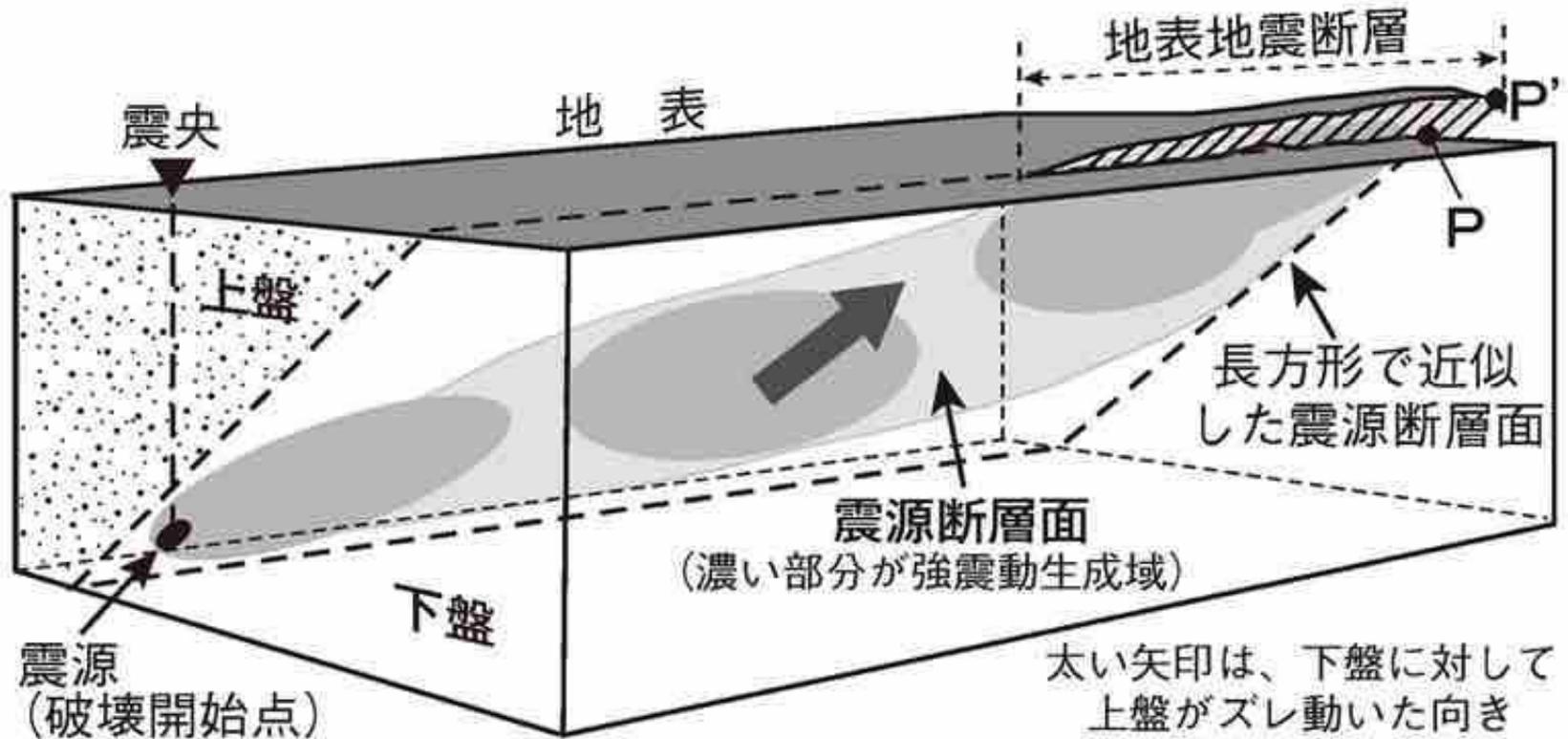
しかし、事前の情報として**活断層の長さ**しかわからない場合には、地震規模を大きく過小評価する可能性が指摘されました。

前原子力規制委員会委員長代理の島崎邦彦さんは、電力会社（関西電力、九州電力、四国電力）がそのような方法のひとつを採用して基準地震動を策定した結果、大きな過小評価がなされていることに気がついて規制委員会に是正を求めました（島崎邦彦さんの問題提起に関しては2016年9月1日発行の『原子力資料情報室通信』第507号に、その後の経過なども含めて長沢啓行さんが詳しく書かれています）。

活断層から基準地震動をつくる手順のひとつに地震調査研究推進本部の地震調査委員会がつくった「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」というものがあり、最新のものは2017年4月に改定されたものです。地震断層（面）の情報が地震の以前に詳しくわかっていない場合には、活断層の長さだけから推定する方法（松田の式など）を使うべきで、当てずっぽうに断層面積から推定すると大きな過小評価を招くことがあきらかになったため、そのような注意喚起の上、修正されました。電力会社は、まだこの手法を採用する気配はありません。過小な評価のままです。

