



原子力土木委員会 2024年度第2回

令和6年能登半島地震
志賀原子力発電所の状況等について

2024年7月8日
北陸電力(株) 吉田 進

1. 令和6年能登半島地震の概要
2. 志賀原子力発電所で生じた事象と対応状況（機器,設備関係）
3. 志賀原子力発電所の地震後の状況（地震動,津波,断層,地盤関係）
4. 北陸電力の今後の取り組み

□ 発生日時：2024年1月1日16時10分

□ 震央地名：石川県能登地方

□ 地震諸元

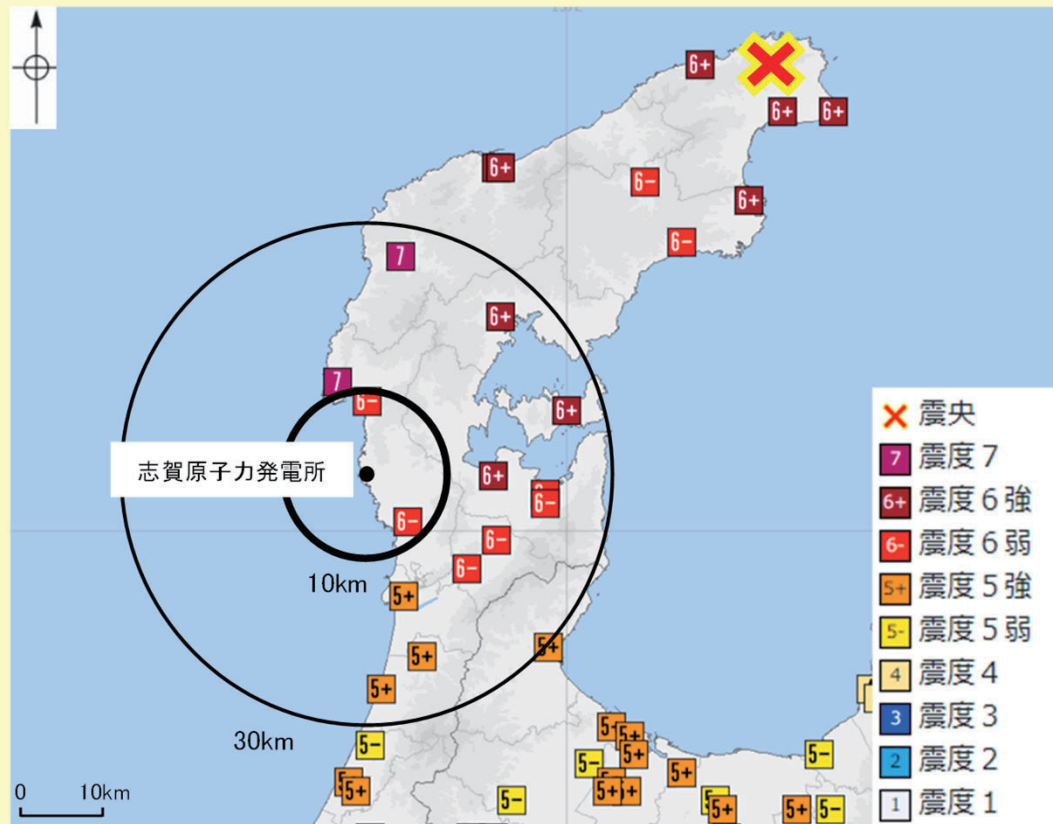
- ・ 地震規模：マグニチュード7.6
- ・ 震央位置：北緯37度29.8分 東経137度16.2分
- ・ 震源深さ：16km

□ 志賀原子力発電所との距離

- ・ 震央距離：約68km
- ・ 震源距離：約70km

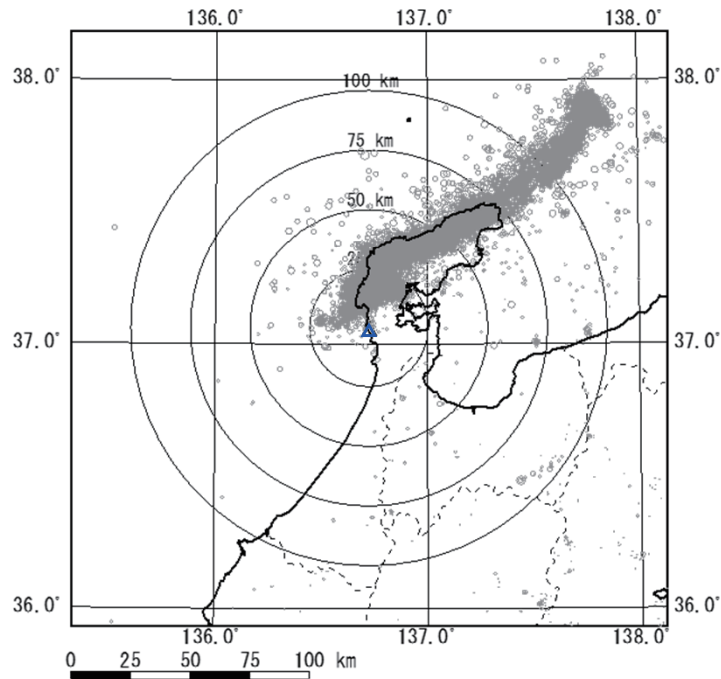
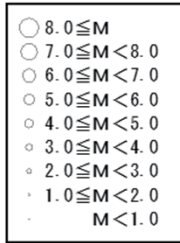
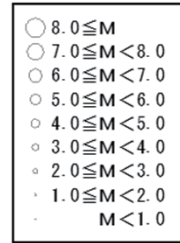
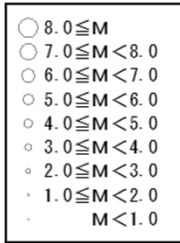
□ 各地の震度

- ・ 震度7（輪島市門前町走出，志賀町香能）
- ・ 震度6強（七尾市，珠洲市，輪島市鳳至町等）
- ・ 震度6弱（志賀町富来領家町，志賀町末吉千古等）
- ・ 震度5強（羽咋市，金沢市，小松市等）

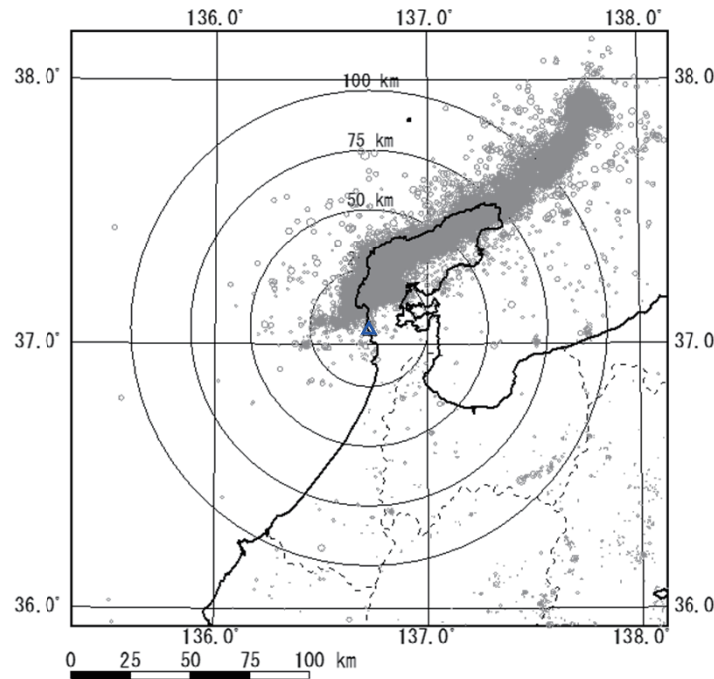


能登半島各地の震度（気象庁HP資料に加筆）

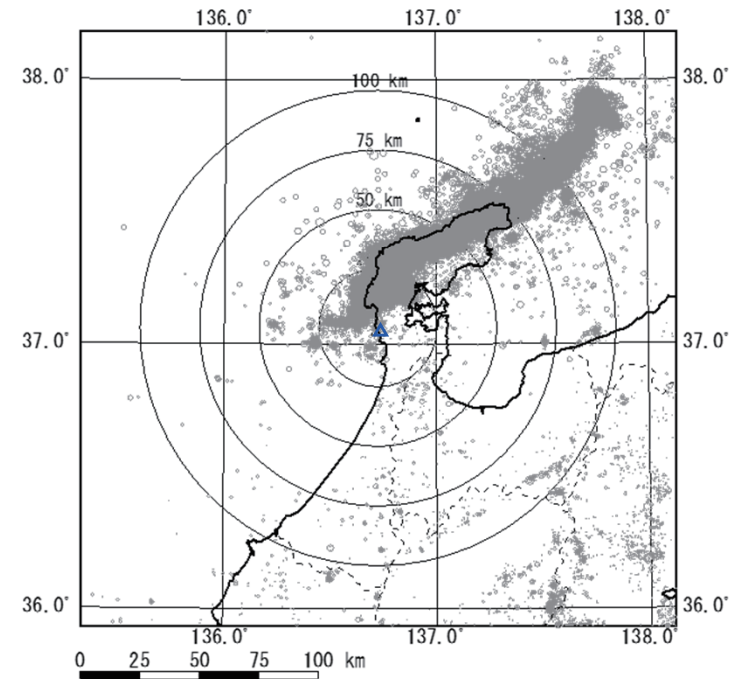
震源分布



2024年1月1日~2024年1月10日



2024年1月1日~2024年1月31日



2024年1月1日~2024年6月29日

志賀原子力発電所位置 (△) を加筆

■ 出典 気象庁一元化震源 <<https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>>

2. 志賀原子力発電所で生じた事象と対応状況 (機器,設備関係)

志賀原子力発電所で生じた事象と対応状況（機器,設備関係） 1/2（7月4日現在）

【変圧器関連】

○絶縁油漏れ

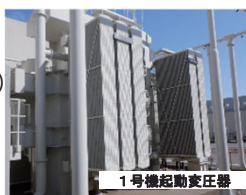
1号機起動変圧器（1-①）および2号機主変圧器（2-①）の漏れた絶縁油について回収済み。

1、2号機とも外部電源から受電している。

1号機起動変圧器は部品交換等を実施し受電済み。

また、非常用ディーゼル発電機、大容量電源車および高圧電源車が確保されている。

⇒必要な外部電源や非常用の電源が確保されており、使用済燃料の冷却等の原子力安全の確保に影響はない。



1号機起動変圧器



2号機主変圧器

【タービン・発電機関連】

○タービン「伸び差大」警報

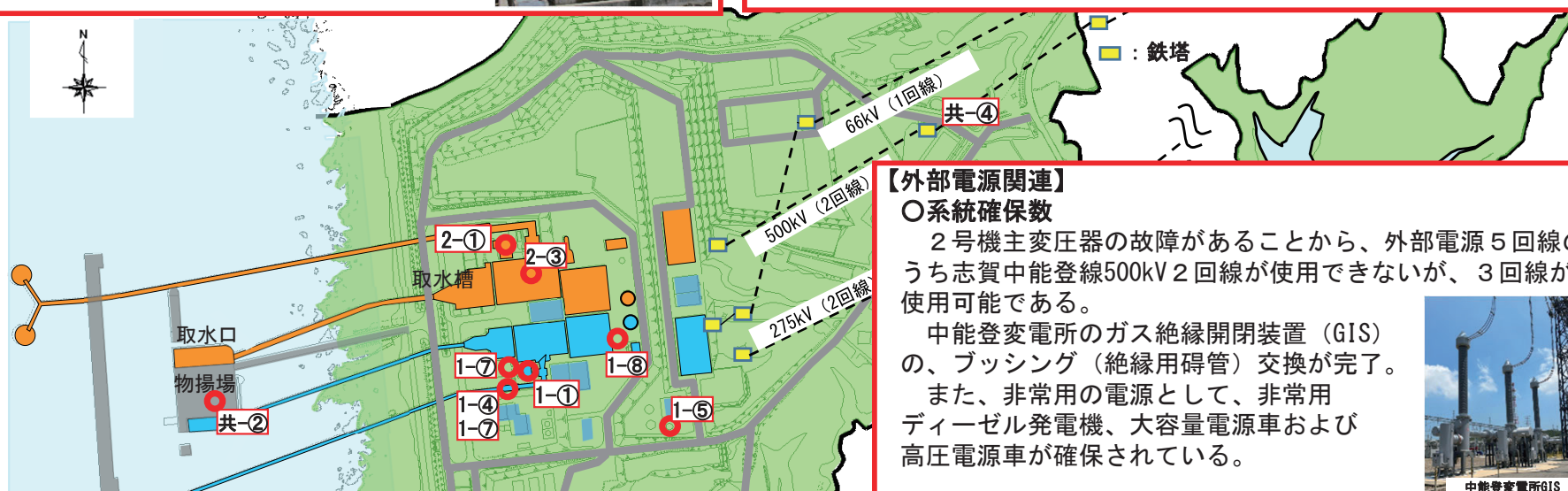
停止中の2号機低圧タービンにおいて「伸び差大」警報が発生した。現在タービン点検作業を実施中。

