

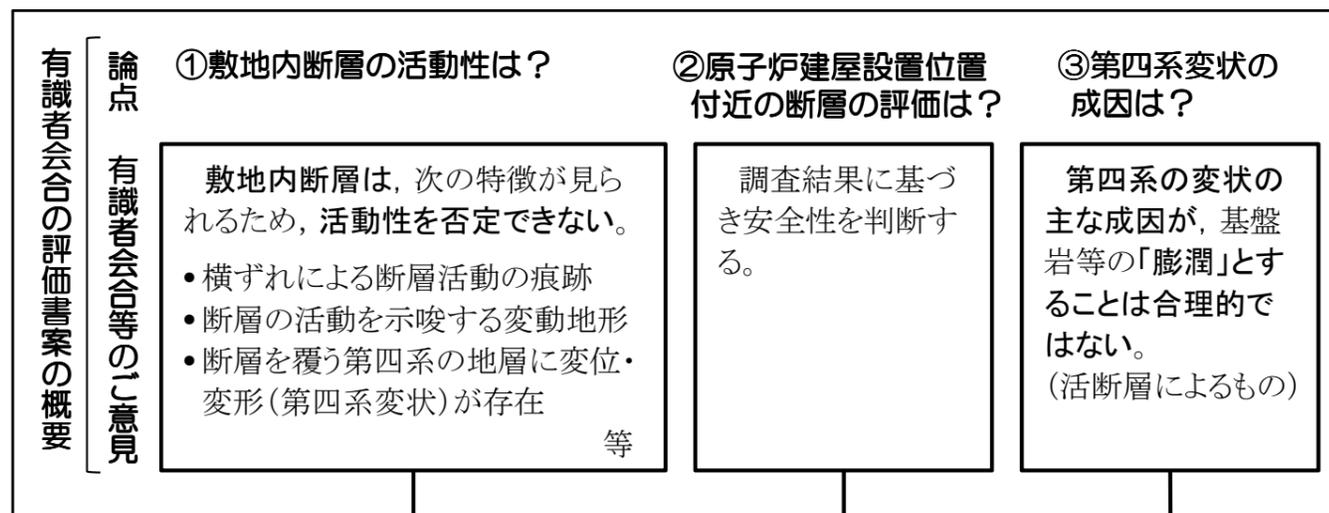
東通原子力発電所敷地内断層の活動性等の評価に係る追加地質調査報告書の概要

当社は、東通原子力発電所の敷地内断層について、原子炉設置許可申請時から詳細な地質調査により膨大なデータを積み重ねてきており、安全審査(平成8～10年)では「活動性なし」との国の評価を受け、その後の耐震バックチェック(平成18～24年)でも、「活動性なし」との評価を変える指摘はありませんでした。

しかし、原子力規制委員会有識者会合(以下「有識者会合」という。)において敷地内断層の活動性が指摘されたことから、当社は、平成24年7月から実施していた「敷地内断層の活動性等の評価に係る追加地質調査」について調査項目の拡充を図り、当該調査を継続実施してきましたが、平成25年5月に、有識者会合は「敷地内断層の活動性が否定できない」とする評価書案を取りまとめました。

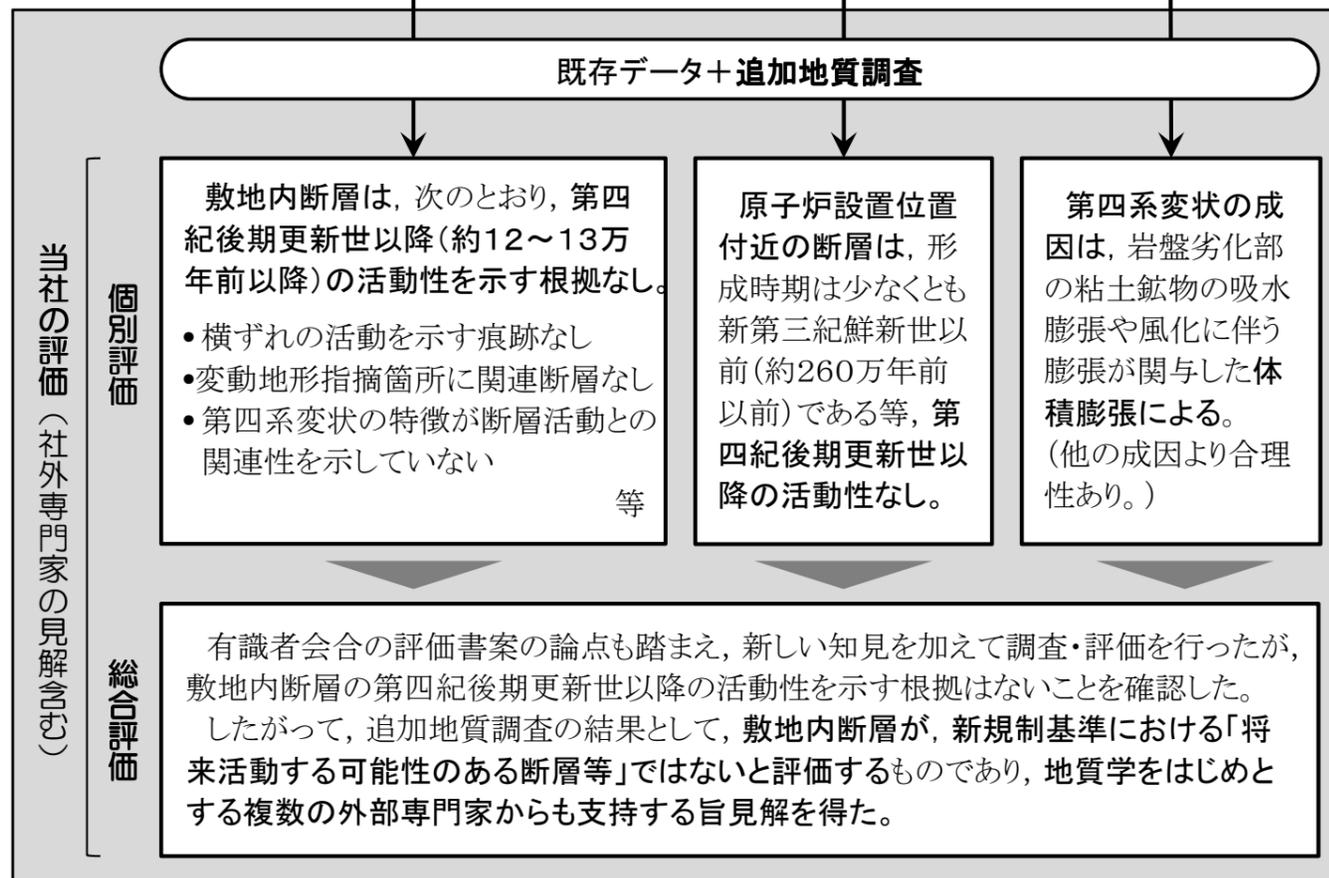
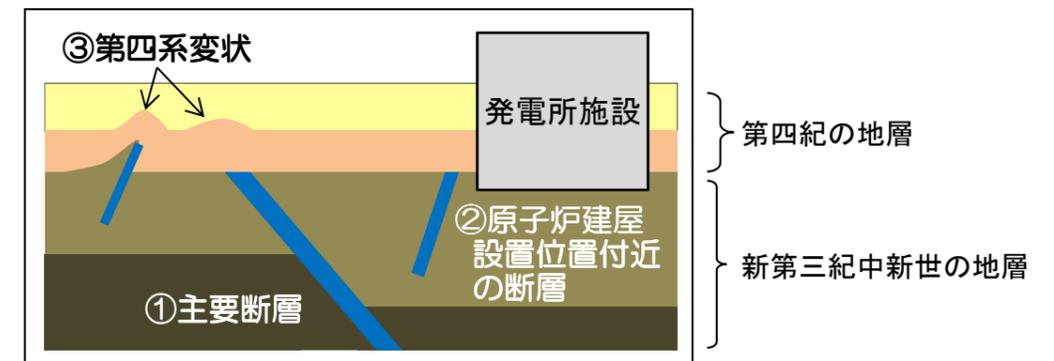
このたび、有識者会合の評価書案の論点を踏まえた追加地質調査結果と、既存の調査も含めた多くのデータを総合的に検討し、敷地内断層が「将来活動する可能性のある断層等」ではないと評価しました。