**ほかにも過小評価となる場合がいくつも潜んでいる** **73**

# 地震は地下の岩石の破壊現象



石橋克彦 (集英社新書, 2021)

## 左横ずれ変位（A地点）



南東を望む



北西を望む

富来川南岸断層に沿う地表地震断層（路面の上下変位、B地点）



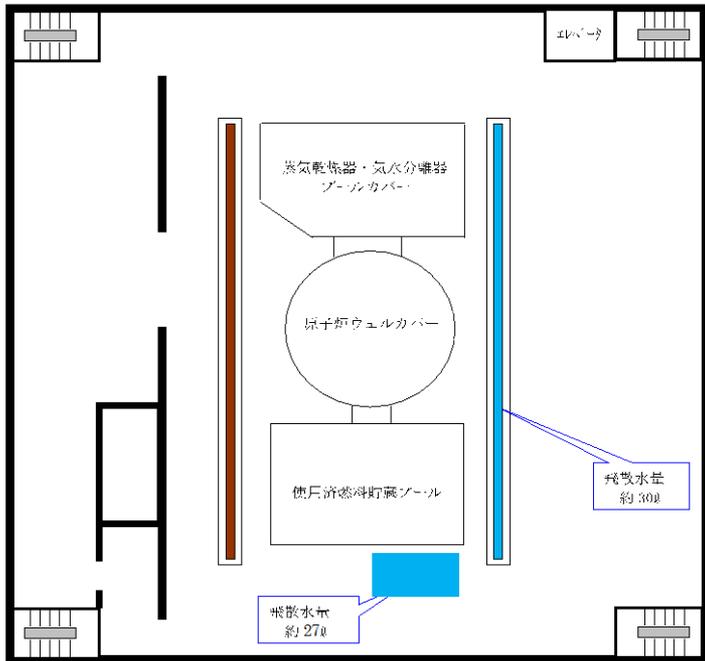
