

東通原子力発電所 敷地内断層の活動性等に係る評価結果の概要について

1. 敷地内断層の活動性等の検討に関する経緯

○当社は従来より、敷地内の断層については、地質調査の結果から、地震を引き起こすような活断層ではなく、敷地内の断層を覆う第四系^{※1}に認められる変状^{※2}の成因は、主として岩盤劣化部の吸水膨張（膨潤）によるものと評価している。

○当社からの上記説明に対して、国の審議においていくつかの課題が指摘されていたが、平成23年11月11日、原子力安全・保安院より、これまでの調査結果から断層の活動性を否定し第四系の変状の成因を膨潤とするには説明が不十分なことから、敷地内の第四系の変状について調査および解析を行った上で、断層の活動性について再評価をするように指示を受けた。

○当社は、原子力安全・保安院の指示に基づき、説明性向上の観点から、既存資料の詳細な検討・分析などを行った。また、新たに第四系変状の再現性に係るシミュレーション解析や、データ拡充の観点から追加のボーリング調査を実施し、敷地内断層の活動性について総合的に評価を行った。

○さらに、第四系の変状の成因については、これまで知られていない震源による受動的な変位により形成された可能性を考慮し、念のために、仮想的な震源断層モデルを設定し、その地震動による主要施設への影響評価を実施した。

※1 第四紀に堆積した地層を指す用語。第四紀は、一般に約180万年前から現在までの時代であり、東通の敷地内に分布する第四系は、このうち特に約12～13万年前以降に堆積した地層である。

※2 小規模な地層のずれを示す小断裂や、地層の撓みなどを総称して、「変状」と呼ぶ。

2. 検討結果の概要

(1) 敷地内の第四系変状と断層活動性に係る評価結果

国の審議において指摘されている課題について、既存資料の検討・分析とともに、新たにシミュレーション解析や追加のボーリング調査（14孔）を行い評価した。

その結果、第四系変状の成因については従来と同様に岩盤劣化部の膨潤作用により説明が可能と考えられ、また追加ボーリング調査により、小断層s-14において断層は地下深部へは連続しないことを確認したこと等から、敷地内の断層は耐震設計上活動性を考慮すべき活断層ではないと評価した（表1）。