有識者会合の評価書案で示された主な論点と対応する追加調査結果の概要

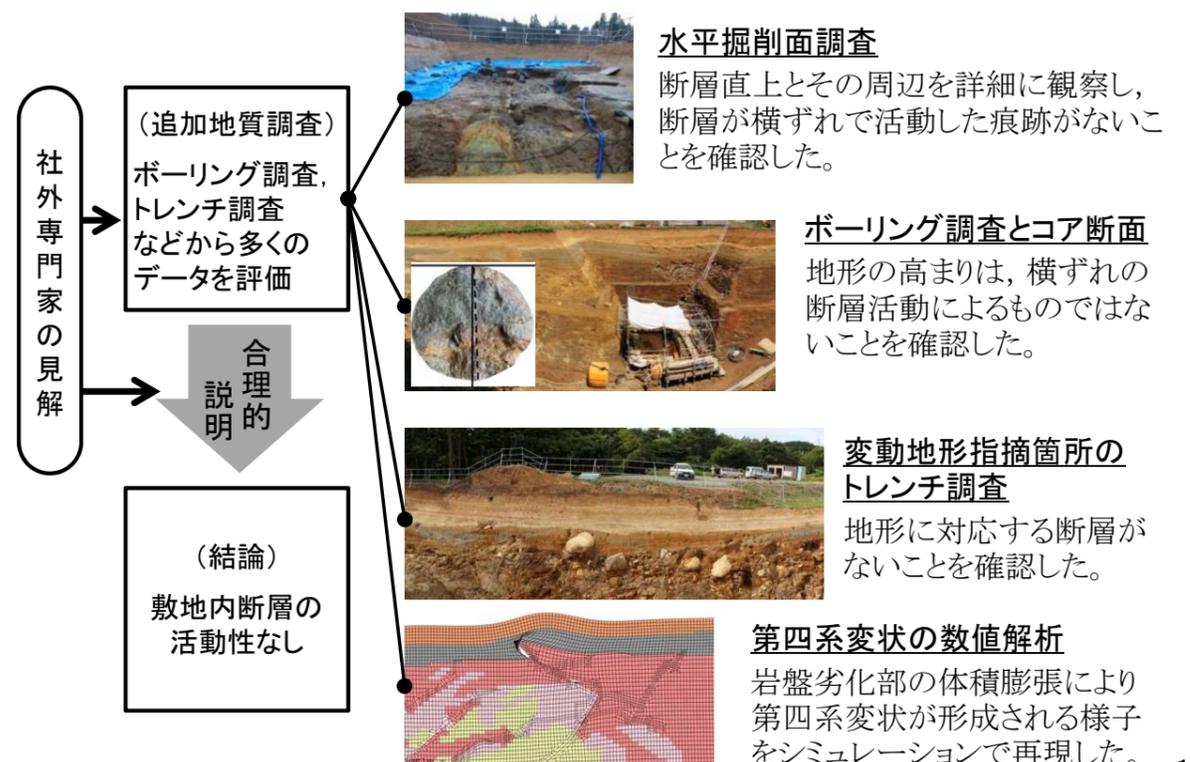


(解説1)断層と第四系変状について

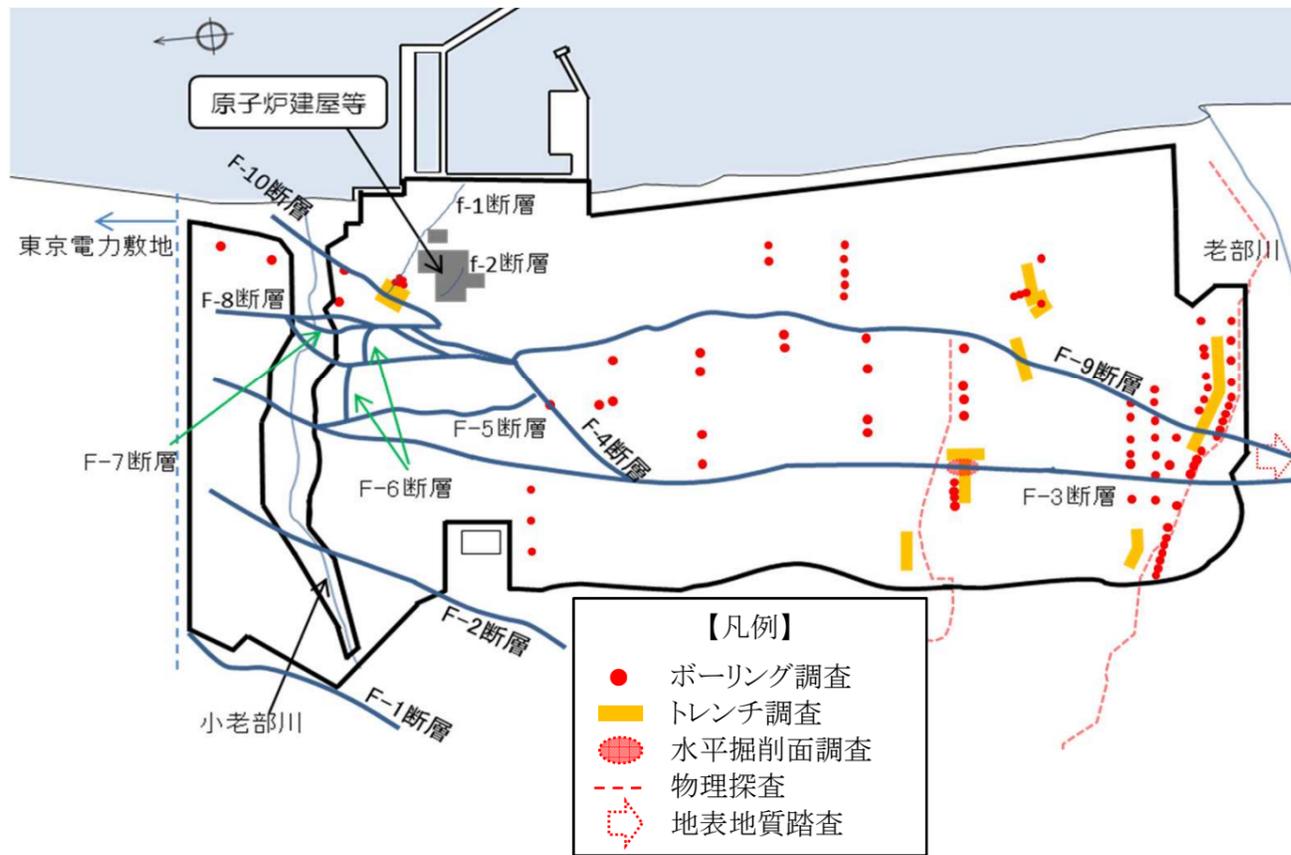
東通原子力発電所の敷地内断層の一部に、それを被覆する第四紀の地層に変位・変形(第四系変状)が認められるため、断層の活動性の検討を行って、原子炉設置許可申請時の安全審査では、「断層の活動性なし」との国の評価を受けている。



(解説2)追加地質調査と評価の流れ



口敷地内断層と追加地質調査の位置



口代表的な地質調査の方法

地上からは見えない地下の地質や断層の様子を調べるために、トレンチ調査やボーリング調査等を行う。原子力発電所の場合、規模の大きいものでは、ボーリング調査は深さ数百m、トレンチ調査は長さ100m以上、深さ10m以上の掘削を行う。

〈 トレンチ調査 〉

表土と岩盤を掘削して、地質や断層を直接観察する。

東通原子力発電所敷地での調査数量  
合計：70箇所(追加地質調査再掲：9箇所)



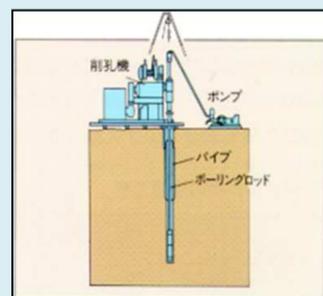
〈 ボーリング調査 〉

地下の岩石等を、棒状のコアとして連続的に採取し、観察・分析する。



ボーリングコアの例  
径：約7～9cm  
長さ：1mごと切断

東通原子力発電所敷地での調査数量  
総延長：約53km(追加地質調査再掲：約13km)



口敷地の地質

東通原子力発電所敷地の地質層序表

地質年代		地層名	年代	主要岩層	表土 ↓ 地下の深度 ↓ 岩盤
第四紀 (※1)	完新世	第四系	約12～13万年前以降	砂礫、砂 粘性土 ローム	
	後期更新世				
新第三紀 中新世 (※2)		蒲野沢層	約1,000万年前頃	砂岩 泥岩 礫岩	
		泊層	約1,500万年前頃	火山碎屑岩 安山岩溶岩	

※1 約260万年前から現在までの地質時代を第四紀と呼び、新しいほうから完新世や後期更新世等に区分され、この時代に作られた地層を第四系や第四紀層という。  
※2 約2,300万年前から第四紀の前までを新第三紀と呼び、新しいほうから鮮新世と中新世に区分される。ただし、浸食等で失われて敷地内に存在しない地層もある。

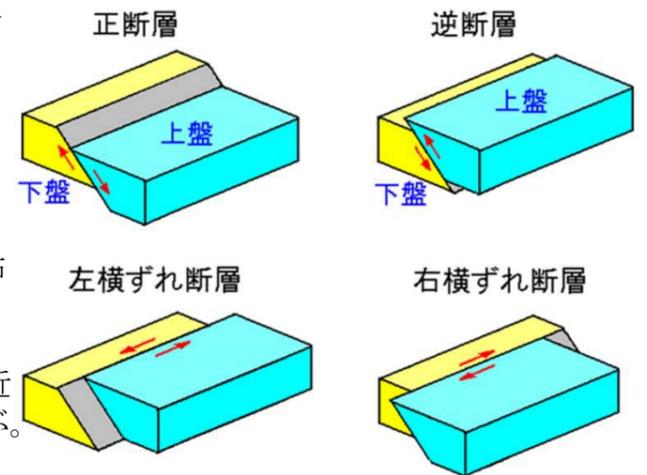
口断層と活断層

断層は、岩盤の破壊によって生じる不連続面のある変形のこと、見かけのずれによる分類では、正断層、逆断層、横ずれ断層等がある。

活断層とは、近い時代まで地殻変動を繰り返した断層であり、今後も活動する可能性のある断層をいう。

また、断層運動に伴って破碎された岩片や粘土を含む、一定の幅を持った帯を破碎部や破碎帯という。

なお、断層活動等の地殻変動がそのままに近い形で表現されている地形を、変動地形と呼ぶ。



[参考] 新規基準における断層の活動性の評価

- 「将来活動する可能性のある断層等」とは、第四紀後期更新世以降(約12～13万年前以降)の活動が否定できないもので、対象は、「震源として考慮する活断層」のほか、「地震活動に伴って永久変位が生じる断層」と「支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面」を含む。
- 重要な安全機能を有する施設の直下でないことを確認すること。

口追加地質調査結果に関する見解書をいただいた地質学・地形学等の社外専門家

- 奥村 晃史 氏 (広島大学教授)
- 金折 裕司 氏 (山口大学教授)
- 千木良 雅弘 氏 (京都大学教授)
- 遠田 晋次 氏 (東北大学教授)
- 徳山 明 氏 (元富士常葉大学長, 兵庫教育大学名誉教授)
- 柳田 誠 氏 (駒澤大学講師, 株式会社阪神コンサルタンツ取締役)
- 山崎 晴雄 氏 (首都大学東京教授)

以上、五十音順

東通原子力発電所敷地内断層の活動性等の評価に係る追加地質調査結果(要旨)