（北西を望む）



地震断層に沿う左横ずれ  
（クラックのずれ量は10cm以下）



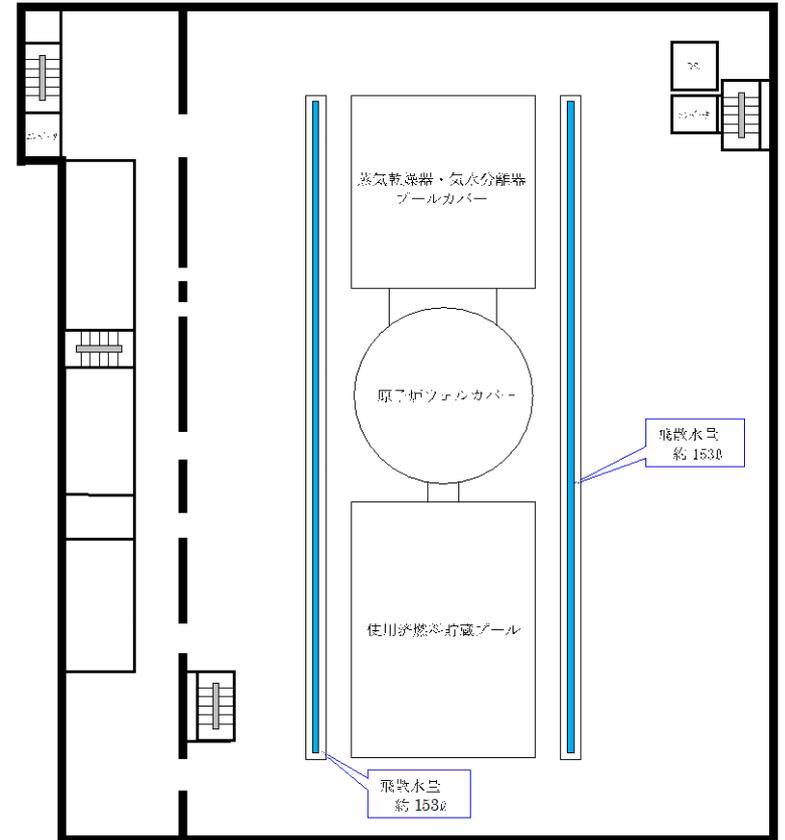
1号機 原子炉建屋4階



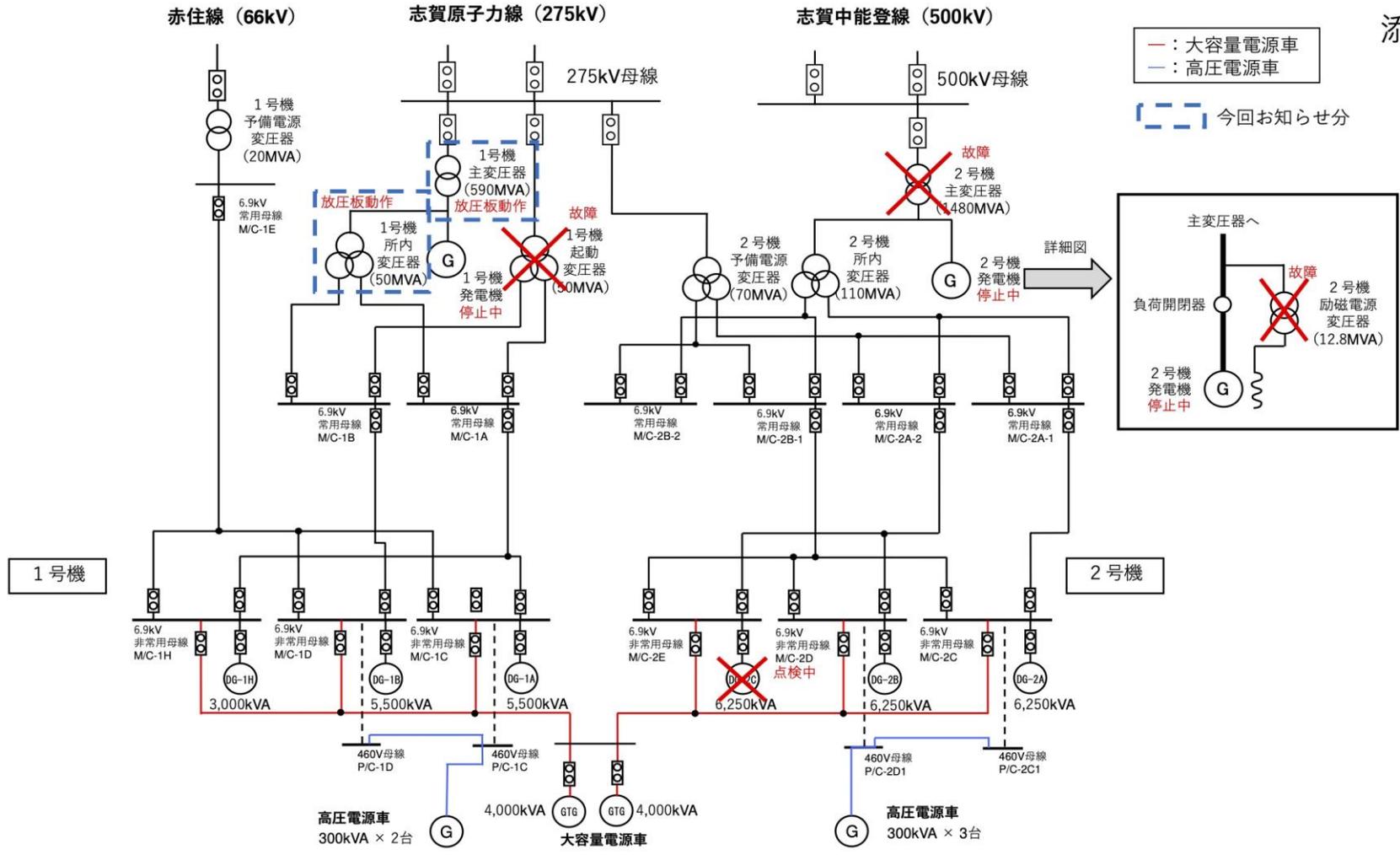
1号機 使用済燃料貯蔵プール水の主な飛散範囲



