

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉

敷地の地質・地質構造について

2023年4月5日

東京電力ホールディングス株式会社

1. 敷地の地質調査内容（既許可時）

- 6号及び7号炉の新規制基準適合性審査においては、以下に示す十分な地質調査の結果を踏まえ敷地内断層の評価を行っている。

敷地の地質調査内容

| 調査項目 | 調査数量 |
|-------------------------|---------------------|
| 反射法地震探査 | 7測線 延長約18km |
| ボーリング調査 | 約950孔 延長約78,500m |
| 試掘坑調査 (5, 6, 7号炉) | 延長約1,615m |
| 試掘坑調査 (1, 2, 3, 4号炉) | 延長約2,170m |
| 立坑調査 | 7箇所 |

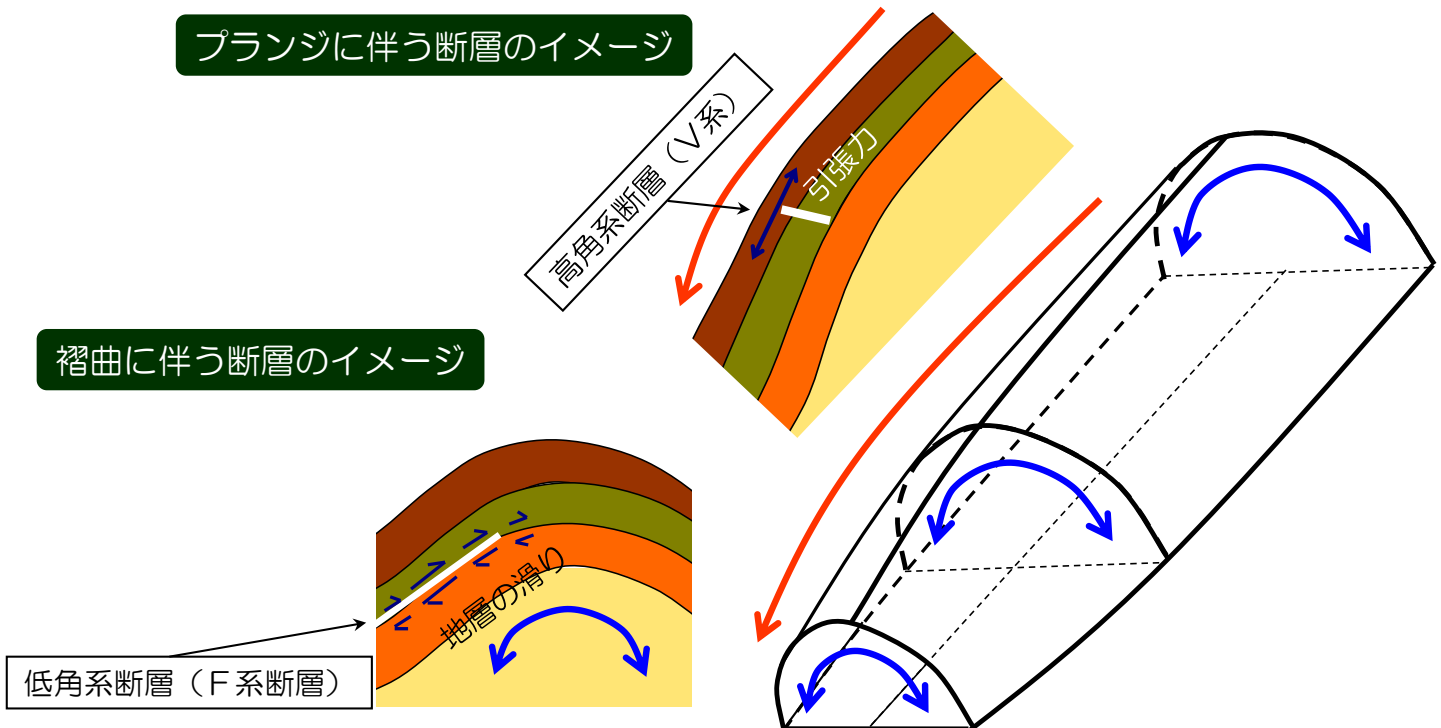
- 凡 例
- ボーリング（平成19年度以降に実施）
 - ボーリング（既往調査）
 - 試掘坑調査
 - 立坑調査
 - 100 50 1 東京電力ホールディングス(株)反射法地震探査測線
パイプレーター
 - 100 50 1 東京電力ホールディングス(株)反射法地震探査測線
インパクト
 - 100 50 1 東京電力ホールディングス(株)ベイクケーブル探査測線
 - 敷地境界