調査・評価を積み重ね敷地内断層の活動性を確認

		①敷地内断層の活動性				②原子炉建屋設置位置 付近の断層 (f-1断層, f-2断層)  (⇒別紙6)	③第四系の変状の成因  (⇒別紙7)	
		主要断層(F系)の活動性			第四系の変状と断層の関連  (⇒別紙5)			
		F-3断層の活動性 (横ずれ) (⇒別紙1)	F-9断層の活動性 (変動地形, 累積性) (⇒別紙2)	変動地形の可能性のある 地形 (⇒別紙3)				断層破碎部の固結状況  (⇒別紙4)
設置許可時安全審査等 (平成8年)	調査内容	【ボーリング調査】約370孔, 総延長約39,900m 【試掘抗調査】約3,700m 【トレンチ調査】61箇所 【地表弾性波探査】9測線						
	評価	敷地内断層は, 少なくとも新第三紀鮮新世以前に形成された正断層で, 横ずれも含め活動性なし	活動性はなく, 第四系に認められる変状は断層活動に起因するものではない	敷地には, 断層の活動を示唆するリニアメント, 変動地形の可能性のある地形等は認められない	断層破碎部固結・岩石化は, 断層の活動性を否定する重要な根拠	第四系の変状は断層の走向方向の連続性に乏しく, 構造的な原因で形成されたものではない	第四紀後期更新世以降の活動性なし	岩盤劣化や, 地下水等により, 岩盤表層部付近の一部に形成されたもの
		⇒敷地内断層は, 耐震設計上考慮すべき断層ではない						
有識者会合の評価 (平成24年12月)	判断の視点	花卉構造に類似した多数の小亀裂 砂礫層の断層沿いの落ち込み, 断層に取り込まれた扁平礫が平行に並ぶ	F-9断層の東側の地形の高まり 第四系堆積物の変位・変形の累積性 横ずれによってもみ上げられた地形の高まり	敷地内の一部に断層変位地形が認められる 断層変位地形が認められないことをもって活断層の存在の否定は困難	破碎部の固結過程などの客観的な根拠が不明確 敷地の断層等が確実に固結しているかデータ等が不明確	主要な断層には変位・変形が系統的に認められる 第四紀後期更新世の地層に断層が存在するなど疑わしい場合には, 活断層の可能性	東京電力敷地内の第四系に変形を及ぼしている同様の断層 第四紀後期更新世の地層に変形を及ぼしているF-10断層のごく近傍に位置	トレンチ法面等の膨張の様子等が確認されないこと, 水位上昇に伴う痕跡等が確認されないこと等
	評価	F-3断層は, 縦ずれより大きな横ずれ活動が認められる活断層の可能性	F-9断層は活断層の可能性	敷地内に断層変位地形がある	断層破碎部の固結・岩石化を根拠に活動性否定は困難	変位・変形が系統的に認められる断層は, 活断層かその可能性のある断層	今後実施される調査結果に基づき安全性を判断する	第四系変状の主な成因が, 「膨潤」であるとの主張は合理的ではない
追加地質調査 (平成24年7月)	調査目的	横ずれ活動の有無確認	F-9断層の東側の地形の高まり(変位・変形の累積性の有無)確認	変動地形指摘箇所と断層との関連性確認	断層破碎部の固結状況確認	第四系変状と断層との関連性確認	活動性の評価	岩盤劣化部の体積膨張現象の確認 類似事例の収集
	調査結果	水平掘削面調査等 ⇒水平面に雁行, 斜交等の横ずれの特徴なく花卉構造ではない ⇒横ずれ運動を受けたような礫の一定方向の配列, 水平回転の痕跡等がない  3次元X線CT画像解析 ⇒縦ずれが主体の断層	トレンチ調査等 ⇒F-9断層の東側の地形の高まりは, 厚い岩盤劣化部の体積膨張と対応 ⇒堆積構造の精査により, 変位・変形の累積性なし  水平ボーリング調査等 ⇒ボーリングコアの断面の条線は, 断層が縦ずれ主体であることを示す	詳細地形判読 ⇒敷地内に変動地形なし  トレンチ調査等 ⇒変動地形指摘箇所の下方向に対応する断層等なし ⇒一部人工改変の形跡	ボーリング調査等 ⇒破碎部の固結・岩石化した箇所を複数確認 ⇒続成作用により固結・岩石化した断層破碎部も確認  X線回折分析等 ⇒破碎部が, 熱水によってセピオライト等に置換された後に固結・岩石化した変質岩 ⇒時期は, 新第三紀中新世	トレンチ調査等 ⇒同一断層でも変状が認められない区間が必ず存在し, 変状が全線にわたり連続する断層なし ⇒変状箇所の基盤に断層が存在しないものあり ⇒断層の走向方向での変状の有無, 変形量の変化等から, 断層の走向方向の連続性に乏しい	トレンチ調査(f-1断層), 数値解析等 ⇒f-1断層は, 形成は新第三紀鮮新世以前で, 第四系基底面に段差がない ⇒f-1断層と小断層に囲まれた岩盤劣化部の体積膨張を再現 ⇒f-2断層は新第三系中で消滅する等, 形成は新第三紀鮮新世以前	理化学分析・物理試験等 ⇒岩盤劣化部の粘土鉱物の吸水と, 岩盤の風化が体積膨張に関与  数値解析 ⇒岩盤の膨張現象を再現  海外事例調査 ⇒米国コロラド州の岩盤が体積膨張する現象を確認
	個別	F-3断層は, 断層直上やその周辺で, 小断層や礫の状況等, 横ずれ断層に特徴的な構造が認められなかったため, 横ずれ主体の活断層ではないと判断	F-9断層東側の地形の高まりは, 岩盤劣化部の体積膨張 第四系に変位・変形の累積性なし 横ずれ主体の断層ではないことから, 活断層ではない	詳細地形判読でも変動地形は認められない 変動地形指摘箇所においても, 地形に対応する断層が認められないため, 断層活動と関係のある地形ではない	固結・岩石化は, 新第三紀中新世の熱水変質作用の時期以降に断層活動がないことを明示 敷地内の断層は, 少なくとも第四紀後期更新世以降の活動なし	第四系変状の特徴は, 直下の新第三系中の断層の活動に関連して形成されたものではないことを示すもの	f-1断層は第四系基底面に変位を与えていないこと等から, また, f-2断層は新第三系中で消滅すること等から, 「将来活動する可能性のある断層等」に該当しない。 F-10断層に活動性がなく, これに伴うf-1断層の活動性は考慮の必要なし。	第四系変状の成因は, 岩盤劣化部の体積膨張によるものとするのが, 最も合理性あり。 体積膨張は, 岩盤劣化部の粘土鉱物の吸水膨張と岩盤の風化に伴う膨張が関与。
総合	敷地内断層は, 基盤の地質構造や, F-3断層, F-9断層と同一の機構により形成され横ずれ主体の運動が認められないこと, および, 第四系変状との関連性も認められない等, 少なくとも第四紀後期更新世以降の活動性はなく, 「将来活動する可能性のある断層等」には該当しない。  敷地内断層に横ずれ主体の活動性を示す痕跡が存在しないこと, 断層活動による変位・変形の累積性が認められないこと, 変動地形指摘箇所において関連する断層が存在しないこと, 断層破碎部が固結・岩石化していること等, 少なくとも第四紀後期更新世以降の活動性を示す根拠はなく, また, 第四系に認められる変状は, 断層活動に伴う構造的なものではないと評価する。 したがって, 当社は, 今回の追加地質調査の結果として, 敷地内断層は新規規制基準における「将来活動する可能性のある断層等」ではないと評価する。 また, 第四系に認められる変状の成因は, 断層活動に伴う構造的なものではなく, 岩盤劣化部が体積膨張することにより発生したとすることが最も合理性あり。							