2号機 原子炉建屋5階

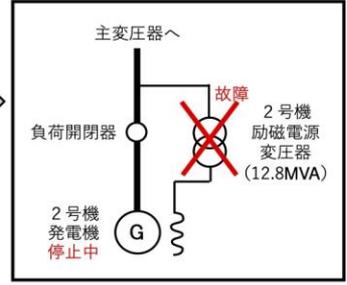


2号機 使用済燃料貯蔵プール水の主な飛散範囲



— : 大容量電源車  
 — : 高圧電源車

--- : 今回お知らせ分

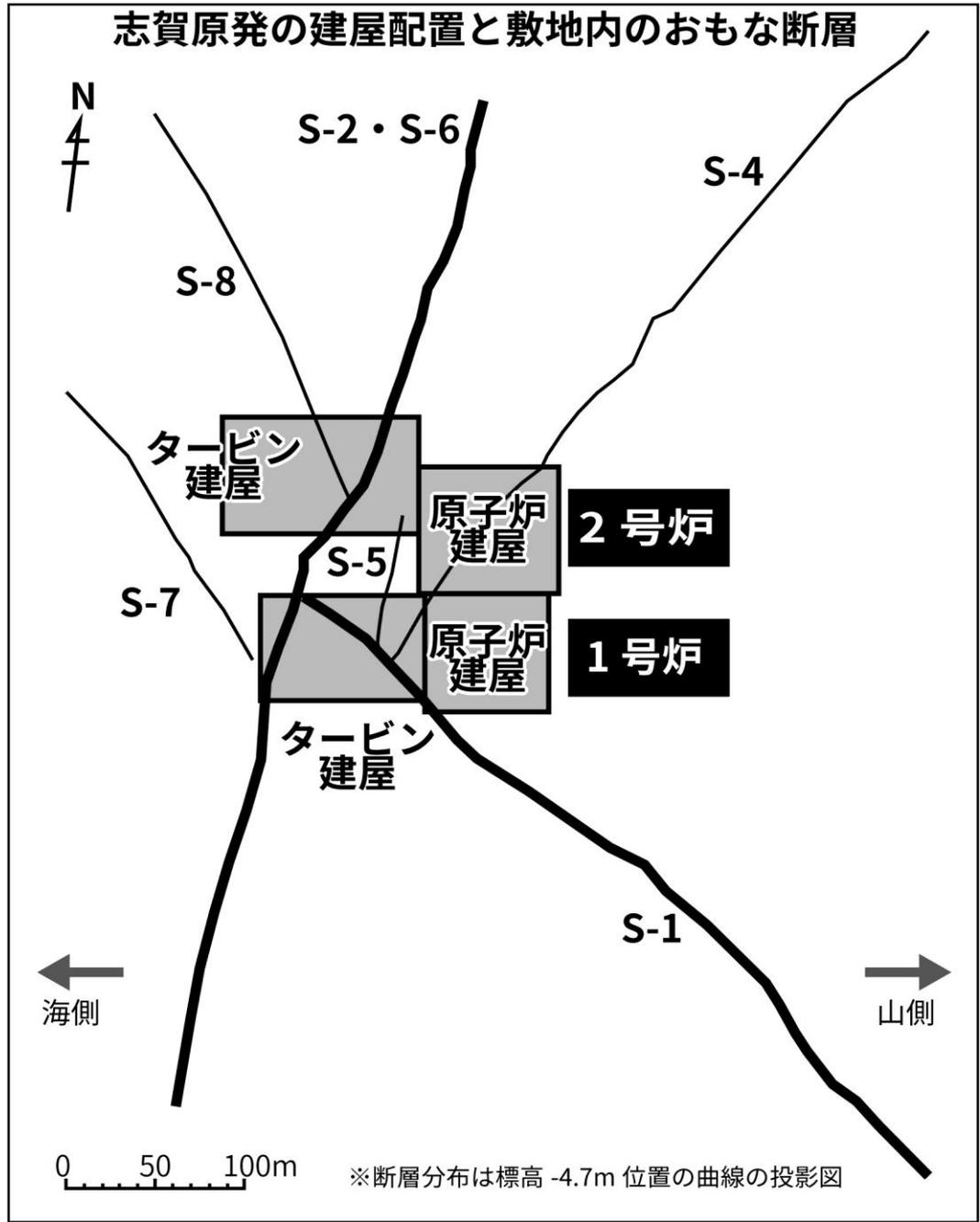