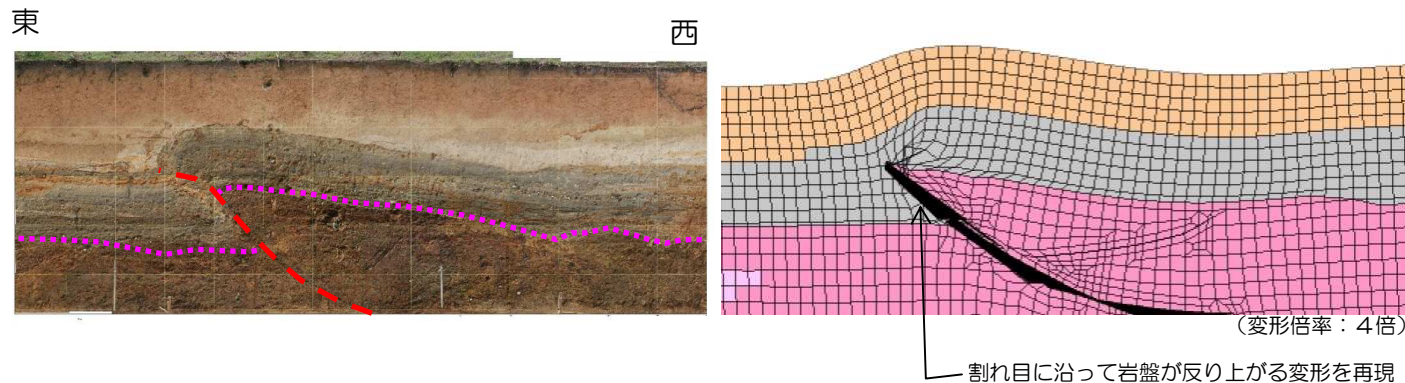


図1 小断層s-19のトレンチ壁面写真とシミュレーション解析結果

表1 主な課題に対する検討結果の概要

主な課題	検討結果の概要
① 典型的な活断層の特徴を有する小断層	<ul style="list-style-type: none"> 小断層s-19について、新たに体積膨張を考慮したシミュレーション解析を実施し、劣化した岩盤中に初めから割れ目が存在した場合、その岩盤が体積膨張すると第四系変状と同様の変形が再現できることを確認した（図1）。 同様の特徴を有する小断層s-14に対し、追加ボーリング調査（7孔）を実施した結果、断層は途中で消滅し、地下深部へは連続しないことを確認したことから、地震を引き起こすような活断層ではないと評価した。
② 地形と断層の関係	<ul style="list-style-type: none"> 敷地南西部のF-3断層沿いの急な斜面について、追加ボーリング調査（7孔）を実施した結果、斜面地形部には断層が存在しないと考えられることから、当該斜面は断層の活動により形成されたものではないと評価した（図2）。 敷地南端部でF-3断層とF-9断層に挟まれた部分の地形が低くなっていること（図3）に関して、既往の地質調査結果等を再検討した結果、この地形が低くなっている箇所は第四系の分布状況と関連性がないことや、この箇所は沢地形の一部と考えられることなどを確認し、断層の活動によって形成されたものではないと評価した。
③ 一部断層の変状回数	<ul style="list-style-type: none"> 敷地南端部のF-9断層について、既往のトレンチ調査結果等を再検討した結果、この断層箇所では幅の広い岩盤劣化部がもともと存在していることから、第四系の堆積期間中および堆積後に複数回に渡って変状が発生したとしても、岩盤劣化部の膨潤による第四系変状の基本的な形成過程に大きな矛盾がないことを確認した。
④ 受動変位による第四系の変状発生可能性	<ul style="list-style-type: none"> 地震動および断層変位により第四系の変状が発生する可能性について、地盤条件等を考慮して解析的に検討した結果、これらが原因で第四系の変状が構造的に発生する可能性は小さいと評価した。