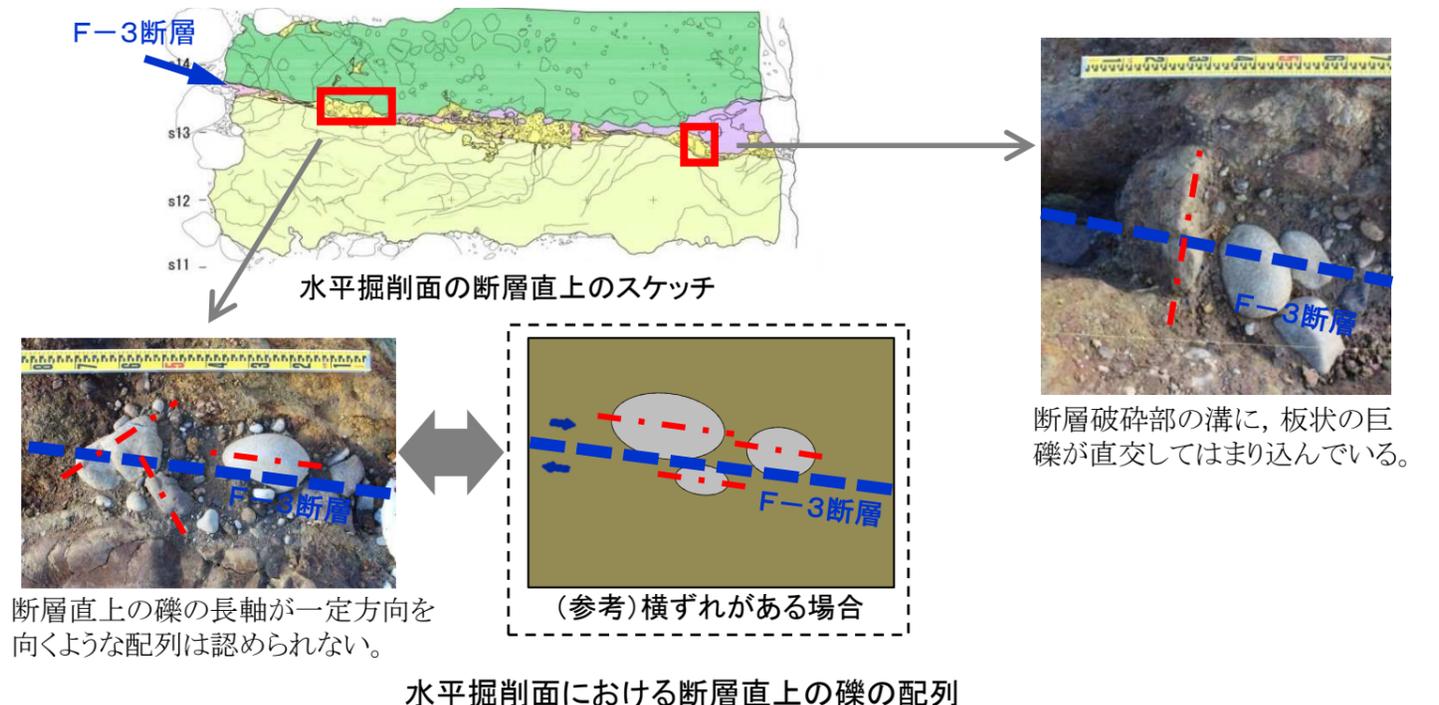
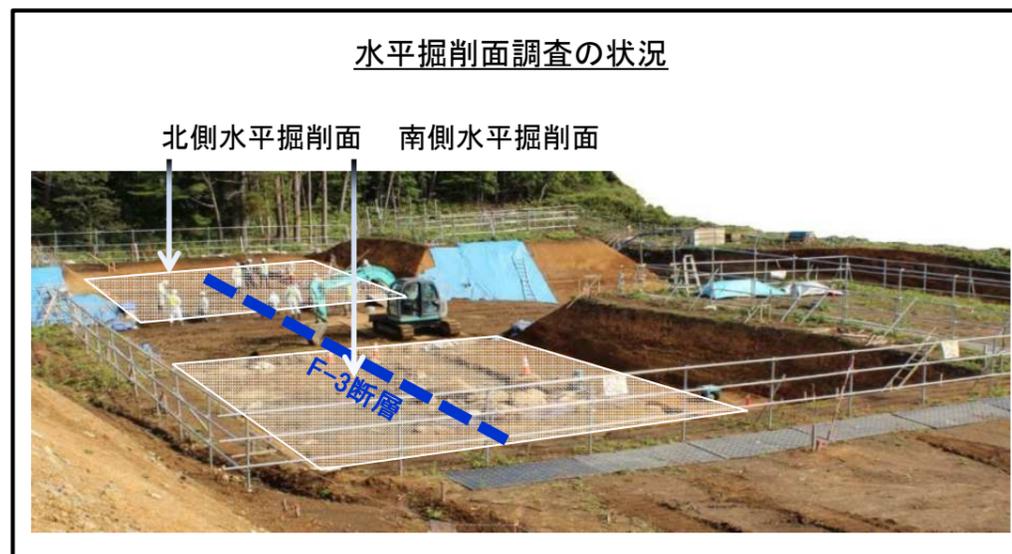
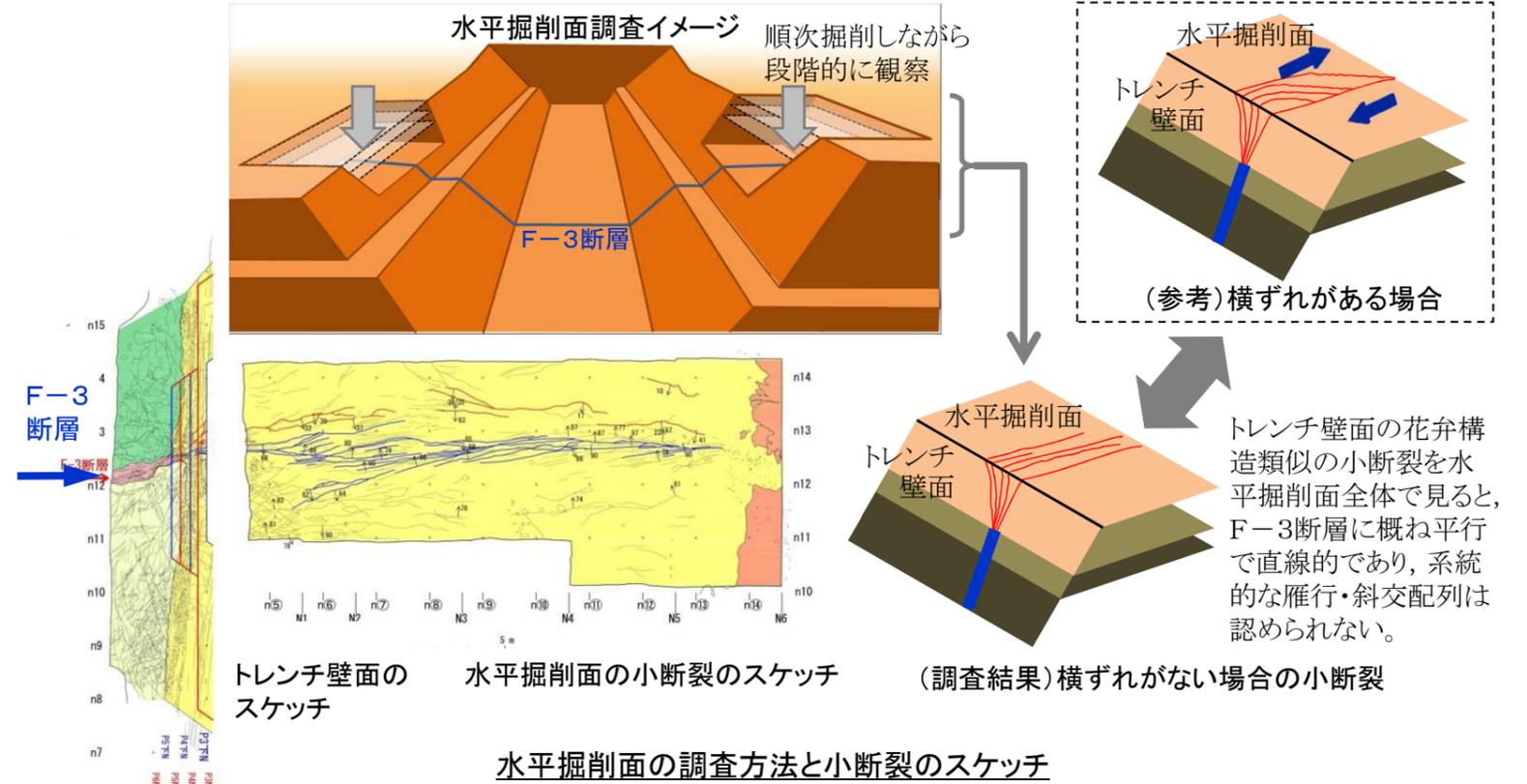
敷地内断層の活動性の評価 ～F-3断層の活動性(横ずれ)～

断層の周囲の小断裂や礫の状況等を詳細に確認した結果、横ずれ断層に特徴的な構造は認められなかったことから、F-3断層は横ずれ主体の活断層ではない。

有識者会合の評価	判断の視点	<ul style="list-style-type: none"> <li>F-3断層を被覆する堆積層に、横ずれ断層運動に特徴的な花卉構造に類似した多数の小断裂が認められる。</li> <li>断層を被覆する砂礫層が断層沿いに落ち込み、断層に取り込まれた扁平礫の長軸が断層に平行に配列している。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>F-3断層は縦ずれより大きな横ずれがあったと考えられ、横ずれ断層の活動が認められることから、活断層である可能性が否定できない。</li> </ul>
追加地質調査	調査内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>トレンチ調査</li> <li>ボーリング調査</li> <li>水平掘削面調査</li> </ul>
	調査結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤ブロックの3次元X線CT画像解析</li> <li>花卉構造に類似した小断裂は、水平面で見ると、断層に概ね平行・直線的で、雁行配列や斜交等の横ずれを示唆する断裂はない。</li> <li>断層直上とその周囲の礫は、横ずれ断層運動を受けたような長軸の一定方向の配列、水平回転を受けた痕跡等はない。</li> <li>地層や切断礫のずれは、縦ずれが主体であることを確認した。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>横ずれ断層に特徴的な構造は認められなかったことから、F-3断層は横ずれ主体の活断層ではない。</li> </ul>

《調査結果》横ずれ断層に特徴的な構造の確認

F-3断層を確認したトレンチで水平掘削面調査を行い、トレンチ壁面で花卉構造に類似しているとされた小断裂の水平掘削面での形状、断層直上とその周囲の礫の状況等を詳細に観察した結果、小断裂の雁行や斜交、礫の配列の定向性等、横ずれを示す特徴は認められなかった。