### 1、2号機 単線結線図

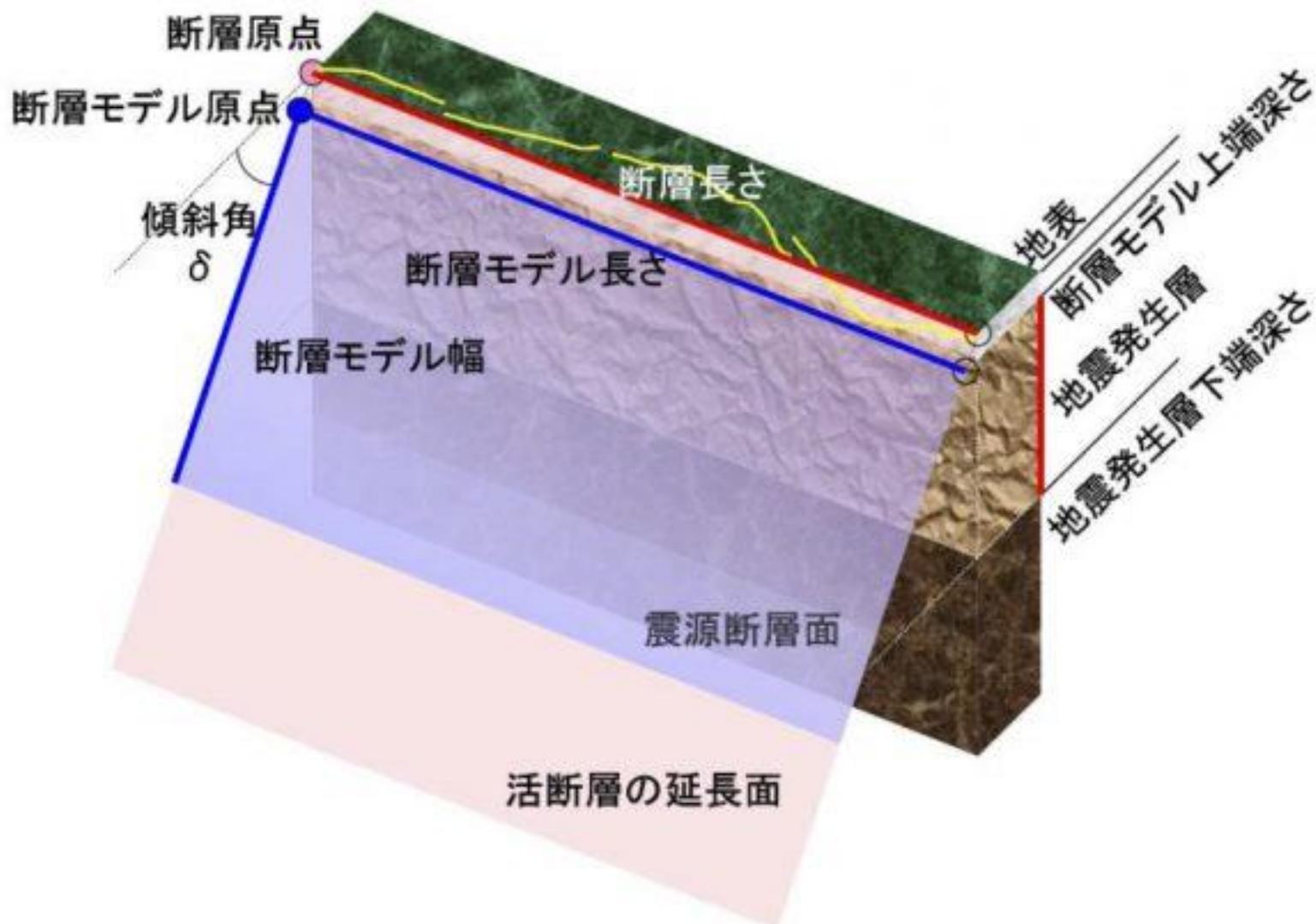
原子力規制庁 令和6年能登半島地震における原子力施設等への影響及び対応

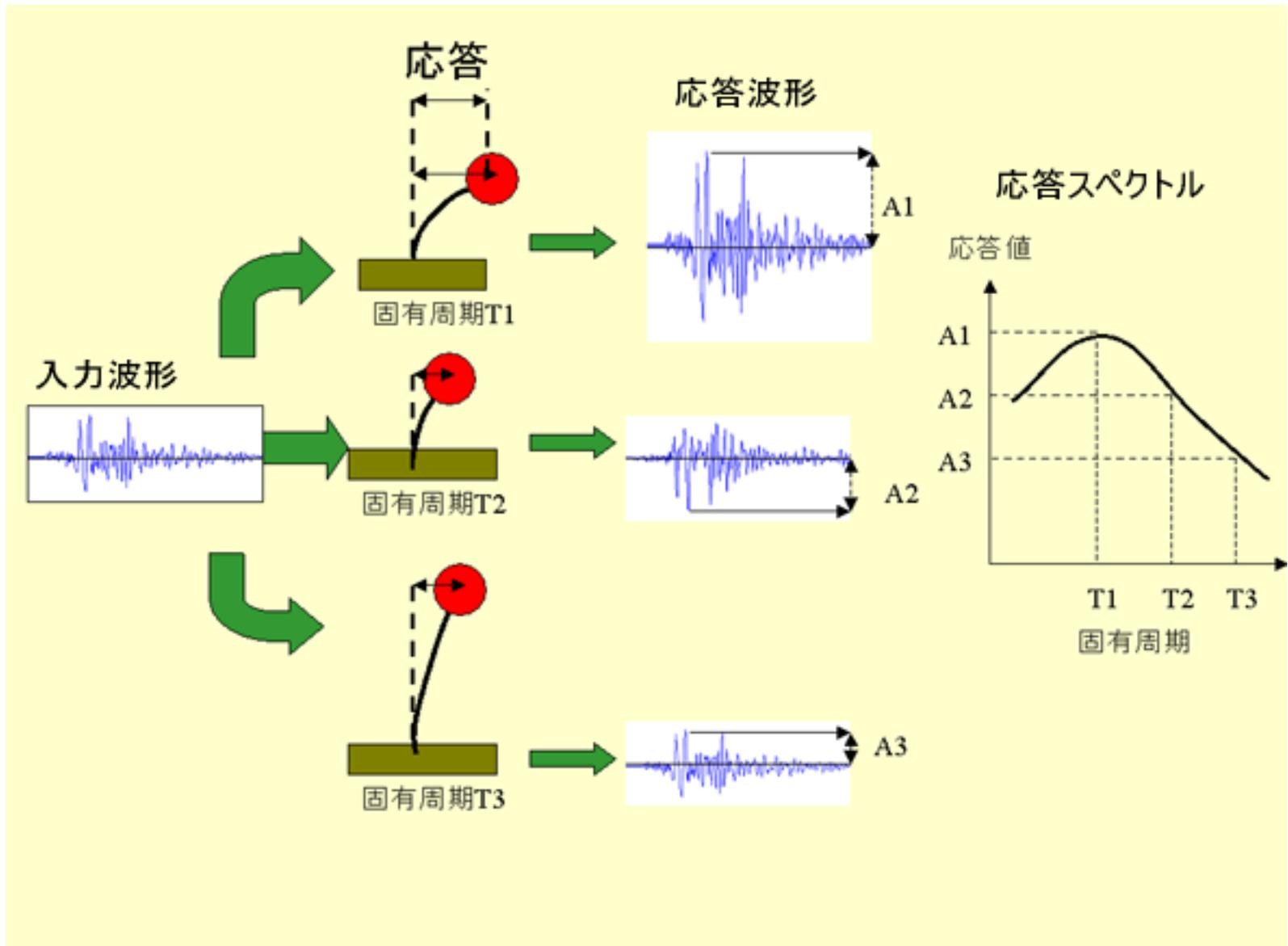
<https://www.nra.go.jp/data/000465120.pdf>