全ての低圧タービンおよび高圧タービンの動翼と静翼との接触痕や、発電機回転検出器の損傷等を確認。

2024年度上期を目途にタービン・発電機点検を行い、損傷の有無を確認の上、補修および復旧を実施予定。

⇒タービンの停止中に発生したものであり、原子力安全の確保に影響はない。

(2-③)



【外部電源関連】

○系統確保数

2号機主変圧器の故障があることから、外部電源5回線のうち志賀中能登線500kV 2回線が使用できないが、3回線が使用可能である。

中能登変電所のガス絶縁開閉装置（GIS）の、ブッシング（絶縁用碍管）交換が完了。

また、非常用の電源として、非常用ディーゼル発電機、大容量電源車および高圧電源車が確保されている。



中能登変電所GIS

⇒必要な外部電源や非常用の電源が確保されており、使用済燃料の冷却等の原子力安全の確保に影響はない。

(共-④)

【建物・敷地内道路関連】

・機能上影響があった段差等の変状（物揚場埋立部のコンクリート舗装（共-②）等※）については順次復旧中。

・敷地地盤に生じた変状については、掘削調査により、ごく表層に発生し、深部の岩盤に連続していないことを確認した。このことから、盛土・埋戻土の範囲で確認した変状は揺すり込み沈下が原因、盛土・埋戻土の範囲外で確認した変状は地震力を受けた舗装の変形が原因と評価した。

・重要施設は十分な支持性能を有する岩盤に直接支持されていることから、発電所施設の機能に影響を与えるものではない。

⇒いずれの設備においても必要な機能を満足するとともに、被害は軽微であり、安全および使用上の支障なし。

【冷却水・補給水関連】

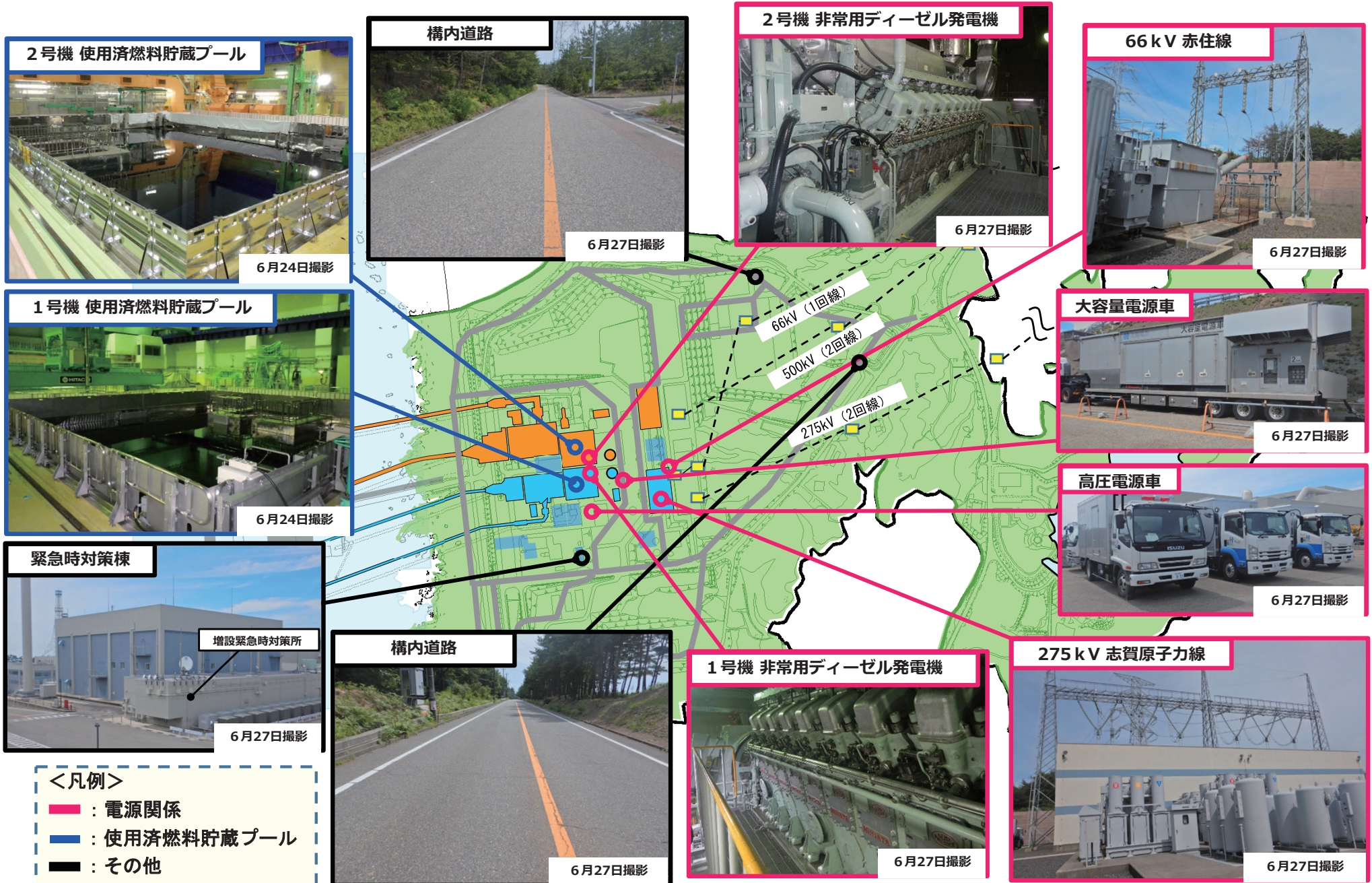
○水位低下

純水タンクの水位低下が確認されたが、いずれも原因を特定し水位低下は停止。

⇒漏えいのあった配管等は分析機器の洗浄等に使用するためのものであり、原子力安全の確保に影響はない。

(1-⑤)

※ 物揚場埋立部のコンクリート舗装（共-②）、1号機放水槽および1号機補機冷却排水連絡槽防潮壁の基礎（1-⑦）、1号機高圧電源車使用箇所付近（1-⑧）に地盤沈下、1号機放水槽防潮壁に傾き（1-④）

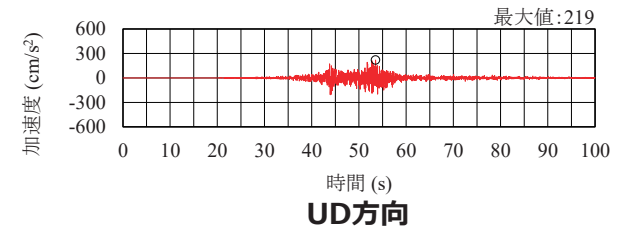
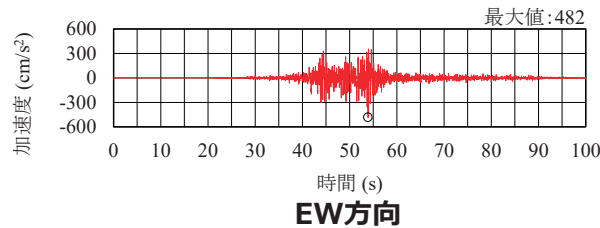
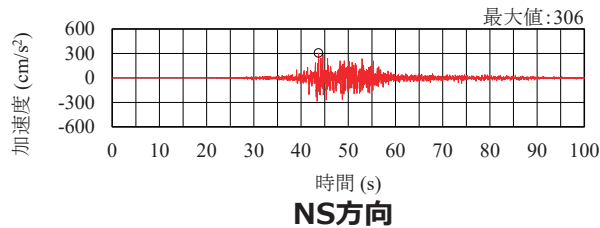


今回の地震により、一部設備に被害が発生しましたが、外部電源や必要な監視設備、冷却設備および非常用電源等の機能を確保するなど、原子炉施設の安全確保に問題は生じておりません。

3. 志賀原子力発電所の地震後の状況 (地震動, 津波, 断層, 地盤関係)

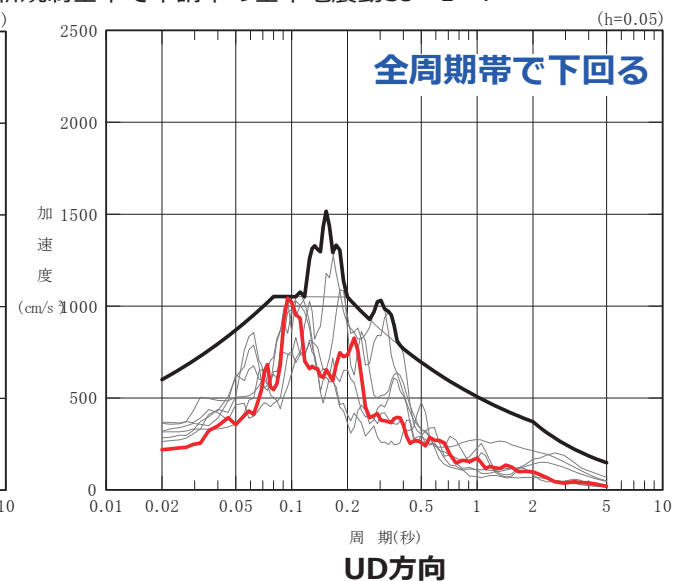
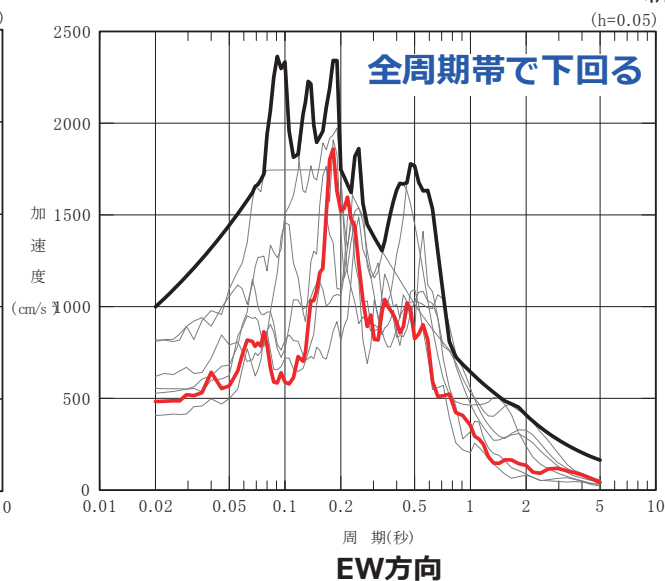
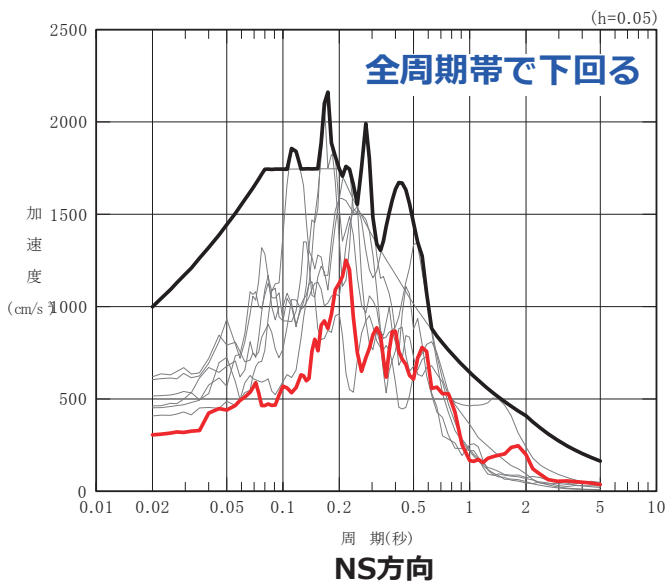
発電所で観測された地震動