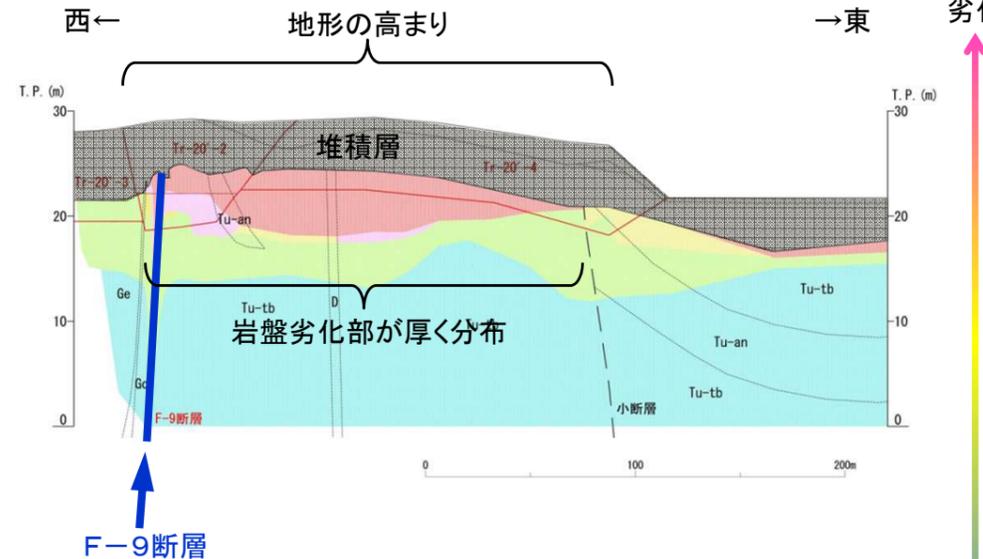
敷地内断層の活動性の評価 ～F-9断層の活動性(変動地形, 累積性)～

断層東側の地形の高まりは岩盤劣化部の体積膨張等により形成されたものであり, 変位・変形の累積性もないこと等から, F-9断層は活断層でない。

有識者会合の評価	判断の視点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F-9断層を境として東側(海側)の地形が高くなっている。</li> <li>• 断層を境とした基盤上面の高度差と地表面の高度差に差があり, 累積性を有する可能性がある。</li> <li>• 断層東側の高まりは横ずれによってもみ上げられたもの。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F-9断層は地形の高まりを形成し, 変位・変形に累積性があると考えられるため, 活断層である可能性が否定できない。</li> </ul>
追加地質調査	調査内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>• トレンチ調査</li> <li>• ボーリング調査</li> <li>• 体積変化算定手法</li> </ul>
	調査結果	<p>《調査結果1》</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• F-9断層東側には岩盤劣化部が広い範囲で厚く分布しており, 概ね地形の高まりに対応している。</li> <li>• 岩盤劣化部は体積膨張を生じている。</li> <li>• 堆積層の構造等を精査した結果, 変位・変形の累積性は認められない。</li> </ul> <p>《調査結果2》</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ボーリングコアの断層面の条線の向きを測定した結果, 断層が縦ずれ主体であることを確認した。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F-9断層東側の地形の高まりは, 岩盤劣化部の体積膨張等により形成され, 第四系の変位・変形に累積性も認められない。</li> <li>• 横ずれ主体の断層ではないことから, 活断層ではない。</li> </ul>

《調査結果1》 F-9断層東側の地形の高まりの評価

F-9断層の東側(海側)には, 体積膨張する性質を有する岩盤劣化部が広い範囲で厚く分布して, 概ね地形の高まりに対応していることから, 地形の高まりは岩盤劣化部の体積膨張により形成されたと判断する。



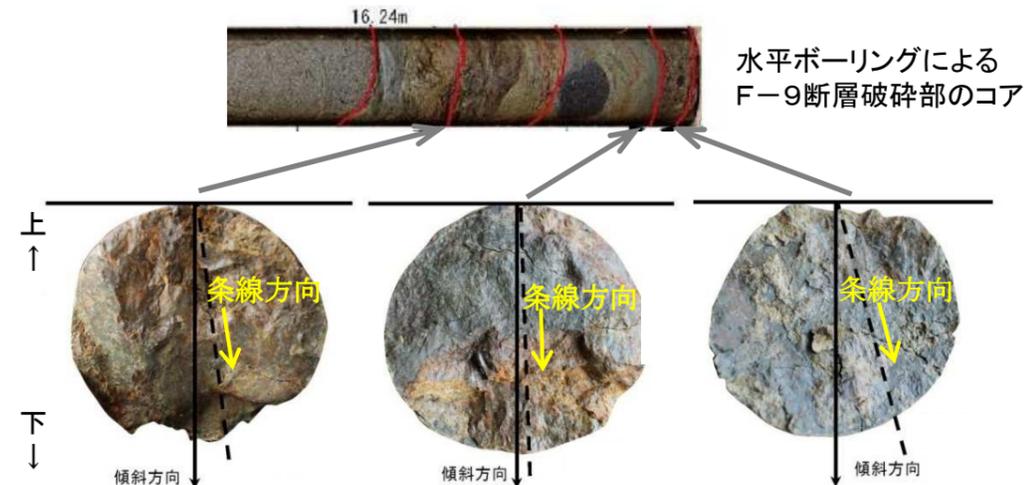
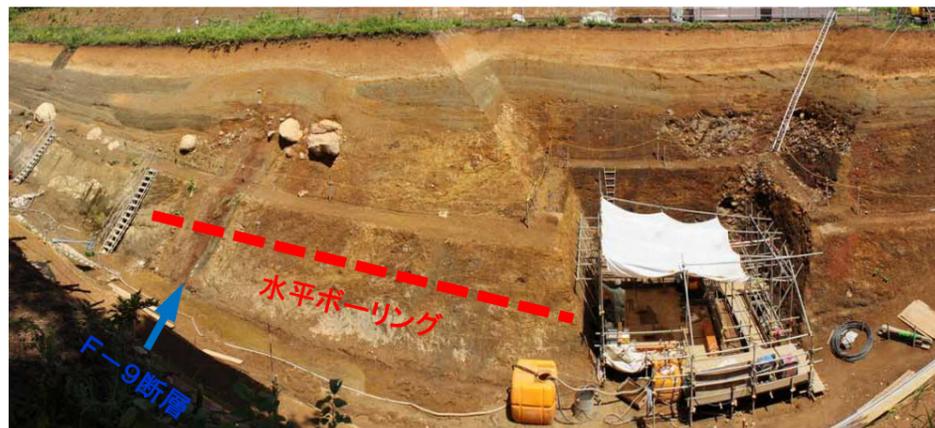
F-9断層東側の岩盤劣化度区分と地形の高まり(上下方向を強調)

劣化度	劣化状況 (火山碎屑岩)	露頭・コア状況 (火山碎屑岩)
E	全体に暗褐～赤褐色を呈する。軟質化するためハンマーで容易に崩せる。割れ目は開口することが多い。	
D	全体に褐色を呈し, 割れ目全体が赤褐～暗褐色を呈し, やや軟質化する。	
C	全体に強く褐色味帯びる。火砕岩では一部に軟質化した礫を含む。割れ目は赤褐色を呈する。	
B	全体にわずかに褐色味を帯びる。割れ目は褐色化する。	
A	新鮮である。	

《調査結果2》 ボーリングコア断面の条線方向の確認

水平ボーリングのコア観察の結果, F-9断層面の条線(ずれの方向を示す傷)の方向は, 縦方向に近いこと, F-9断層が縦ずれが主体であり, 横ずれ主体の断層ではないことを確認した。

水平ボーリング調査の状況



F-9断層破碎部の水平ボーリングコアの断面観察写真

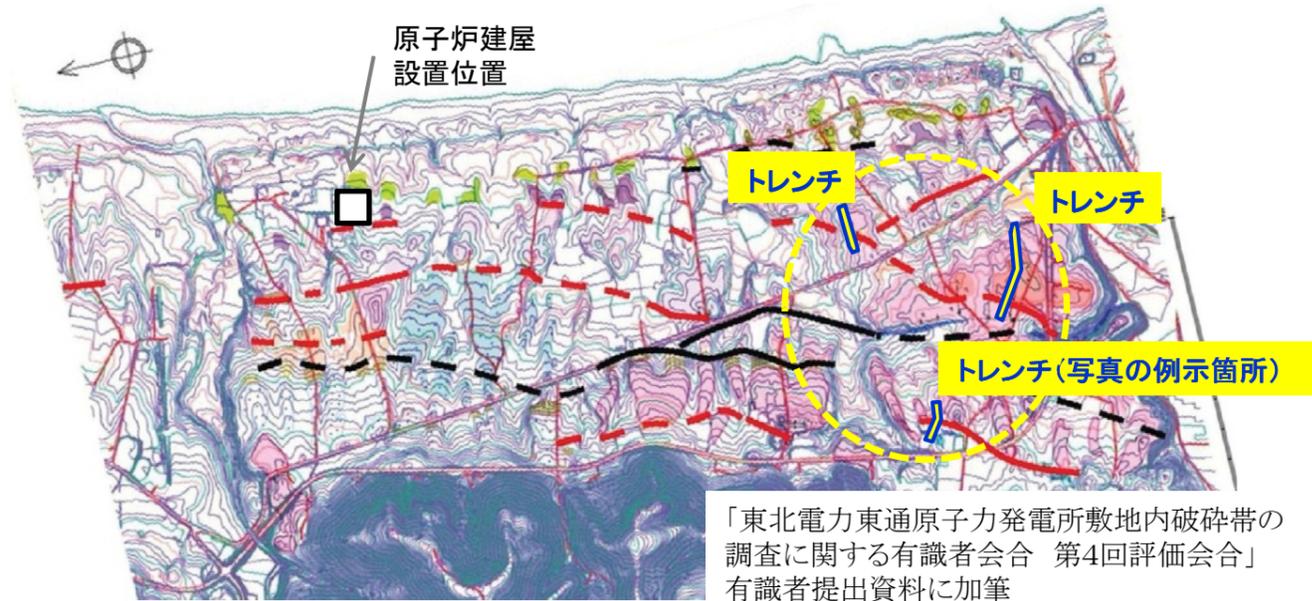
敷地内断層の活動性の評価 ～変動地形の可能性のある地形～

詳細地形判読でも変動地形は認められず、断層変位地形指摘箇所においても、地形に対応する断層が認められないため、断層活動と関連性のある地形はない。

有識者会合の評価	判断の視点	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地内の一部に断層変位地形が認められる。</li> <li>断層の活動度は低いと考えられ、断層変位地形が認められないことをもって活断層の存在を否定することは困難と考える。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地内に断層変位地形がある。</li> </ul>
追加地質調査	調査内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>空中写真判読</li> <li>数値標高モデルデータによる詳細地形分析</li> <li>トレンチ調査</li> <li>ボーリング調査</li> <li>地表地質踏査</li> </ul>
	調査結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>断層の活動を示唆するリアメント、変動地形の可能性のある地形は認められない。</li> <li>変動地形の可能性があると指摘された地形の下方には、地形と対応する断層等は認められない。</li> <li>一部人工改変による地形を確認した。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細地形判読等によっても変動地形は認められない。</li> <li>変動地形の可能性があると指摘された箇所においても、該当する断層は存在していないことから、断層活動と関係のある地形ではない。</li> </ul>

《調査結果》 変動地形の可能性があると指摘された箇所の確認

変動地形の可能性があると指摘された箇所に対応してトレンチ調査を行ったが、地形の下方には該当する断層は存在していないことから、断層活動と関係のある地形ではない。



「東北電力東通原子力発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合 第4回評価会合」有識者提出資料に加筆