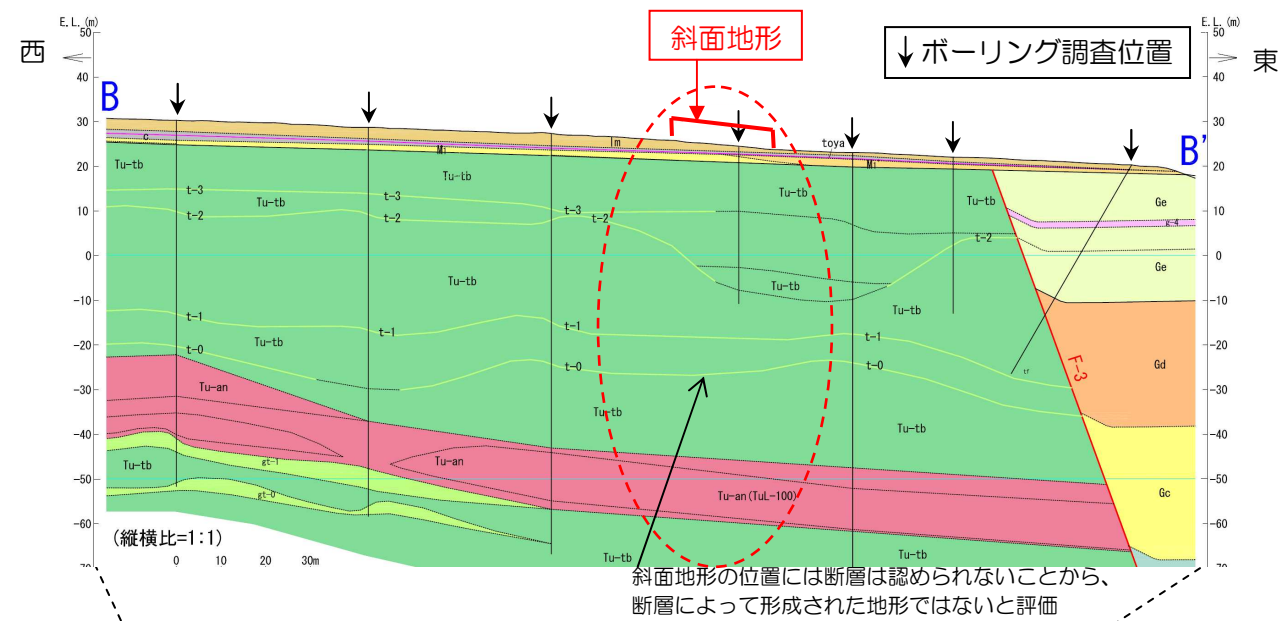


図2 F-3断層沿いの斜面地形付近のボーリング調査結果

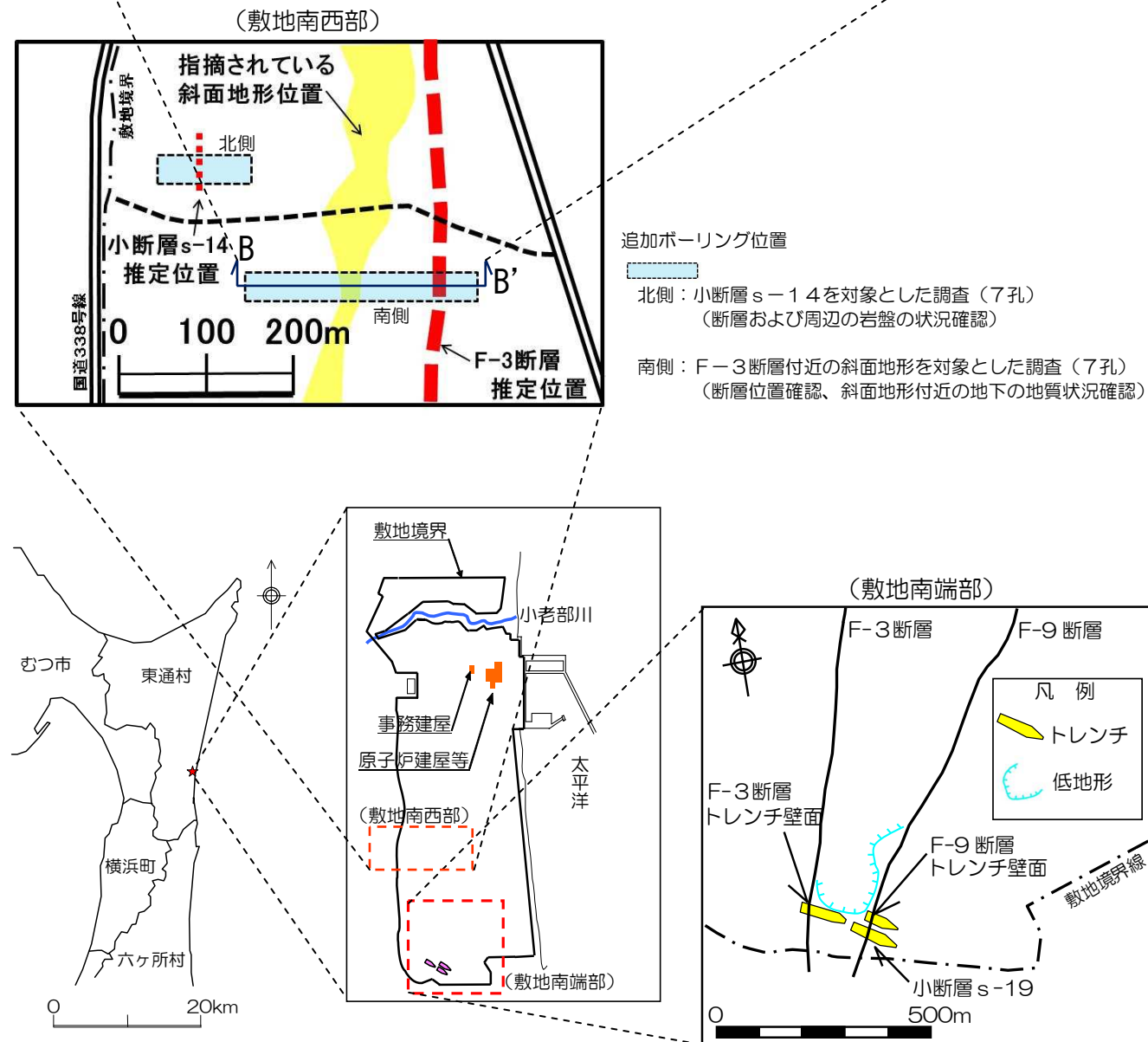


図3 敷地南端部および南西部位置図

(2) 仮想的な震源断層モデルの検討とその地震動による主要施設への影響評価

○ 仮想的な震源断層モデルの検討

地質調査により、敷地内断層は地震を引き起こすような活断層ではないことを確認しているが、念のための検討として、第四系の変状が、これまで知られていない震源による受動的な変位により形成された可能性を考慮し、仮想的な震源断層モデルを設定して地震動評価を行った。

- 敷地の近傍に活断層が存在しないことを確認しているが、これまで知られていない震源、具体的には活断層を形成していない震源断層の存在を敷地近傍に仮想することで地震動評価を行った。
- 想定に当たっては、活断層の有無を判断する際に参考データとする中位段丘面^{※3}の高度分布や重力異常分布^{※4}などについての検討を行った。その結果、いずれのデータにおいても明瞭に断層の存在を示すものは無かったが、その特徴を保守的に解釈し、地震学的知見を踏まえて震源断層を想定した。
- 具体的には、孤立した短い活断層がある場合に存在が示唆される20kmの震源断層を仮定した(ケース1)。また、中位段丘面の高度分布の傾向から、20kmの震源断層に加え、更に長い25kmの震源断層も仮定した(ケース2)。
- 上記に加え、敷地に与える影響を保守的に評価するため、アスペリティ^{※5}の位置を敷地直下に設定した(図4)。