- 今回の地震の観測波（はぎとり波）は、申請中の基準地震動Ss-1~7のいずれかを下回ることを確認した。
- 今後の地震動評価においては、今回の地震に係る知見の収集を行い、新たな知見については確実に基準地震動Ssの策定に反映し、更なる安全性の向上を図っていく



はぎとり波の加速度時刻歴波形

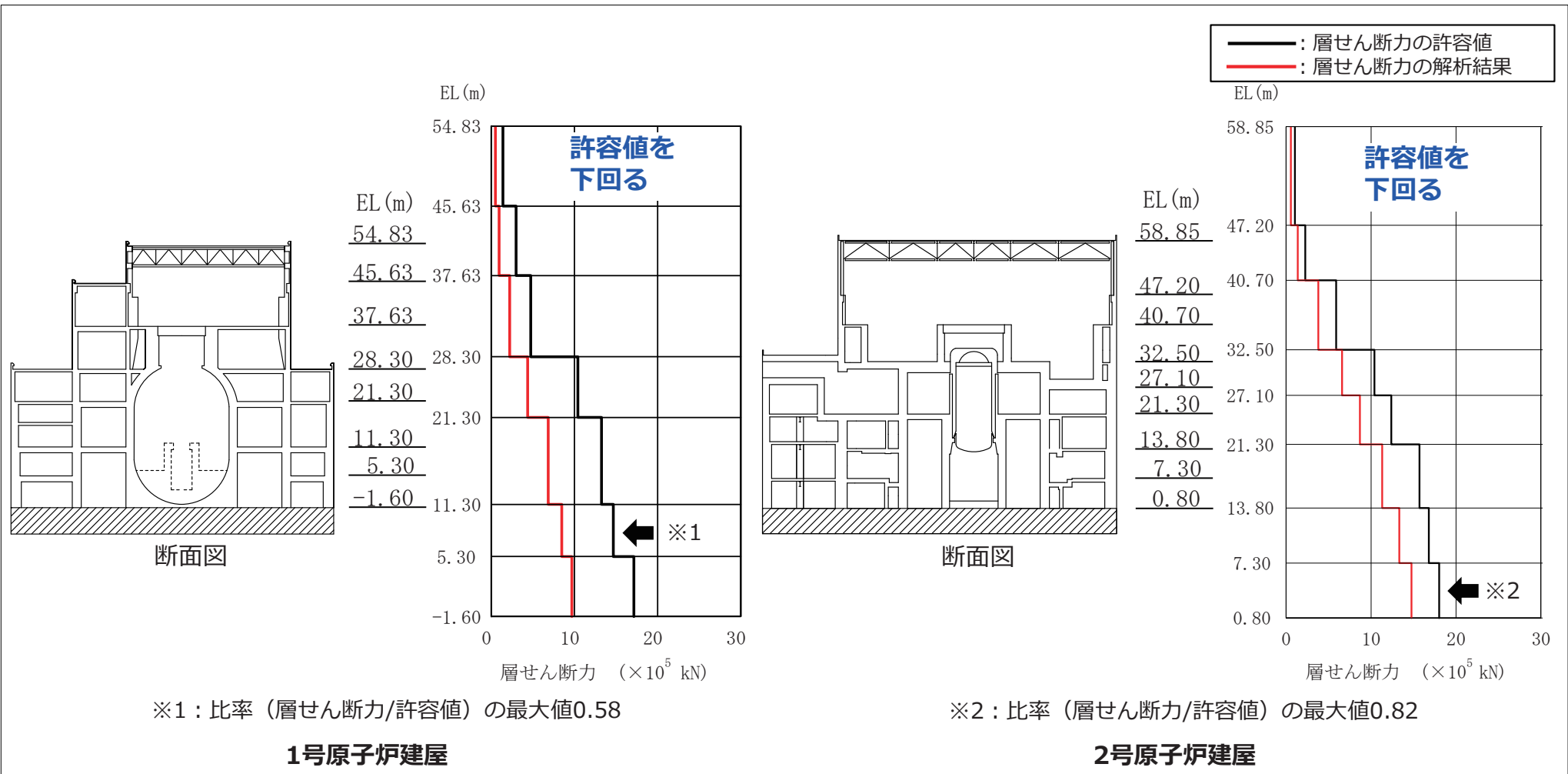
- はぎとり波
- 新規制基準で申請中の基準地震動Ss-1~7の包絡形
- 新規制基準で申請中の基準地震動Ss-1~7



はぎとり波と新規制基準で申請中の基準地震動の応答スペクトルの比較

原子炉建屋の耐震健全性確認

➤ 今回の地震に対する**原子炉建屋**の耐震健全性確認を行った結果、**各階の耐震壁に発生した層せん断力が許容値を下回っており、原子炉建屋の耐震健全性が確保されていることを確認。**



原子炉建屋の耐震健全性の確認結果 (南北方向の例)

➤ 原子炉建屋内の主な設備について、構造強度評価及び動的機能維持評価を実施した結果、各設備に加わった力や作用した加速度が全て許容値以下であり、原子炉建屋内設備の耐震健全性が確保されていることを確認。

原子炉建屋内の主な設備の耐震健全性の確認結果

号機	項目	対象機器	対象数	主な設備の評価結果		
				代表設備	部位	評価結果
1号機	構造強度評価	一般機器(ポンプ、熱交換器等)	47機器	残留熱除去ポンプ	基礎ボルト	許容値以下
		大型機器(格納容器、圧力容器等)	59機器	原子炉圧力容器	基礎ボルト	許容値以下
				原子炉格納容器	ドライウェル基部	許容値以下
	配管	107モデル	残留熱除去系配管	配管本体	許容値以下	
	動的機能維持評価	動的機器(ポンプ、ファン、弁等)	120機器	残留熱除去ポンプ、弁	ポンプ本体、弁本体	許容値以下
2号機	構造強度評価	一般機器(ポンプ、熱交換器等)	52機器	残留熱除去ポンプ	基礎ボルト	許容値以下
		大型機器(格納容器、圧力容器等)	63機器	原子炉圧力容器	基礎ボルト	許容値以下
				原子炉格納容器	フランジプレート(上側)	許容値以下
	配管	84モデル	残留熱除去系配管	配管本体	許容値以下	
	動的機能維持評価	動的機器(ポンプ、ファン、弁等)	139機器	残留熱除去ポンプ、弁	ポンプ本体、弁本体	許容値以下

- 水位の上昇側について、敷地前面における遡上高の解析結果はT.P.+4mで、敷地高さT.P.+11mを下回る。
- 水位の下降側について、取水ピットで観測された水位はT.P.-1.3mで、取水可能高さT.P.-6.2mを上回る。
- 以上のことから、今回の津波に対して施設の安全性が確保されている。

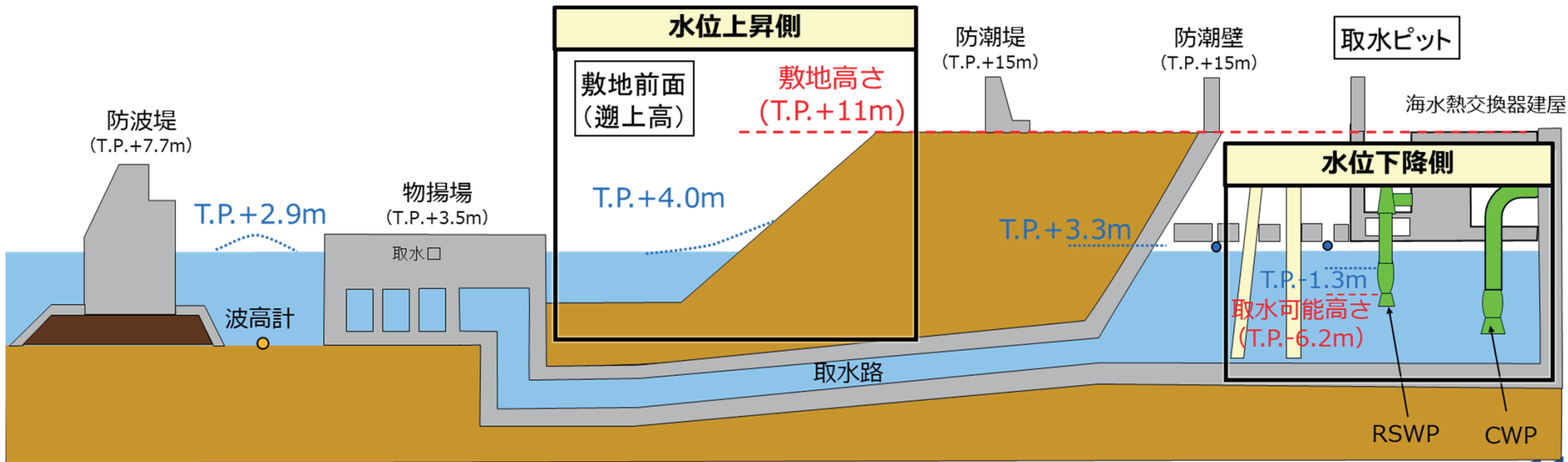
今回の津波高さと基準値との比較

単位はT.P. (m)

		基準値	今回の津波高さ	
			解析値※1	観測値
敷地前面 (遡上高)		+11.0	+4.0	—
取水ピット	上昇側	+11.0	—	+3.3
	下降側	-6.2	—	-1.3

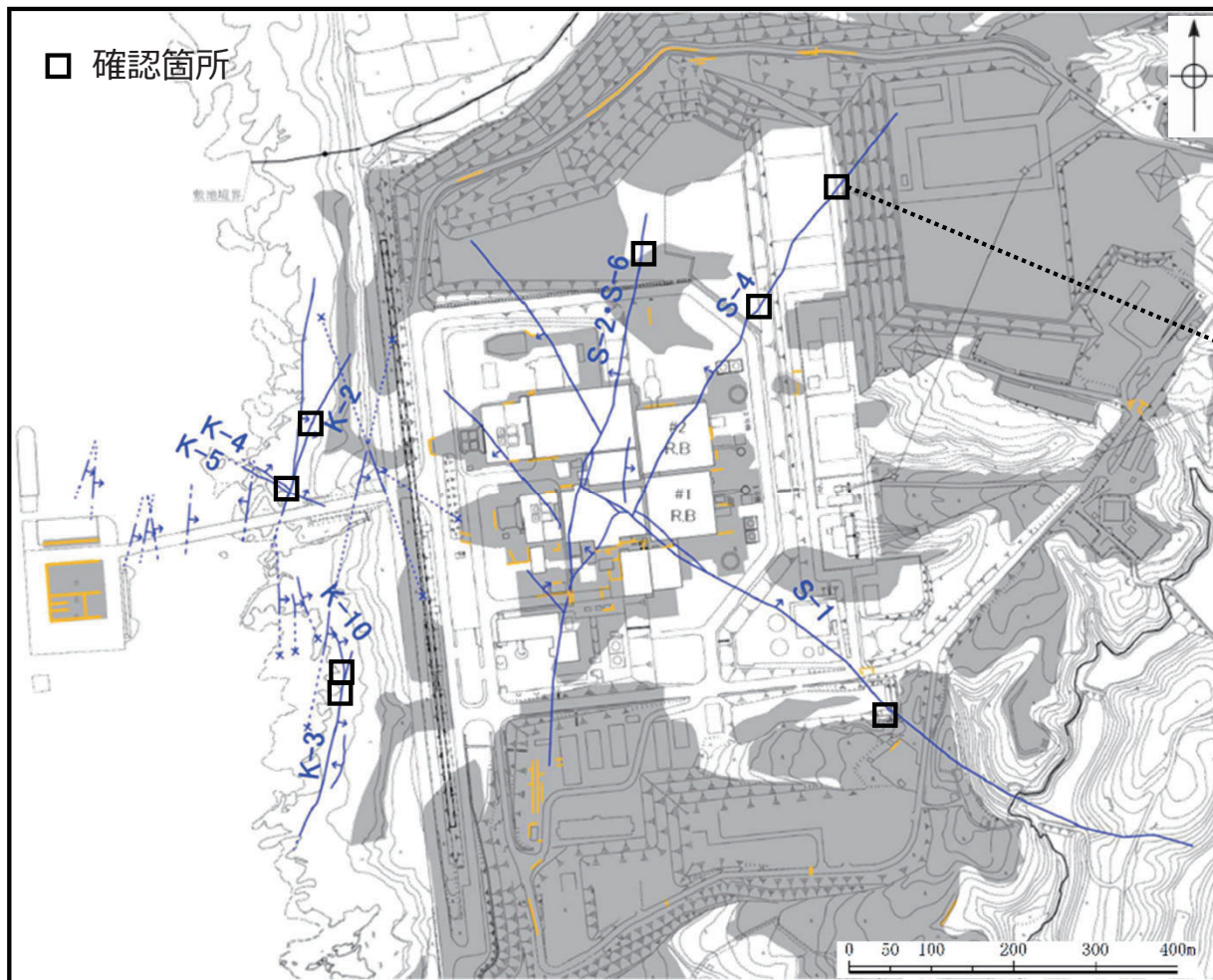
赤字：施設の安全性の基準となる高さ
青字：今回の地震津波による津波高さ

※1：国土地理院の波源モデルを用いた平面二次元解析結果に基づく敷地前面の遡上高（地殻変動量及び潮位を考慮）



模式断面図

- 敷地内に分布する断層（全36本）は、「将来活動する可能性のある断層等ではない（活断層ではない）」と評価し、原子力規制委の了解を得ているが（昨年3月）、今回の地震による活動の有無について現地を確認を行った。
- 確認の結果、敷地内断層は今回の地震で活動した痕跡は認められず、既往評価に影響はない。