敷地の地質調査位置図

2. 敷地内断層と褶曲構造との関係①

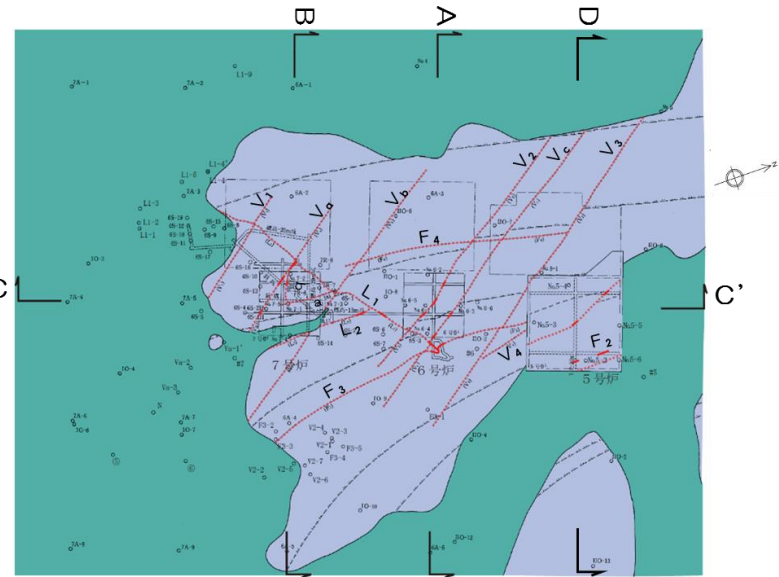
- 敷地で確認される断層は、褶曲軸や層理面との関係から、おもに褶曲軸に直交する「高角系断層（V系断層）」、層理面に平行な「低角系断層（F系断層）」等に分類され、地層が褶曲する際に形成された断層であり、地震を起こすようなものではないと考えられる。
- 敷地の新第三系～第四系下部更新統に認められる褶曲運動は、古安田層に変位・変形を与えていないことから、後期更新世以降の活動はなく、V系断層及びF系断層についても活動性はないものと判断した。
- 既往評価では、大湊側のV系断層については破碎幅及び変位量が最も大きいV₂断層を、F系断層については最も連続性良く分布するF₃断層を代表性を有する断層として選定し、活動性評価を実施した。
- V₂断層及びF₃断層は、古安田層に変位・変形を与えておらず、後期更新世以降の活動は認められないことから、将来活動する可能性のある断層等ではないと判断した。