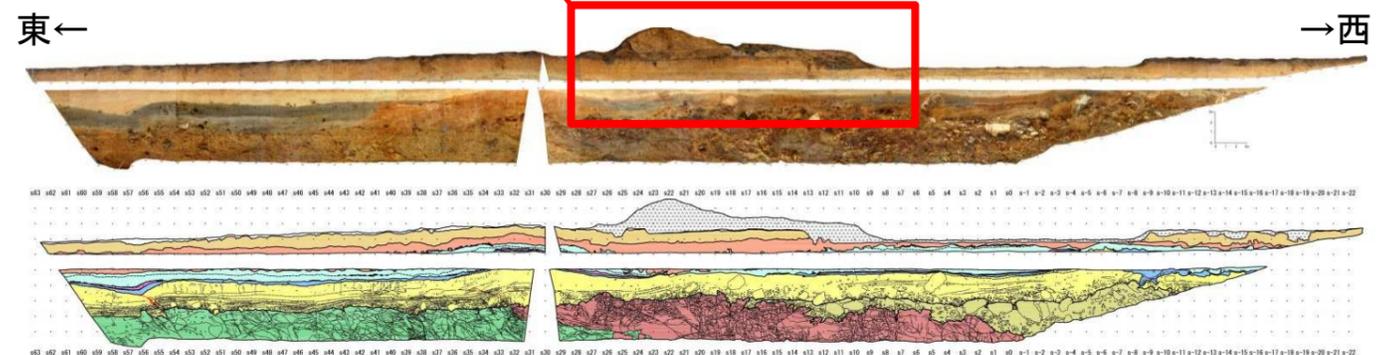
変動地形の可能性があると指摘された箇所(上図の赤線周辺)とトレンチ調査位置

変動地形指摘箇所



地表の形状からその下方に断層がある可能性を指摘されていたが、トレンチ調査の結果、地形と対応する断層は確認されなかった。  
 (左写真中の青色円の付近に、断層が存在する可能性が指摘されたが、実際には断層はない。)

変動地形(写真奥側)確認用のトレンチ調査の状況



変動地形指摘箇所のトレンチ壁面の写真とスケッチ

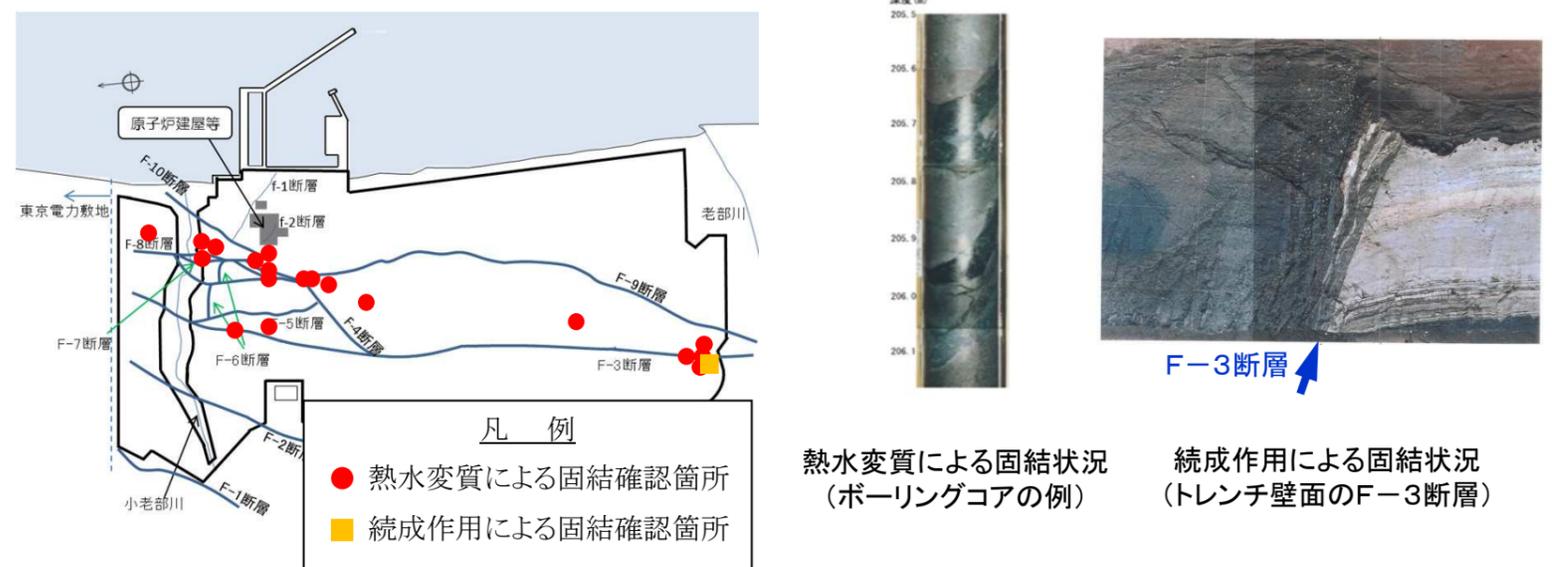
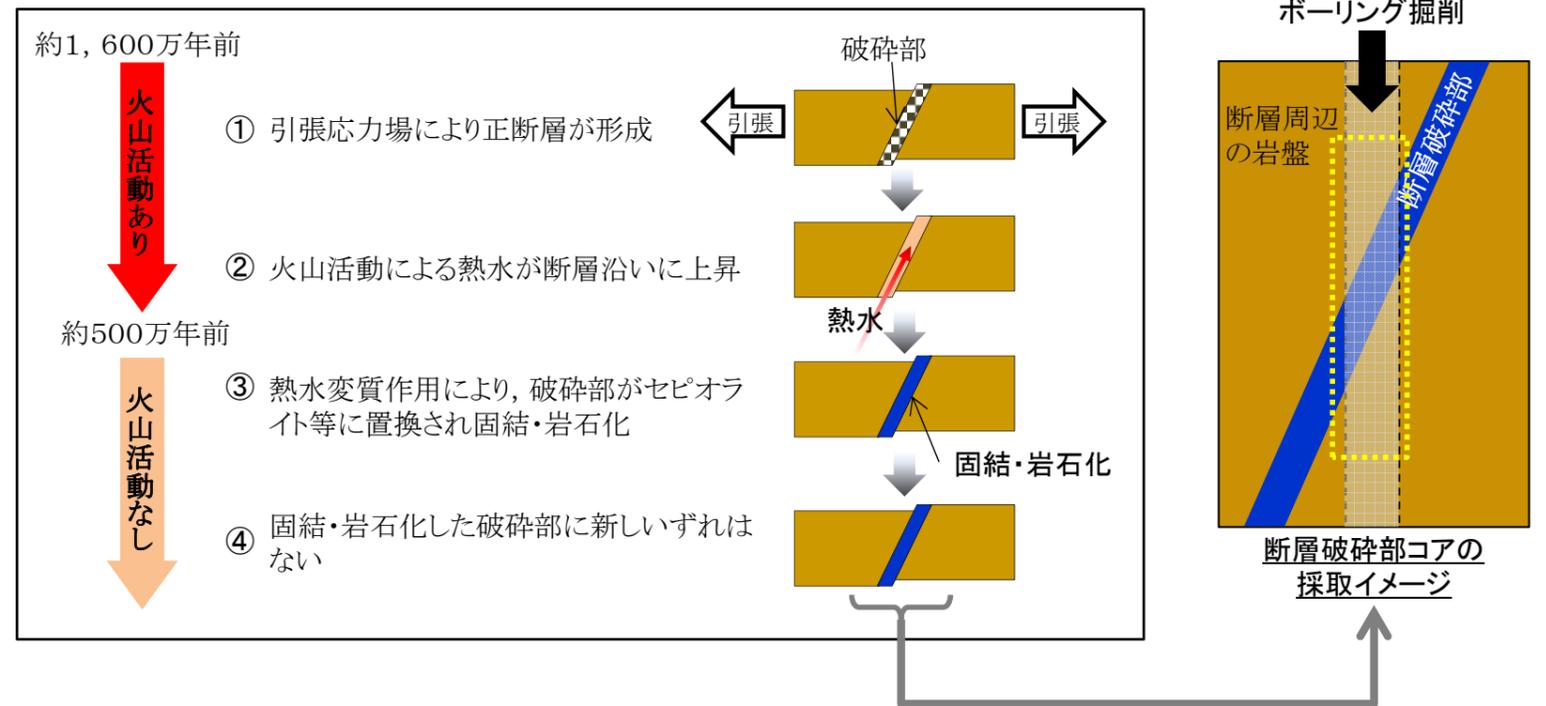
敷地内断層の活動性の評価 ～断層破碎部の固結状況～

断層破碎部が固結・岩石化している箇所が複数認められ、その部分に新しいずれがないことから、敷地内断層は少なくとも第四紀後期更新世以降は活動していない。

有識者会合の評価	判断の視点	<ul style="list-style-type: none"> <li>断層が活動した後にその破碎部が固結していく過程などの客観的な根拠が明確でない。</li> <li>敷地の断層がその周囲を含め確実に固結しているのかのデータ等が明確でない。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>断層破碎部の固結・岩石化を根拠に活動性を否定することは困難である。</li> </ul>
追加地質調査	調査内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>ボーリング調査</li> <li>理化学分析</li> <li>X線回折分析</li> </ul>
	調査結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>断層破碎部が固結・岩石化している箇所を複数確認。</li> <li>固結破碎部は、断層沿いに上昇した熱水によってセピオライト等に置換された後に固結・岩石化した変質岩。</li> <li>熱水変質作用の時期は、新第三紀中新世(約500万年前より以前)。</li> <li>続成作用(時間をかけて固まること)により固結・岩石化した断層破碎部も確認された。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>固結・岩石化は、新第三紀中新世の熱水変質作用の時期以降に断層活動がないことを明示。</li> <li>断層破碎部の固結状況から、敷地内の断層は、少なくとも第四紀後期更新世以降は活動していない。</li> </ul>

《調査結果》断層破碎部の固結・岩石化の確認

ボーリング調査により、敷地内断層の破碎部が固結・岩石化している箇所が複数認められ、理化学分析等から、断層沿いに上昇した熱水によってセピオライト等に置換された後に固結・岩石化した変質岩であることを確認した。この地域の火山活動時期との関係から、熱水変質作用の時期は新第三紀中新世(約500万年前より以前)であり、固結・岩石化した部分に新しいずれがないことから、敷地内断層の第四紀後期更新世以降の活動はない。