S-4断層に、今回の地震で活動した痕跡（新たなせん断面等）は認められない



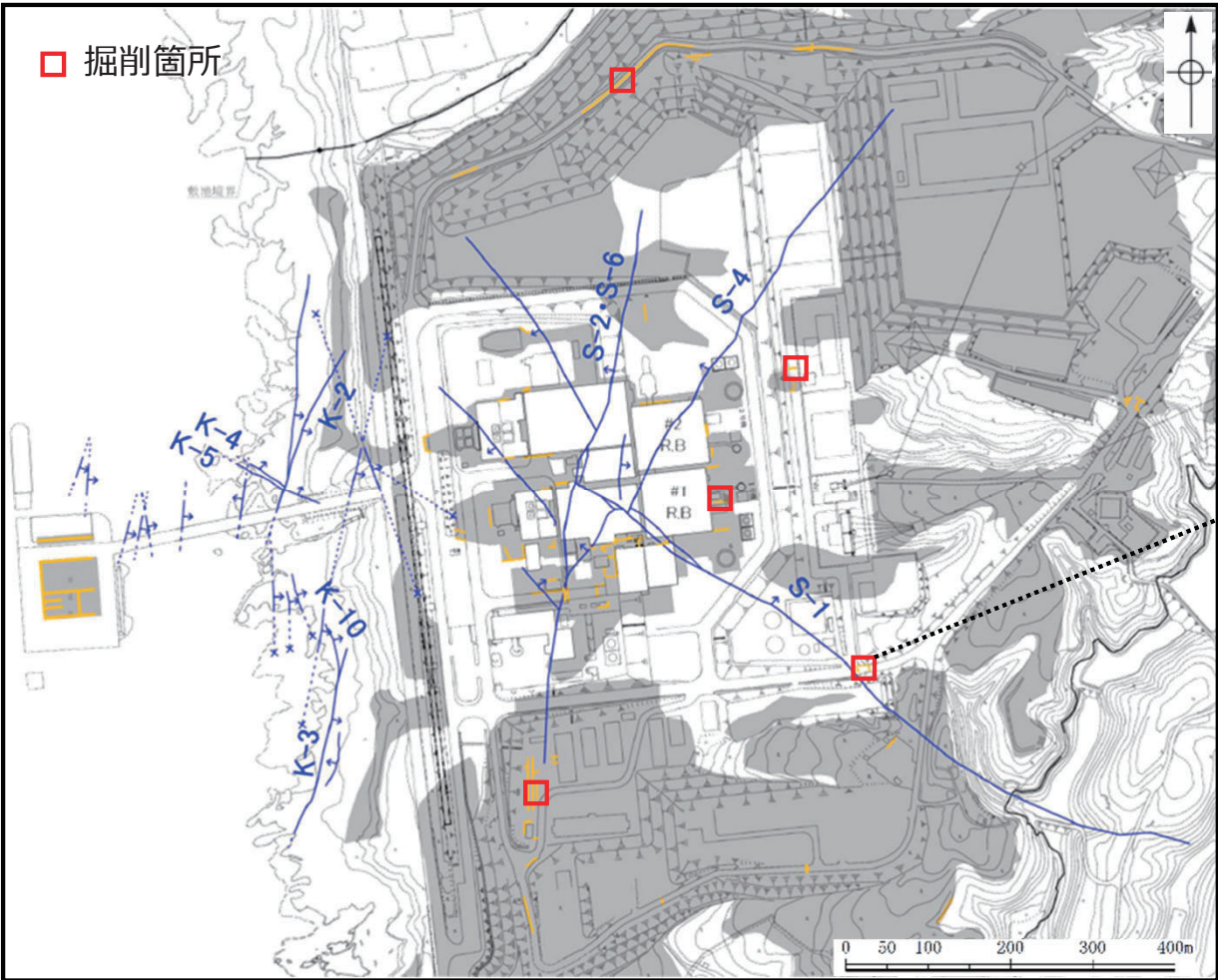
S-4 35m盤法面

S-4

■ 盛土・埋戻土などの範囲 — 今回の地震で地表で確認された沈下，亀裂

敷地内断層及び調査位置図

- 今回の地震により、敷地内の79箇所で、沈下や亀裂といった地盤変状が生じた。
- これら変状は、岩盤に直接支持されている重要な設備には生じず、盛土や埋土の分布範囲の縁辺や盛土厚が大きい箇所で発生しており、地震に伴う揺すり込み沈下などが原因と推定。
- 変状の規模が大きい5箇所を代表に掘削して確認した結果、それら変状は表層のみであり深部に連続しないことを確認した。

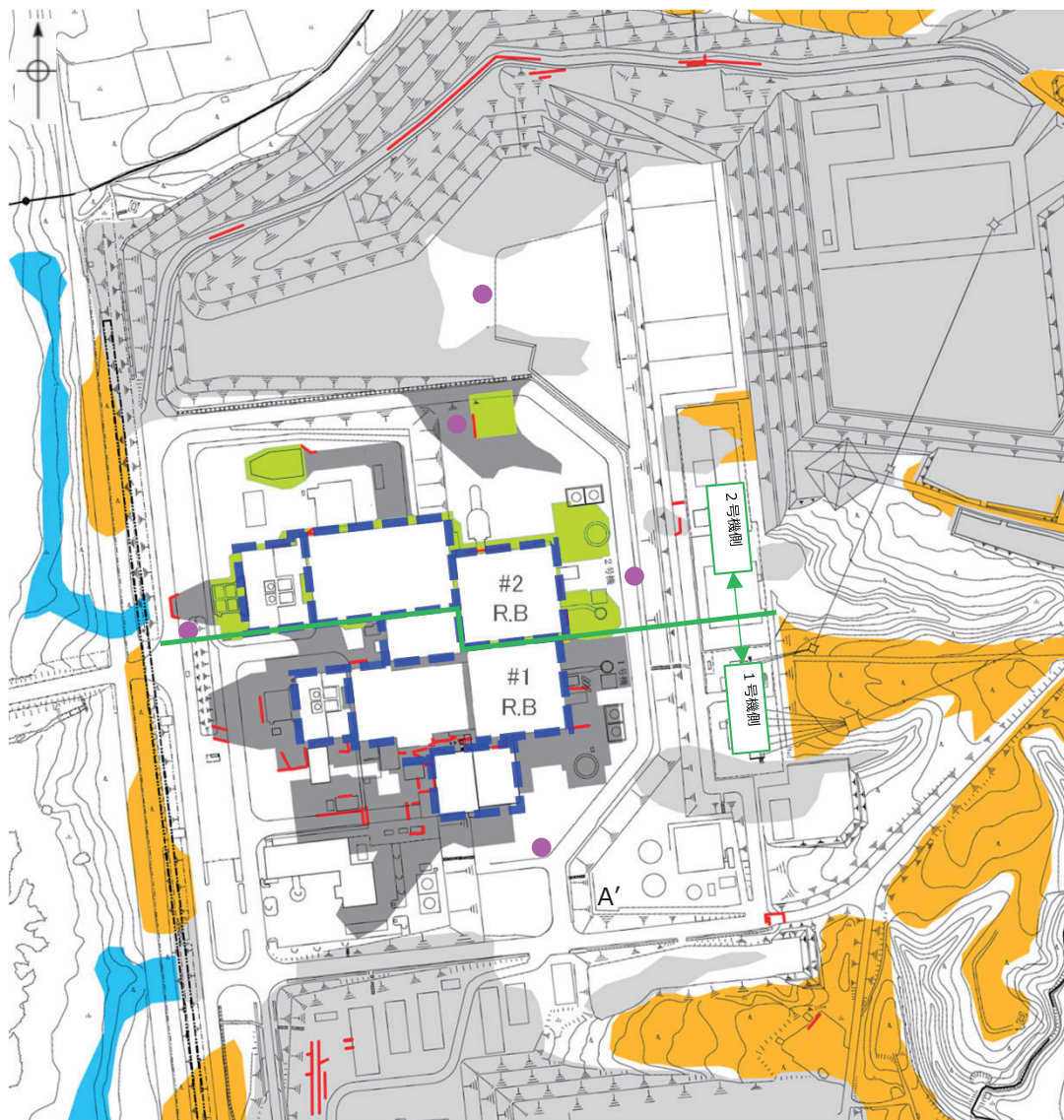


■ 盛土・埋戻土などの範囲 — 今回の地震で地表で確認された沈下，亀裂

敷地内断層及び調査位置図

敷地内で生じた沈下や亀裂は、表層のみで発生。





○発電所の敷地内では液状化（噴砂、噴水、地中構造物の浮上り）は発生しなかった。

○この要因について、道路橋示方書に基づき評価した結果、**地質の性状や地下水位の状況**から、液状化が発生しなかったものと評価される。

○地質の性状が異なる①～⑤ごとに評価した結果は以下のとおり。

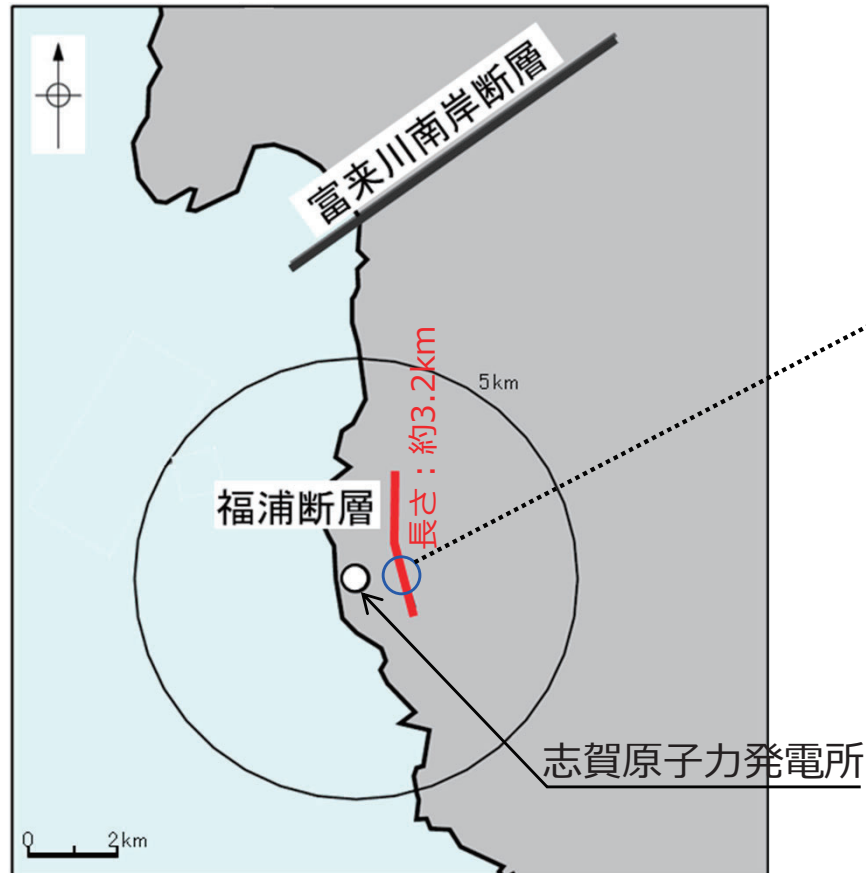
- ①段丘堆積層は、一般にN値が高く、**続成作用により液状化に対する抵抗が高い**ことから、液状化が生じなかった。
- ②沖積層は、**粘性土主体の地層**であることから、液状化が生じなかった。
- ③埋戻土（砂）は、**地下水位が十分に低い**ことから、液状化が生じなかった。
- ④埋戻土（岩ズリ）及び⑤盛土（岩ズリ）は、**粒径が大きく地下水位が低い**状態であることから、液状化が生じなかった。