# 志賀原発の建屋配置と敷地内のおもな断層



## 用語解説 基準地震動 (Ss) つづき

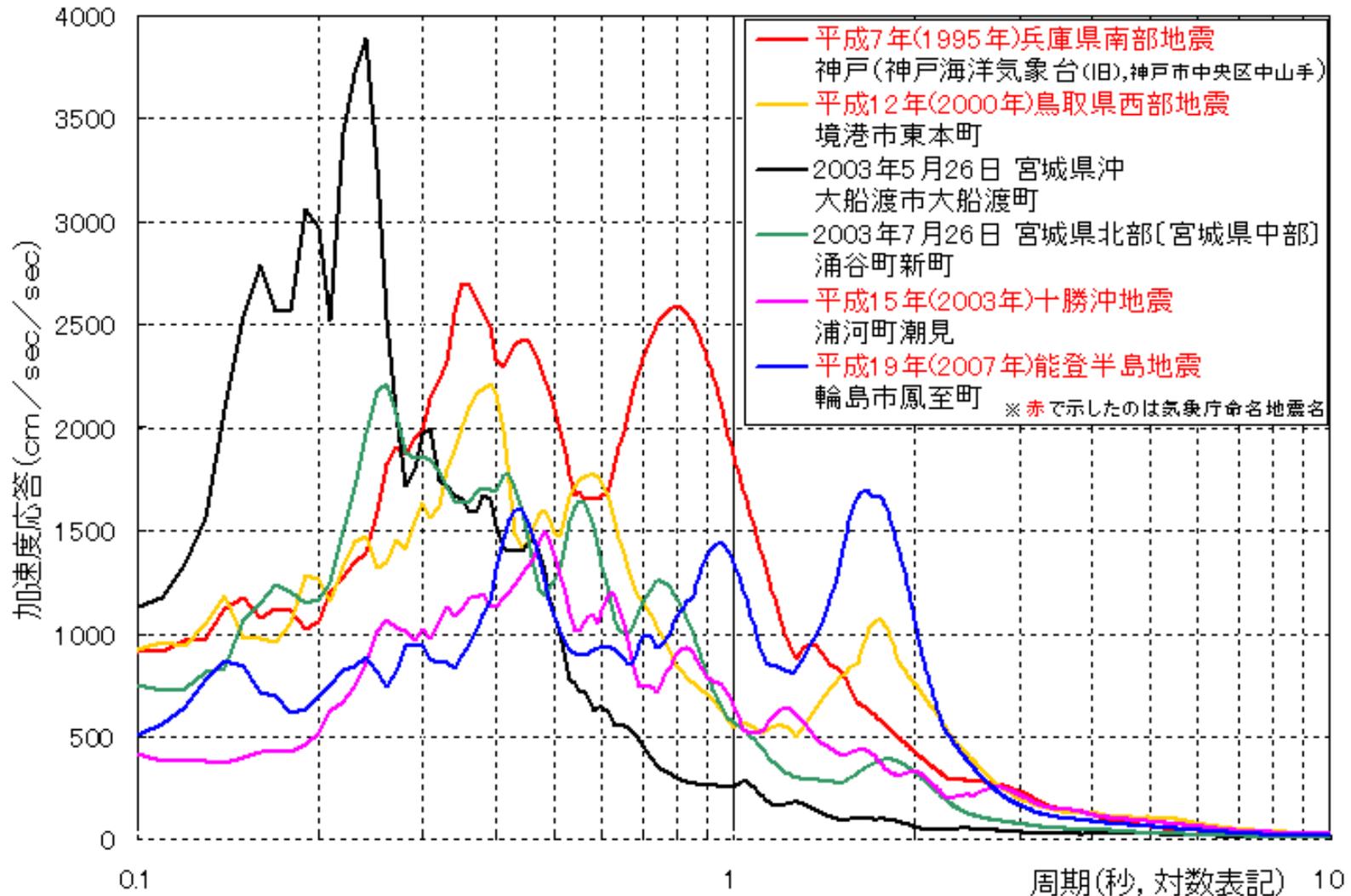




気象庁，強震予測について

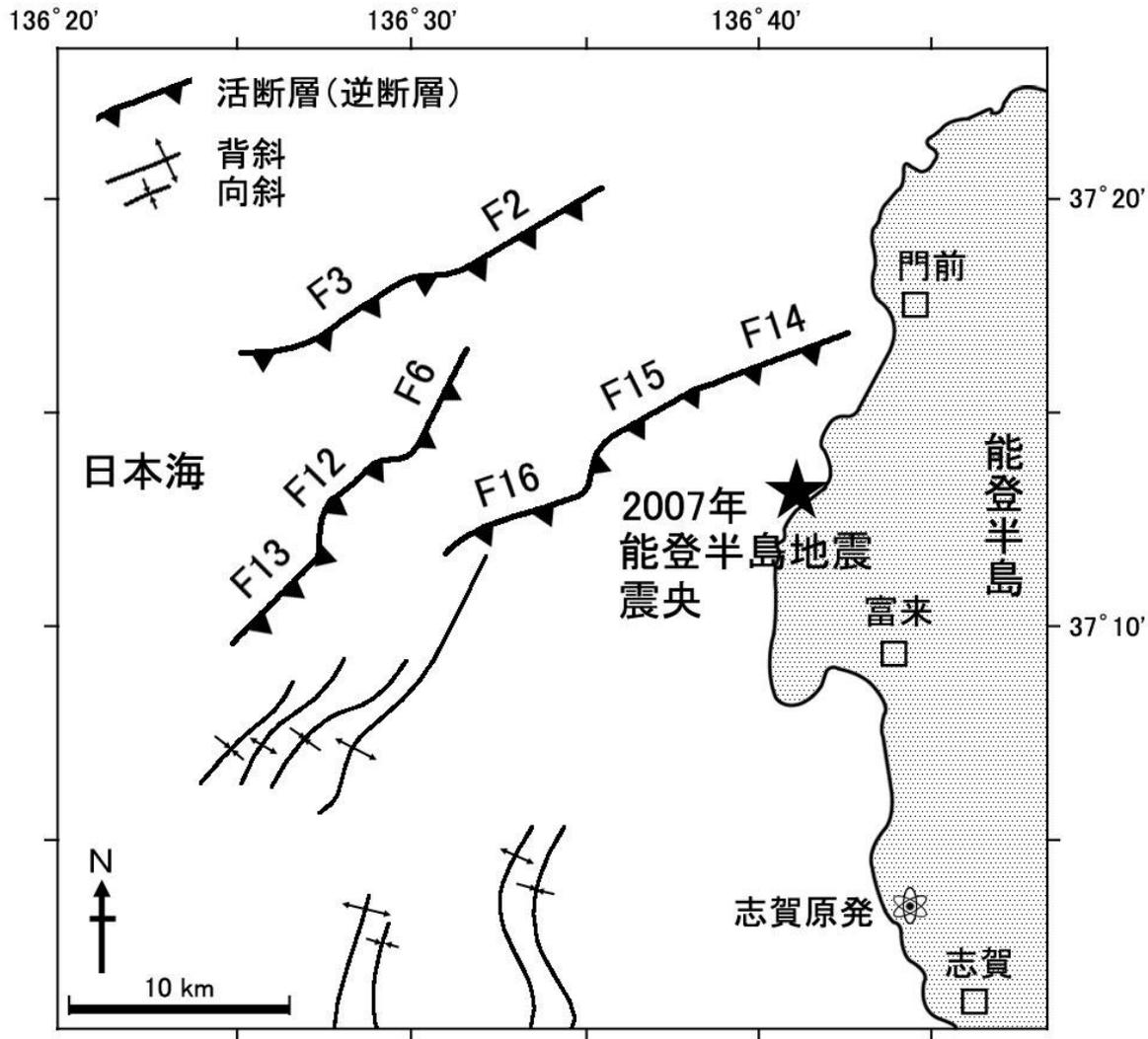
<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/index.html>

減衰定数  $h=5\%$



気象庁, 強震予測について

<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/index.html>



### 能登半島地震と海底活断層

片川ほか (2005) に文字を加筆した。活断層はいずれも逆断層であり、断層面の傾斜方向を▼で示した。F14~F16は連続するひとつの活断層であり、2007年能登半島地震の起震断層であるが、論文では3つに区切られている。なお、この図には褶曲(背斜・向斜)も示されているが、これらも断層運動に起因する地質構造であると考えられる。