※3 過去の海岸付近の平坦な地形が隆起することによって形成された台地状の地形(段丘)のうち、約12~13万年前に形成されたもの。中位段丘は全国的に広く分布することから、活断層調査や地殻変動の検討によく用いられる。

※4 高密度で硬い岩石の地層や低密度で軟らかい岩石の地層の分布状況により、地下の物質の密度差を表しており、地下深部の地質構造推定の手掛かりとなる。

※5 地震時に特に大きくずれる領域で、地震動の大きさに特に影響を与える要素の一つ。

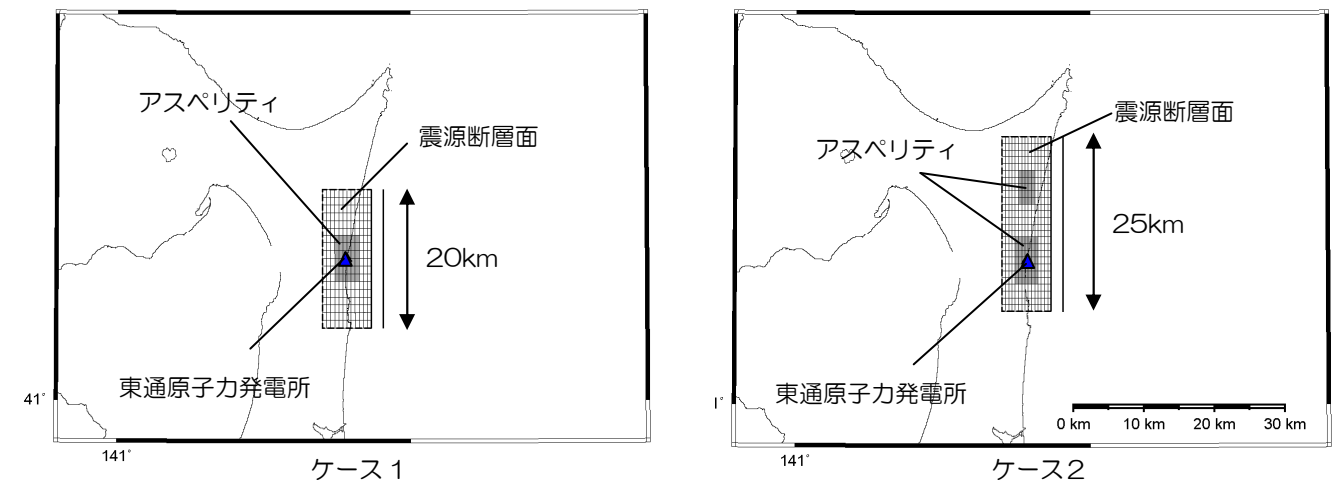


図4 仮想的な震源断層モデル(平面図)

○主要施設への影響評価結果

・原子炉建屋

仮想的な震源断層モデルによる地震動を用いた原子炉建屋の地震応答解析の結果、最大応答せん断ひずみは評価基準値以下であり、耐震安全性が確保されていることを確認した(表2)。

表2 原子炉建屋耐震壁の最大応答せん断ひずみ

モデル	南北方向	東西方向	評価基準値 ^{※6}	判定
ケース1	0.170×10 ⁻³	0.173×10 ⁻³	2.0×10 ⁻³ 以下	○
ケース2	0.139×10 ⁻³	0.163×10 ⁻³		○

※6 評価基準値は、日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601-2008)」に定められており、鉄筋コンクリート造耐震壁の終局せん断ひずみに2倍の安全率を持たせたもの。

・耐震安全上重要な主要設備

仮想的な震源断層モデルにより評価した地震動に対し、原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」機能を有する耐震安全上重要な主要設備(図5)について耐震安全性を評価(構造強度評価^{※7}および動的機能維持評価^{※8})した。