- ①段丘堆積層
- ②沖積層
- ③埋戻土（砂）
- ④埋戻土（岩ズリ）
- ⑤盛土（岩ズリ）
- 地下水位観測孔
- 地下排水設備
- 変状（沈下、舗装の亀裂）

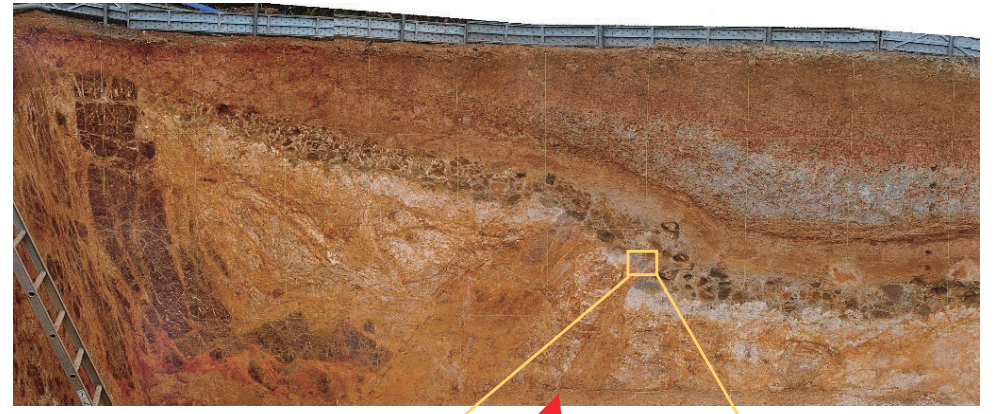
0 50 100 200m

発電所内の地質の状況等

- 発電所東方に分布する福浦断層は、「活断層であり、その長さは約3.2km」と評価し、原子力規制委の了解を得ているが（昨年7月）、今回の地震による活動の有無について現地で確認を行った。
- 確認の結果、福浦断層は今回の地震で活動した痕跡は認められず、既往評価に影響はない。



敷地近傍断層位置図



大坪川ダム右岸トレンチ

破碎部は密着しており、今回の地震に伴って活動した痕跡（新たな割れ目・せん断面・引きずり等）は認められない。



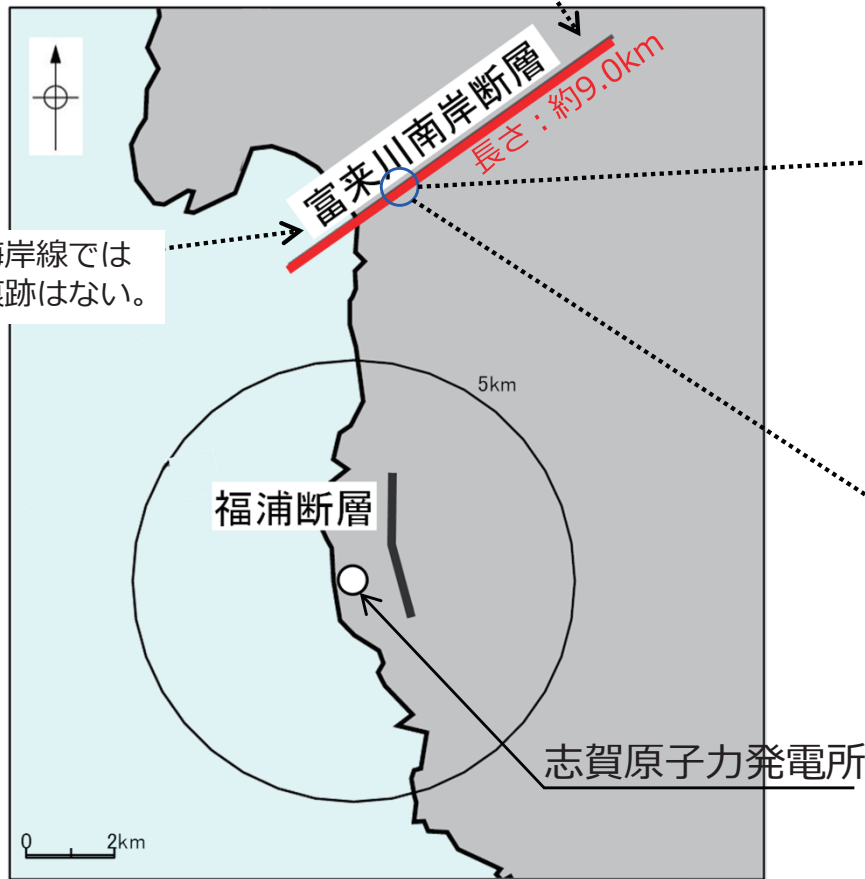
福浦断層

拡大写真

- 発電所北方に分布する富来川南岸断層の周辺では、今回の地震による地表変状が報告されており、それら変状が地表地震断層か否かについて見解が分かっている。
- 当社は、富来川南岸断層は、「活断層であり、その長さは約9.0km」と評価し、原子力規制委の了解を得ているが、今回の地震による活動の有無については、連動の観点から重要な知見であることから、調査を行っているところ。

断層北東部では活動した痕跡はない。

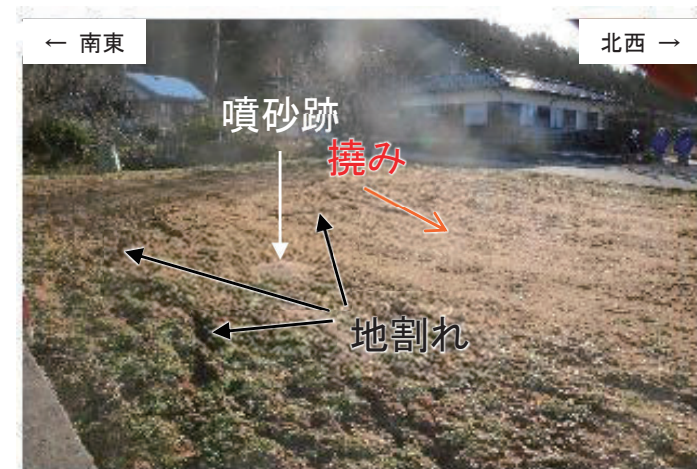
南西部の海岸線では活動した痕跡はない。



敷地近傍断層位置図



液状化の状況



地割れ・噴砂跡等の状況

富来川南岸断層南西側の海岸線の隆起について

➤ 富来川南岸断層の南西側の海岸線に分布する潮間帯生物（ヤッコカンザシ）の分布高度を確認した結果、同断層が活動した痕跡（南側が隆起）は認められない。

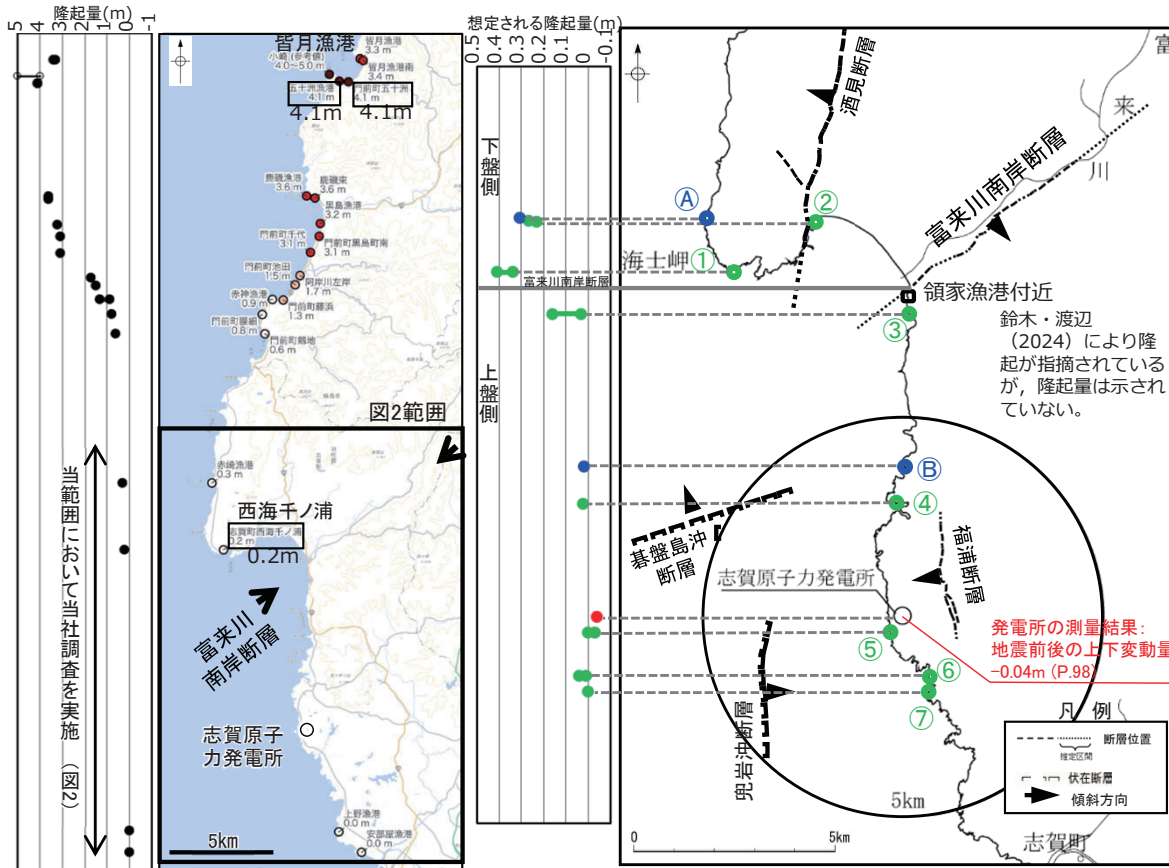


図1. 今回の地震に伴う海岸隆起量※1
(石山ほか(2024)による調査結果)

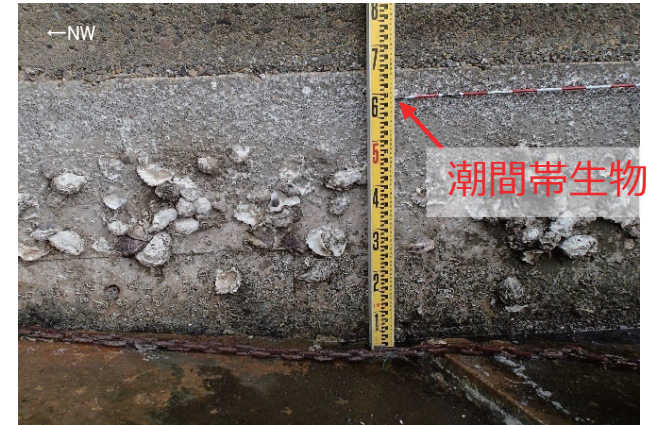
※1 貝・海藻類の分布高度に基づく(潮位未補正)

右図:石山ほか(2024)に一部加筆

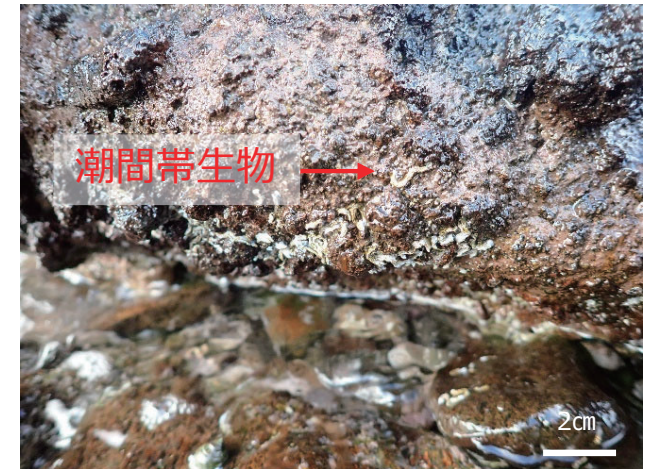
左図:石山ほか(2024)を基に当社作成

図2. 今回の地震に伴う海岸隆起量※2
(当社による調査結果)