断層破碎部の固結・岩石化の確認位置と状況写真

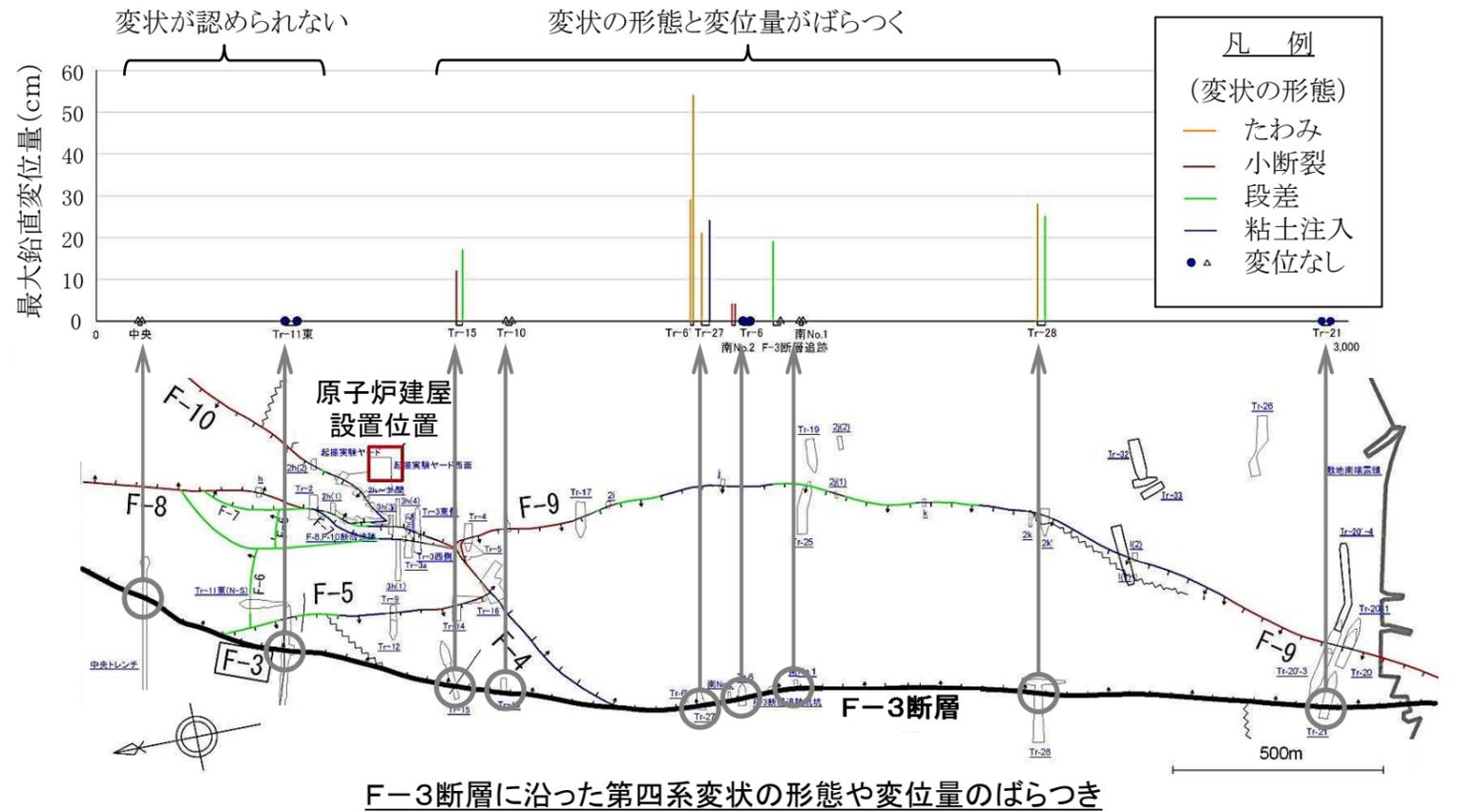
第四系の変状と断層との関連

第四系変状の特徴は、直下の断層の活動に関連して形成されたものではないことを示しており、第四系変状は断層活動により形成されたものではない。

有識者会合の評価	判断の視点	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地内の主要な断層等には、断層を覆う後期更新世の地層の変位・変形が系統的に認められる。</li> <li>基盤に断層が存在しなくとも、後期更新世の地層に断裂が存在する等疑わしい場合には、活断層の可能性はある。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地内の主要な断層等には、断層を覆う後期更新世の地層の変位・変形が系統的に認められ、この変位・変形が系統的に認められる断層は、活断層または活断層の可能性のある断層である。</li> </ul>
追加地質調査	調査内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>トレンチ調査</li> <li>既往のボーリング調査、トレンチ調査のデータの再整理</li> </ul>
	調査結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>同一断層でも変状が認められない区間が必ず存在し、変状が全線にわたって連続する断層はない。</li> <li>変状箇所下方の基盤に断層が存在しない箇所がある。</li> <li>変状が東西方向の走向の小断層にも認められる。</li> <li>断層の走向方向での変状の形態、ずれの性状、変位・変形の量等にばらつきが認められ、断層に沿う変状の連続性は乏しい。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>第四系変状の特徴は、直下の新第三系中の断層の活動に関連して形成されたものではないことを示す。</li> <li>敷地内の断層を被覆する第四系に認められる変状は、断層活動により形成されたものではない。</li> </ul>

《調査結果》 第四系変状の連続性の評価

断層を被覆する第四系に認められる変状は、断層の走向方向に認められる変状の形態、変位・変形の量等にばらつきが認められ、断層に沿う変状の連続性は乏しい。



《調査結果》 第四系変状下方の基盤状況の確認

第四系変状下方の基盤に断層が存在せず、断層とは無関係に形成されたと考えられる箇所がある。その箇所では、第四系変状の分布とその下方の岩盤劣化部の上面の盛り上がりとが対応している。



第四系変状が確認されたトレンチの例



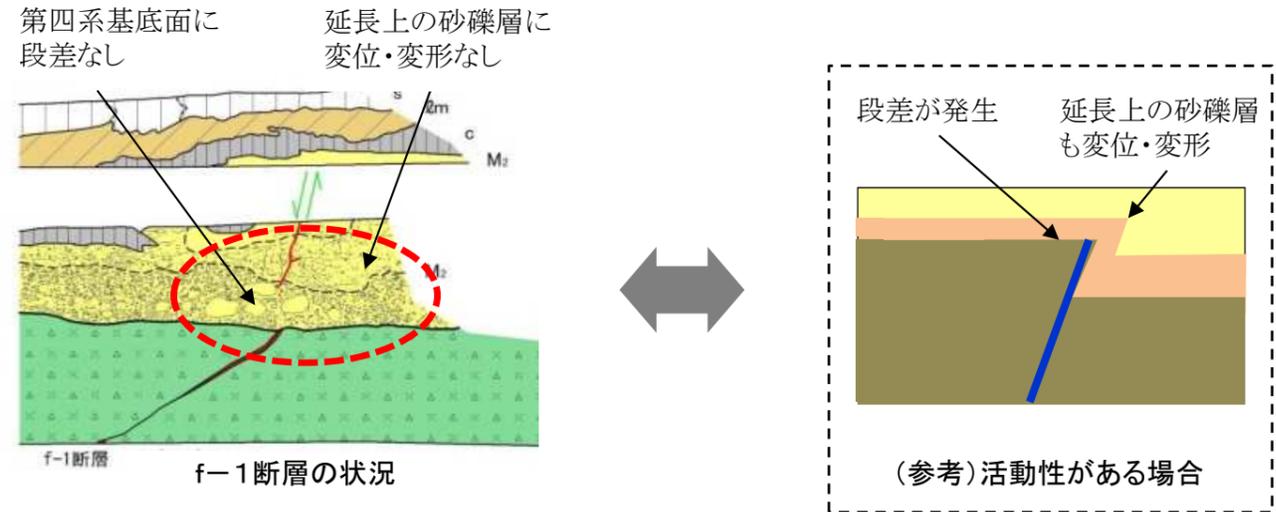
原子炉建屋設置位置付近の断層 ～f-1断層・f-2断層～

原子炉設置位置付近のf-1断層, f-2断層は, 形成は新第三紀鮮新世以前であり, 「将来活動する可能性のある断層等」に該当しない。

有識者会合の評価	判断の視点	<ul style="list-style-type: none"> <li>同様の走向・傾斜を持つ東京電力敷地内のL系断層が第四紀後期更新世の地層に変位・変形を及ぼしている。</li> <li>第四紀後期更新世の地層に変形を及ぼしているF-10断層のごく近傍に位置する。</li> </ul>	
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>今後実施される調査結果に基づき安全性を判断する。</li> </ul>	
追加地質調査	調査内容	《f-1断層》 ・トレンチ調査 ・ボーリング調査 ・数値解析	《f-2断層》 ・既存データの確認
	調査結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>f-1断層は, 形成は新第三紀鮮新世以前で, 第四系基底面に段差がない。</li> <li>f-1断層はF-10断層に切られ連続しないため, 形成は新第三紀鮮新世以前。</li> <li>数値解析により, f-1断層と小断層に挟まれた岩盤劣化部の体積膨張を再現し, 第四系変状の発生を確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>f-2断層は, f-1断層と走向・傾斜が類似しており, 形成時期は新第三紀鮮新世以前。</li> <li>f-2断層は, 新第三系中で消滅し, 第四系基底面に変位・変形なし。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>f-1断層は第四系基底面に変位を与えていないこと等から, また, f-2断層は新第三系中で消滅すること等から, 「将来活動する可能性のある断層等」に該当しない。</li> <li>F-10断層の第四紀後期更新世以降の活動性がないため, F-10断層に伴いf-1断層が動く可能性は考慮しない。</li> </ul>	