その結果、地震動に対する各設備の発生値は、いずれも評価基準値以下であり、耐震安全性が確保されていることを確認した(表3、表4)。

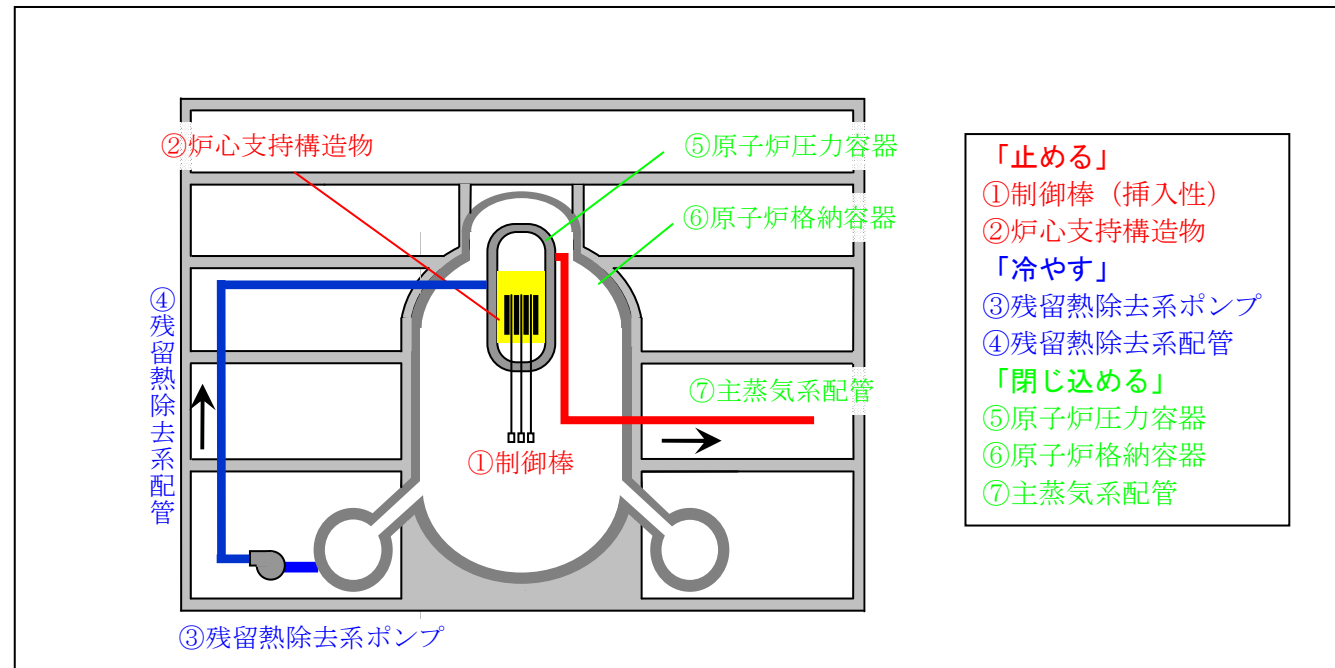


図5 耐震安全上重要な主要設備

表3 構造強度の評価結果

機能	評価設備	発生値(N/mm ²)		評価基準値 ^{※9} (N/mm ²)	判定
		ケース1	ケース2		
止める	②炉心支持構造物	46	43	229	○
冷やす	③残留熱除去系ポンプ	15	16	444	○
	④残留熱除去系配管	177	144	363	○
閉じ込める	⑤原子炉圧力容器	69	57	499	○
	⑥原子炉格納容器	0.40 ^{※10}	0.32 ^{※10}	1 ^{※10}	○
	⑦主蒸気系配管	158	130	375	○

表4 動的機能維持の評価結果

機能	評価設備	相対変位 (mm)		評価基準値 ^{※11} (mm)	判定
		ケース1	ケース2		
止める	①制御棒(挿入性)	17.5	12.8	40.0	○

※7 地震によって機器に力が加わった際に材料強度が耐えられることを確認する。

※8 地震時に動作が求められる機器(本評価では制御棒)について、地震力等が加わっている状態でも動作できることを確認する。

※9 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601・補-1984、JEAG4601 -1987、JEAG4601 -1991 追補版)」に基づく値。

※10 原子炉格納容器は座屈評価を記載しており、評価基準値を1とした場合の比率を示す。

※11 試験により確認された値。

3. まとめ

敷地内断層の活動性等について、既存資料の検討・分析とともに、新たにシミュレーション解析や追加のボーリング調査を行った結果、第四系変状の成因については従来と同様に岩盤劣化部の膨潤作用により説明が可能と考えられ、また小断層s-14において断層は地下深部へは連続しないことを確認したこと等から、敷地内の断層は耐震設計上活動性を考慮すべき活断層ではないと評価した。

また、第四系の変状について、念のための検討として仮想的な震源断層モデルを設定し、その地震動による施設への影響について評価した結果、耐震安全上重要な主要施設について耐震安全性が確保されていることを確認した。

以上