※2 潮間帯生物(ヤッコカンザシ)の分布高度(標高値)に基づく



②地点

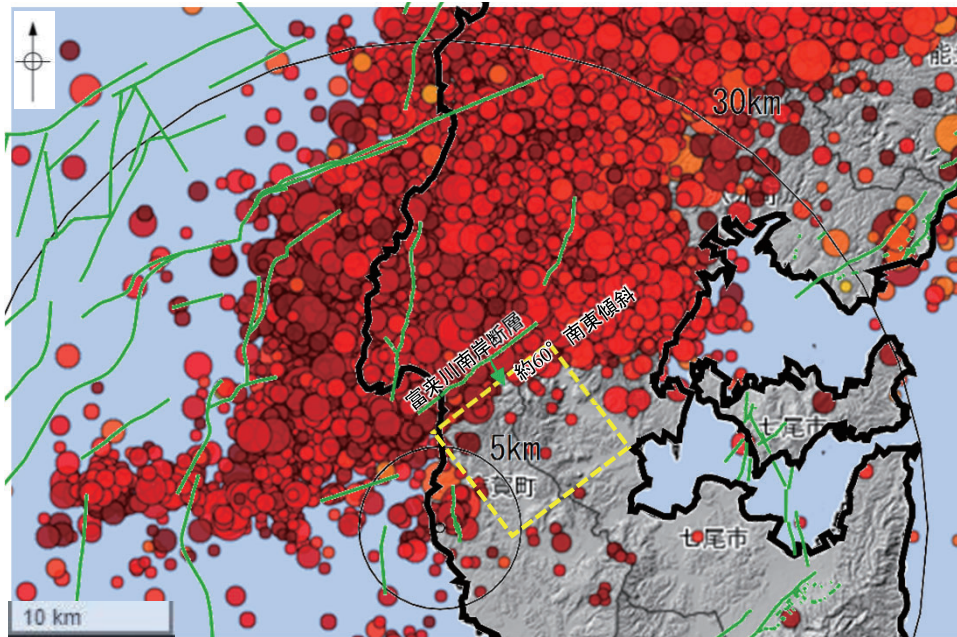


⑦地点

今回地震による富来川南岸断層の活動の有無について（検討中）

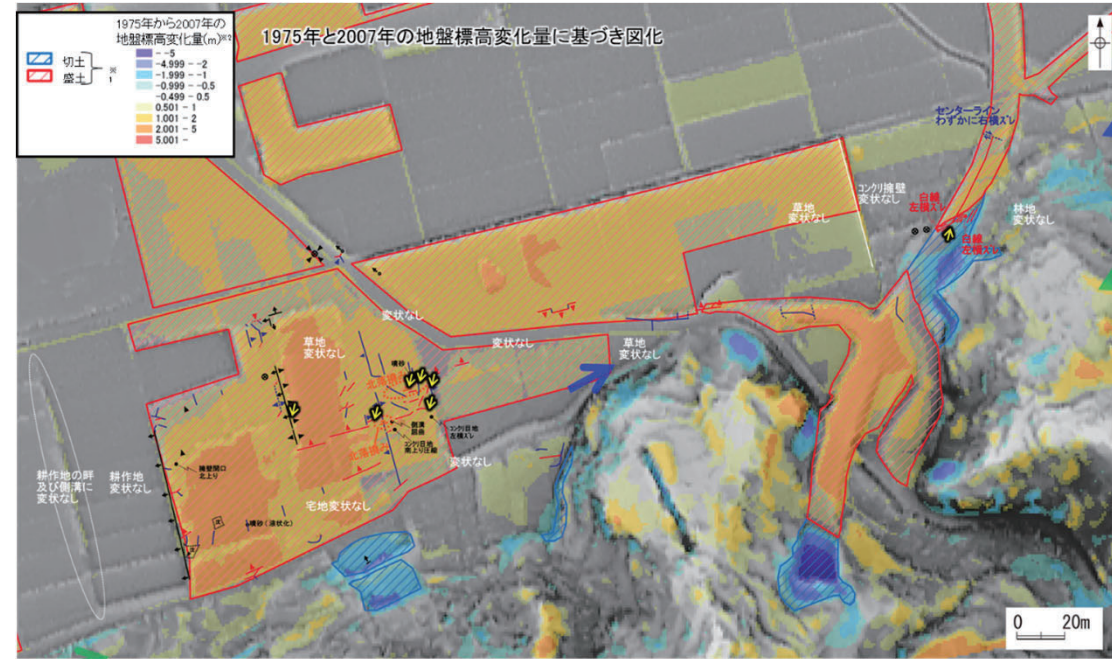
➤ 今回の地震の分布を確認すると、富来川南岸断層の地下深部に想定される断層面に沿った活動（破壊）はない。

➤ 今回の地震で地表地震断層の可能性を指摘された地点は、工事に伴う盛土範囲に集中しており、液状化による地盤の沈下や側方流動に起因した可能性がある。



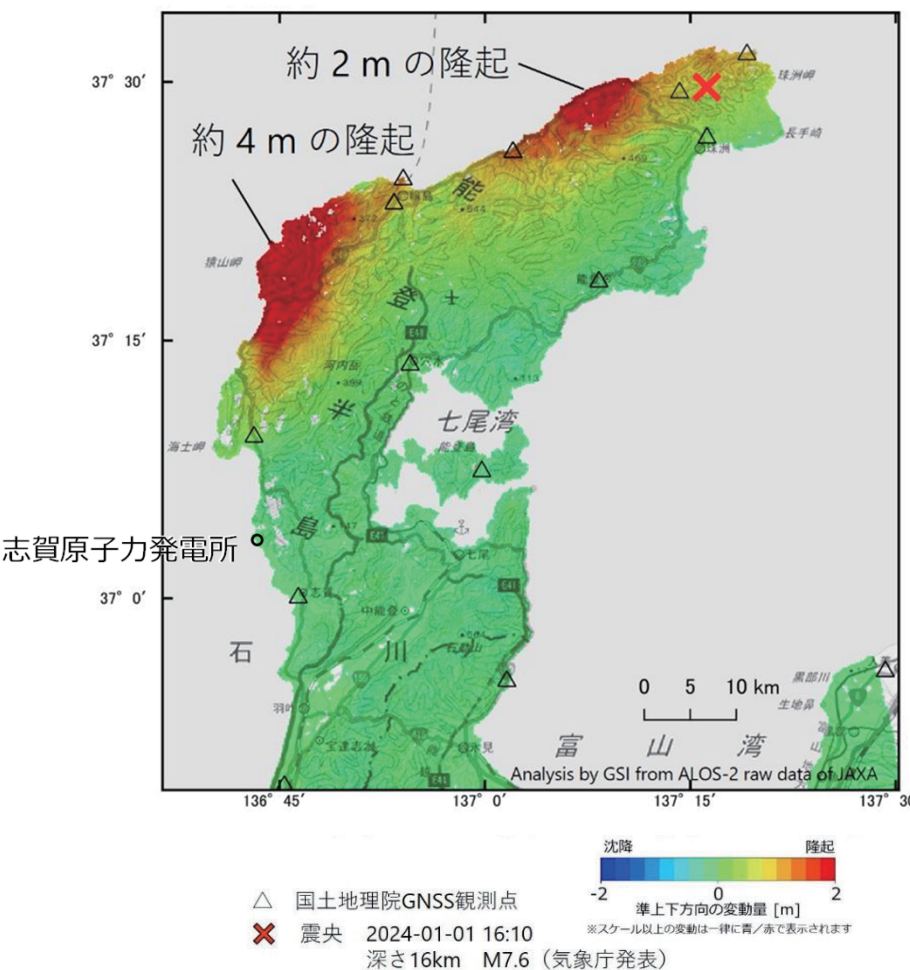
震央分布図(気象庁HPより作成)

データ表示期間: 2024年1月1日0:00~2024年2月1日0:00

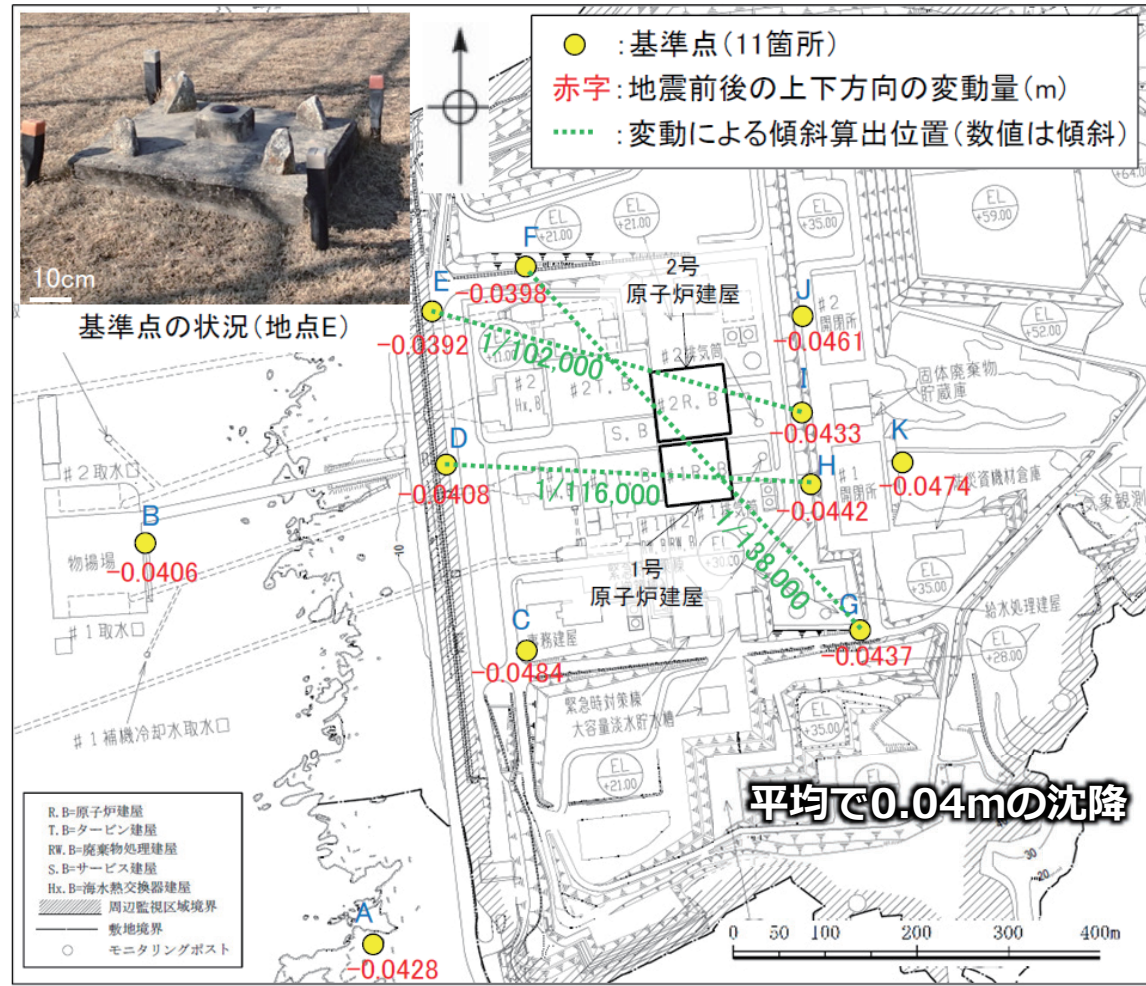


地表変状の分布と盛土切土範囲の関係

- 今回の地震により震源域周辺では大きな変動（輪島で約4m隆起など）が確認されたが、発電所は、上下方向「平均0.04mの沈降」、水平方向「西南西方向に平均0.12m」の変動であった。
- 原子炉建屋を挟んだ変動に伴う傾斜は1/100,000以下であり、審査ガイドの基準（1/2,000）を下回ることから問題はない。