原発建設における特殊な活断層評価-変動地形学の視点から  
 渡辺満久 (東洋大学社会学部), 『原子力資料情報室通信』



Hideki KATAGAWA\*, Masaaki HAMADA\*, Susumu YOSHIDA\*,  
Hiroshi KADOSAWA\*\*, Akira MITSUHASHI\*\*, Yoshiteru KONO\*\*\*  
and Yoshihiro KINUGASA\*\*\*\*

### **Abstract**

The Noto Peninsula district is known as a N-S trending uplift zone in the Neogene Tertiary to Quaternary. A geological survey mainly composed of sonic prospecting was conducted in the west sea area of the Noto Peninsula. 8 units of stratum, in particular, 5 units in the Quaternary, were found clearly as acoustic stratigraphy. This made it possible to describe the geological development of the Neogene Tertiary to Quaternary of the district in more detail than has ever been reported. The study area can be divided into 2 areas. In the southern part, 2 bilaterally asymmetric folds that are relatively newly developed with a N-S trend have been formed probably by block movement. In the northern part, which is just the southwestern extension of Okunoto Hill, one of the typical tilted block mountains on Noto Peninsula, there are distributed 2 NE-SW trending tilted blocks accompanied by faulting. These tilted blocks have been uplifted by block movement. A relatively new uplift can be found in the block located in the extended part of the N-S trending fold. Consideration based on the facts above and reported show that the newly developed N-S trending geological structure of the Noto Peninsula district has been formed by

能登半島西方海域の新第三紀～第四紀地質

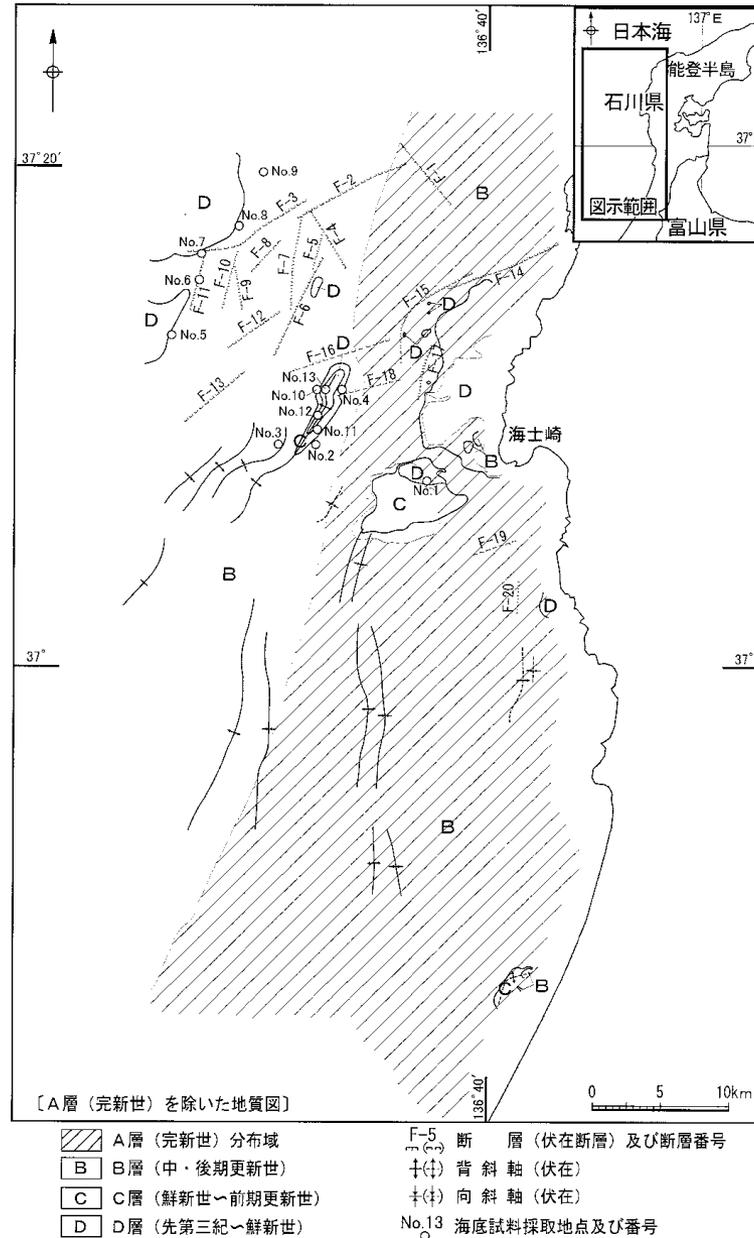


図 6 調査海域の海底地質図. 図中の番号を付した○は分析に供したピストンコアラーによる海底試料採取地点を示す.