《調査結果》 f-1断層の性状の確認

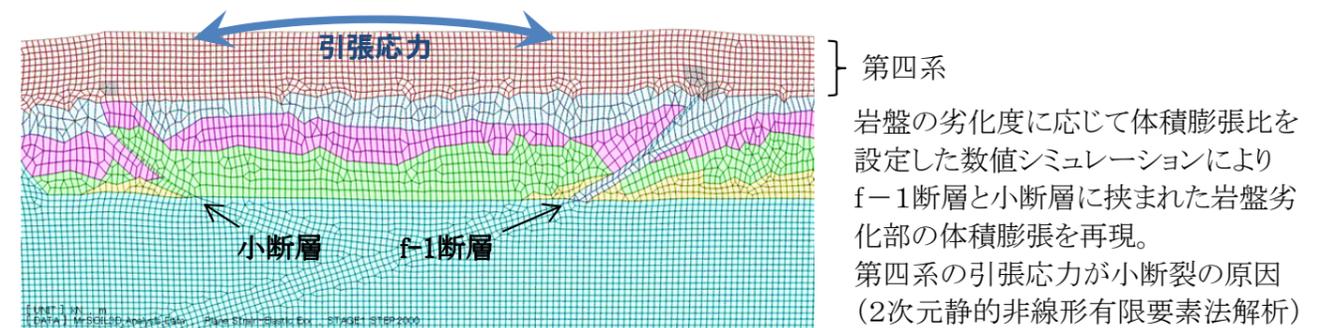
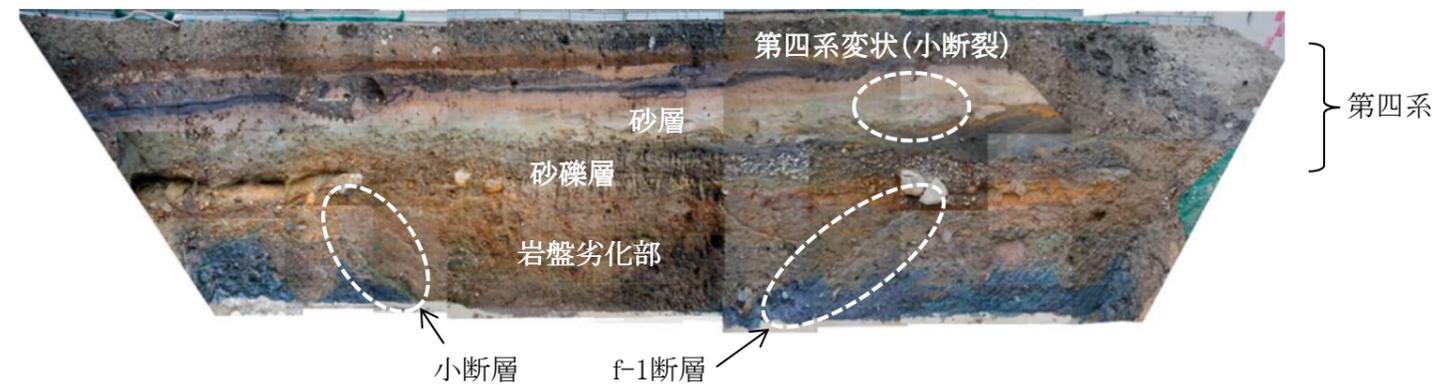
f-1断層は, 第四系の基底面に段差がないこと等から, 第四紀後期更新世以降の活動性はなく, 「将来活動する可能性のある断層等」には該当しない。



f-1断層の活動性の評価

《調査結果》 第四系中の小断層の成因の検討

f-1断層と小断層に挟まれた岩盤劣化部の体積膨張現象を数値解析で再現し, f-1断層延長上の第四系変状(小断層)が, 第四系中の引張応力により発生することを確認した。



f-1断層延長上の第四系変状と数値解析による成因検討図

f-1断層トレンチ調査の状況



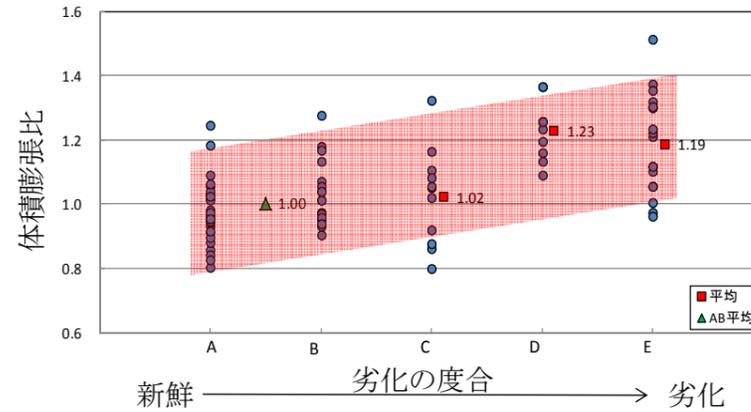
第四系の変状の成因

第四系変状の成因は、粘土鉱物の吸水膨張と岩盤の風化に伴う粘土鉱物の生成による岩盤劣化部の体積膨張とすることが、最も合理性あり。

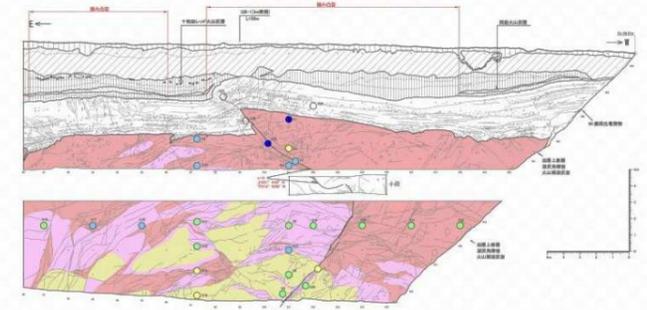
有識者会合の評価	判断の視点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第四系に認められる変状の主な成因を膨潤とすることは、トレンチ法面等の膨張の様子が確認されないこと、水位上昇に伴う痕跡等が確認されないこと等から合理的ではない。</li> </ul>		
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第四系に認められる変状の主な成因が、粘土鉱物を含む基盤岩や断層内物質が、水分を含み膨張した「膨潤」であるとの主張は合理的ではない。</li> </ul>		
追加地質調査	調査内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 理化学分析</li> <li>• 物理試験</li> <li>• 体積変化算定手法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 数値解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 類似事例(米国コロラド州)の調査</li> </ul>
	調査結果	<p>《調査結果1》</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 岩盤劣化部には、粘土鉱物が多く含まれる。</li> <li>• 粘土鉱物の吸水膨張と、岩盤の風化に伴う膨張が関与し、岩盤劣化部が体積膨張を起こす。</li> </ul>	<p>《調査結果2》</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 理化学分析等で求めた膨張比を用いて、岩盤の体積膨張現象が再現。</li> </ul>	<p>《調査結果3》</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 粘土鉱物を含んだ岩盤が体積膨張することについて、東通と酷似。</li> </ul>
	評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第四系の変状の成因は、岩盤劣化部の体積膨張によるものであり、他の成因の可能性を考慮しても、最も合理性あり。</li> </ul>		

《調査結果1》 岩盤劣化部の体積膨張の確認

ボーリングコアから採取した試料の理化学分析等から、劣化岩盤には粘土鉱物(モンモリロナイト, ハロイサイト)が多く含まれ、粘土鉱物の吸水膨張と岩盤の風化に伴う膨張が関与し、岩盤劣化部が体積膨張を起こす。



岩盤劣化による体積膨張比の増加の関係

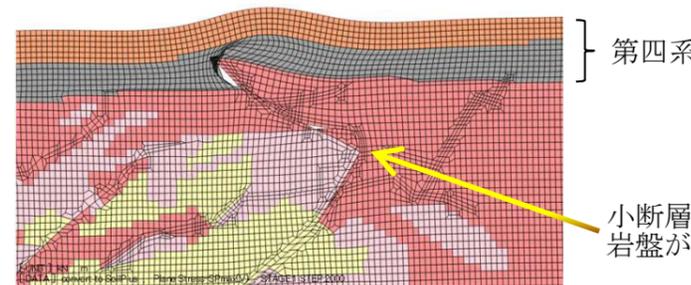


トレンチ壁面のスケッチ(色の濃い場所ほど劣化)

第四系変状箇所の岩盤が劣化している状況

《調査結果2》 第四系変状の数値解析

岩盤劣化部の体積膨張比を用いて数値解析を行い、岩盤の体積膨張によって岩盤上方の第四系に変状が生じる現象を再現することができ、第四系変状が数値解析的に説明可能であることを示した。



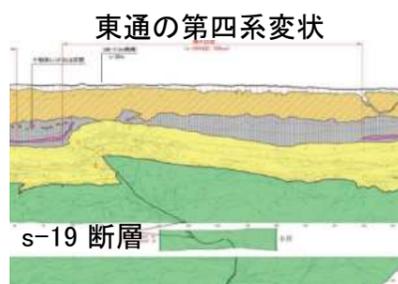
小断層に沿って岩盤が膨張・変形

岩盤の劣化度に応じて体積膨張比を設定した数値シミュレーションにより、岩盤が膨張・変形して、第四系に変状が発生する様子を再現(2次元静的非線形有限要素法解析)

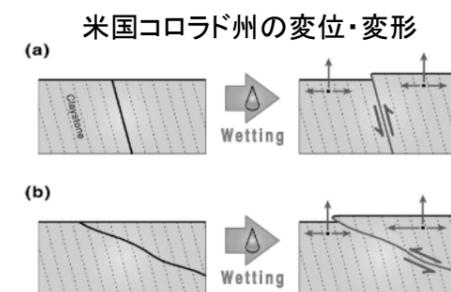
岩盤劣化部の膨張現象の数値解析

《調査結果3》 米国コロラド州での変位・変形事例

米国コロラド州の変位・変形の現象は、東通の第四系変状と形態的に酷似しており、成因も粘土鉱物を含んだ岩盤が体積膨張することによる。



東通の第四系変状



米国コロラド州の変位・変形



米国コロラド州の盤膨れ

形態の似ている変状の例

粘土鉱物の電子顕微鏡写真 (Ha:ハロイサイト, Mo:モンモリロナイト)