震源域周辺の変動量（国土地理院データ）



志賀サイトの変動量（上下方向）

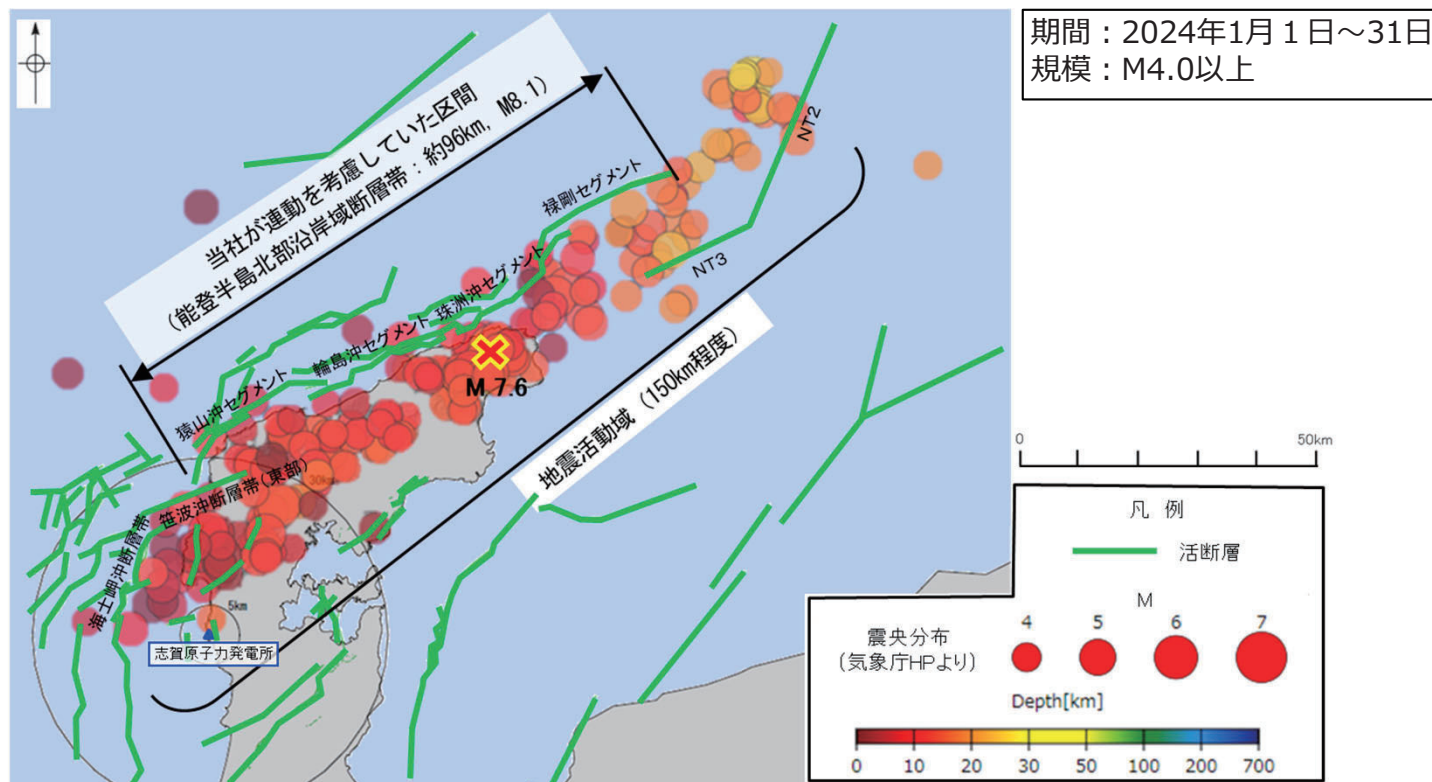
4. 北陸電力の今後の取り組み

【地震調査研究推進本部による評価（2024年2月9日公表）】

- 震源断層は、北東－南西に延びる150km程度の主として南東傾斜の逆断層。
- 地震発生以前から確認されていた、北東－南西方向に延びる複数の南東傾斜の逆断層と北西傾斜の逆断層の一部が、今回の地震に関連した可能性が高い。

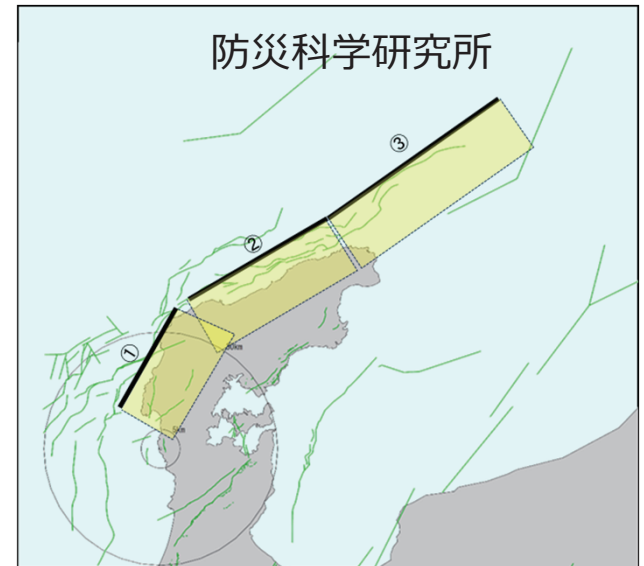
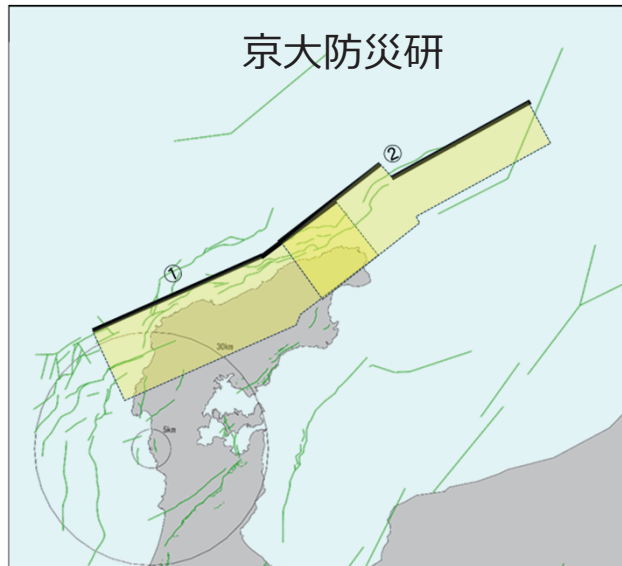
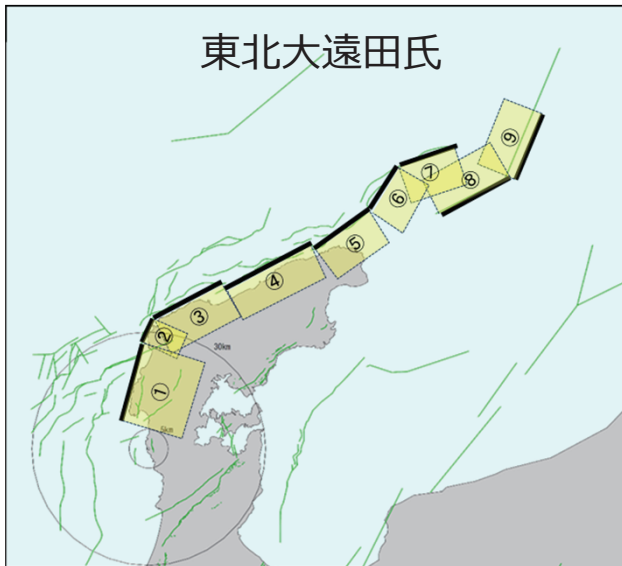
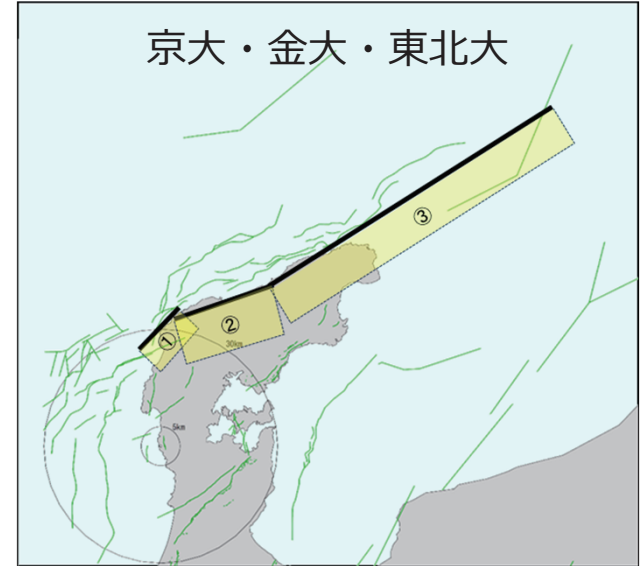
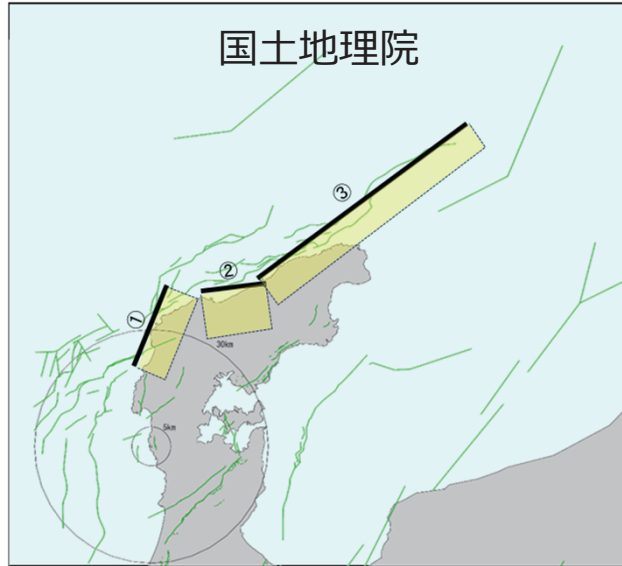
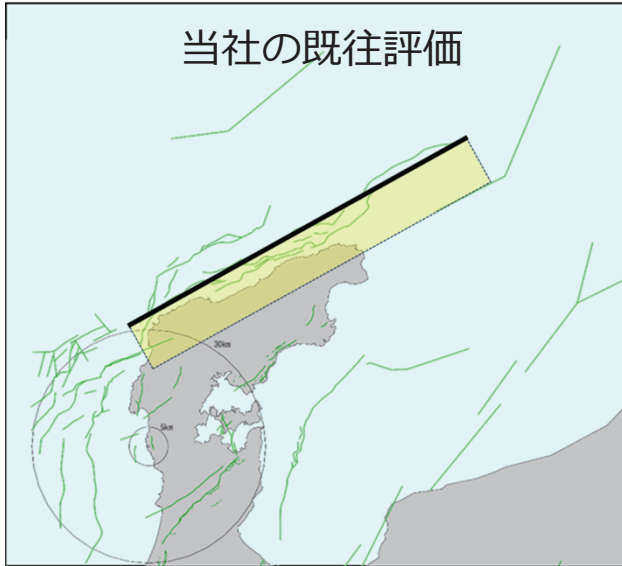
【当社の評価】

- 地震前：今回の地震活動域に分布する断層を活断層を評価しており、中央部の4本のセグメントの連動を考慮（能登半島北部沿岸域断層帯：約96km区間、M8.1）。
- 今 後：各種研究機関による調査や研究から得られる知見を収集・整理し、自社で実施する調査結果も含め、新たな知見については的確に評価に反映し、今後の審査で説明予定。



能登半島周辺の活断層と今回の地震後における震央分布

○ 現在，震源断層の形状は，**研究機関が速報として公表しているが，今後，調査研究の進展に伴い，更新，統一化**されていく。
○ 当社としては，これらの**知見の更新に注視するとともに，志賀サイトへの影響評価を進めていく。**



現時点において，震源断層の位置，形状についての知見は様々であり，今後，更新，統一化されていくものと想定

震源断層

- ・ 今回の地震を引き起こしたのはどの活断層か
- ・ 活断層の地下の形状はどうか（傾斜，幅） 等

地震動

- ・ 活断層がずれた方向，量，速さはどれほどか
- ・ 断層面で破壊が開始した位置はどこか 等

津波

- ・ 能登半島周辺の沿岸域の津波遡上高はどれほどか
- ・ 活断層の他，海底地すべりに起因した津波は発生したか 等

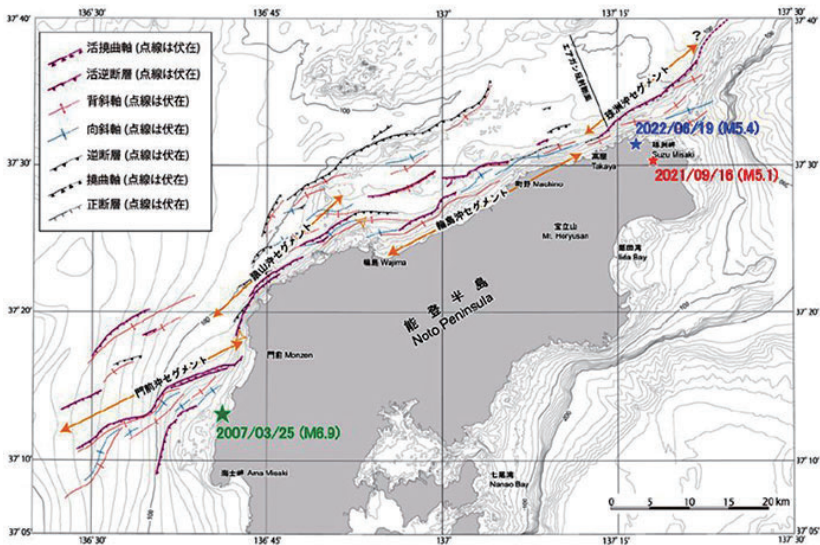
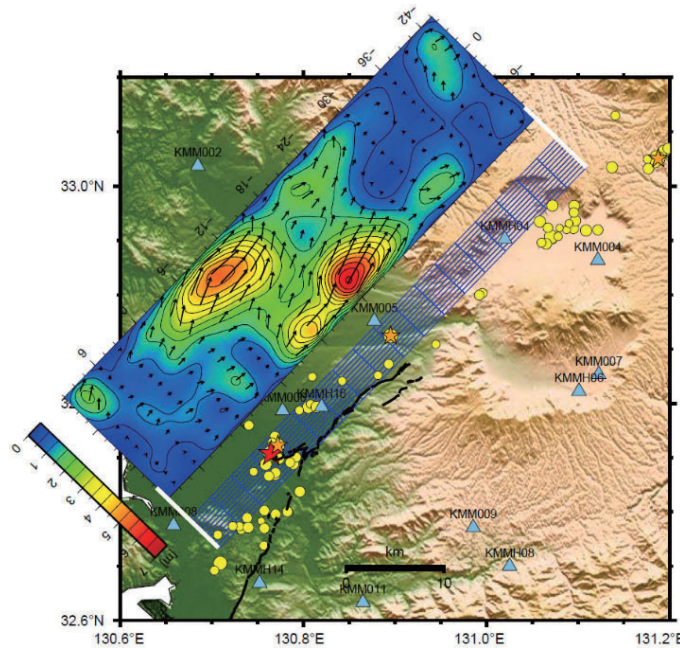
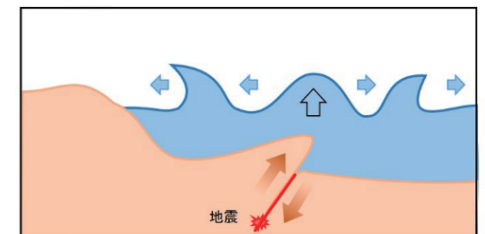


図4 能登半島北岸沖の活断層 (産業技術総合研究所)

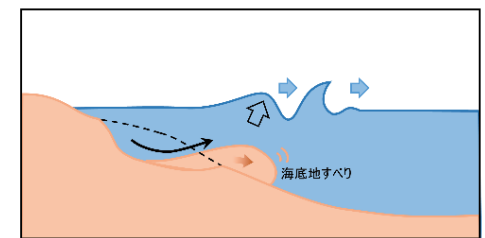
能登半島周辺に分布する活断層



断層面がずれた方向や量
(熊本地震での知見)



活断層で生じる津波

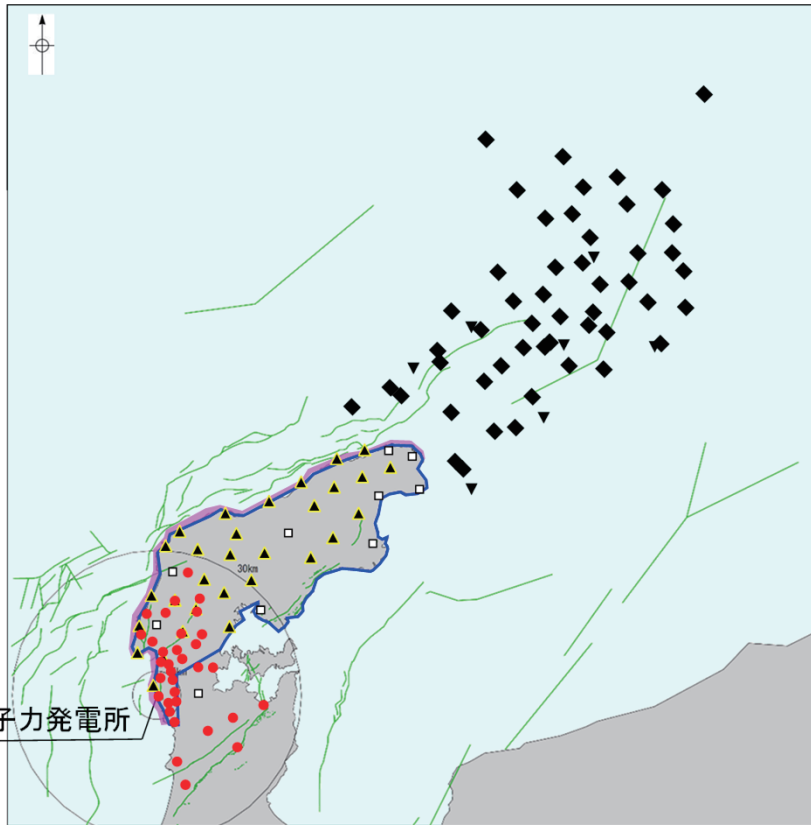


海底地すべりで生じる津波

(1) 令和6年能登半島地震に関する当社による追加調査及び知見の収集

- 令和6年能登半島地震の「震源断層」や「地震や津波の発生メカニズム」について、大学・研究機関により各種の調査、研究が進められているが、当社としても、これらの調査、研究の動向を把握しつつ、志賀原子力発電所の断層、津波、地震動等の評価に必要な項目について追加調査を実施中。
- 当社としては、上記の各種研究機関の調査、研究や当社による追加調査から得られる新たな知見を的確に評価に反映し、今後の審査の中で説明していく。

①当社による追加調査（航空レーザ計測，地震計設置観測）



調査位置図

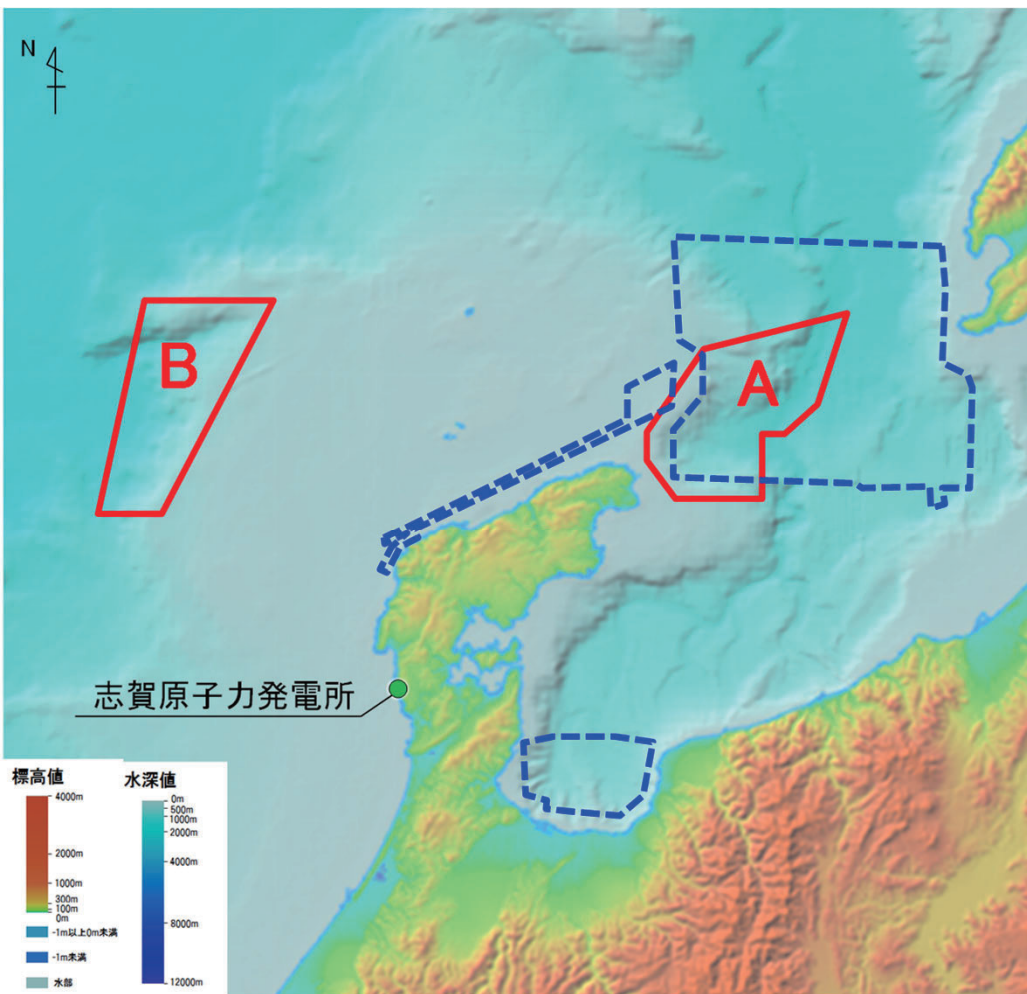
【航空レーザ計測】

実施機関	目的	内容
当社 □：航空レーザ計測（陸域） ■：航空レーザ計測（浅海域）	・地震前後の標高データの比較による震源域周辺の陸域（浅海域含む）の上下変位量の把握	能登半島北部，志賀原子力発電所周辺の陸域及び志賀原子力発電所～珠洲の浅海域の航空レーザ計測

【地震計設置観測】

実施機関	目的	内容
北陸電力 ●：地震計設置観測	・敷地近傍及びその周辺における震源分布の特徴（震源位置，深さや断層位置での破壊の有無）の確認	志賀原子力発電所周辺の地震計設置観測
海洋開発研究機構 (ほか) ◆：地震計設置観測 ▼：電位磁力計設置観測	・今回の地震を起こした地震断層の実態や地震・津波の発生メカニズムの解明 ・地震活動の推移の把握等	能登半島沖周辺の地震計設置観測，電位磁力計設置観測
電力中央研究所 ▲：地震計設置観測	・震源断層の詳細形状の把握 ・速度構造と地質構造との対応 ・2007年能登半島地震の震源断層との関係の確認	能登半島陸域の地震計設置観測

②当社による追加調査（海底地形測量（海底地すべり調査））



調査位置図

【海底地形測量】

実施機関	目的	内容	備考
北陸電力 〔 〇 〕	津波発生要因となる海底地すべり等の波源設定等に必要な情報の取得	マルチビーム測深機による深浅測量に基づく海底地形情報の取得	<ul style="list-style-type: none"> ・ 範囲A, Bは, 大陸斜面にあたり, 文献において海底地すべり地形の存在が指摘されていること等から調査を計画。 ・ 当社は, 範囲Aで地震前に同調査を実施しており, 今回の調査により, 地震による詳細な地形変化が確認できる。
海上保安庁 〔 〇 〕	富山湾, 能登半島東方沖, 能登半島北部における地形変化の有無の確認	マルチビーム測深機による面的な海底地形調査	-

・ 各種研究機関の調査については, 前頁及び本頁で示した以外にも, 海上音波探査等が実施されている。

 ころろをひとつに能登

こたえていく。かなえていく。

 北陸電力