敷地内断層と褶曲構造と関係図

2. 敷地内断層と褶曲構造との関係②

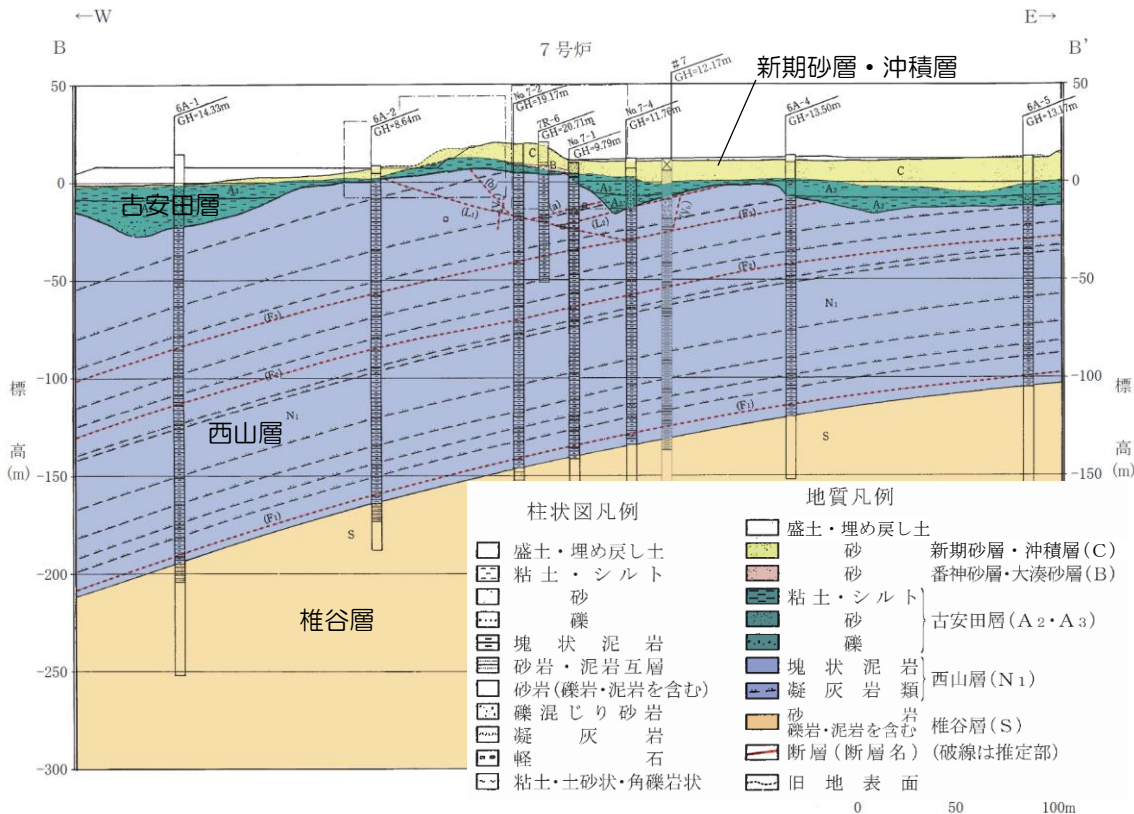
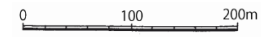
敷地で確認されるF系断層は、敷地に分布する西山層中の鍵層とほぼ平行に分布する。



5号、6号及び7号炉付近（標高約-13m※）の地質水平断面図

- 凡例
- 古安田層
 - 西山層
 - 凝灰岩類
 - 断層（破線は推定部）
 - ボーリング（-は水平ボーリング）
 - 断面位置
 - 試験坑（標高-13m）
 - 試験坑（上記以外）

※5号炉の地質水平断面については、5号炉試験掘坑（標高-25m~-30m）の水平断面を記載

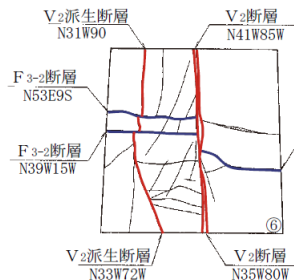


- 柱状図凡例
- 盛土・埋戻し土
 - 粘土・シルト
 - 砂
 - 礫
 - 塊状泥岩
 - 砂岩・泥岩互層
 - 砂岩（礫岩・泥岩を含む）
 - 礫混じり砂岩
 - 凝灰岩
 - 軽石
 - 粘土・土砂状・角礫岩状
- 地質凡例
- 盛土・埋戻し土
 - 砂
 - 新期砂層・沖積層 (C)
 - 砂
 - 粘土・シルト
 - 砂
 - 礫
 - 塊状泥岩
 - 凝灰岩類
 - 砂
 - 礫岩・泥岩を含む
 - 椎谷層 (S)
 - 断層（断層名）（破線は推定部）
 - 旧地表面

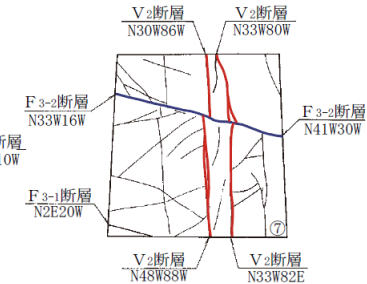
7号炉原子炉建屋 汀線直交断面 地質断面図 (B-B')

3. 断層の分布状況

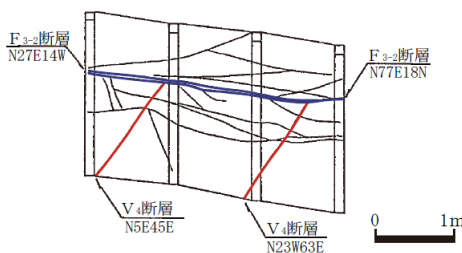
- 敷地で確認されるF系断層は試掘坑調査やボーリング調査において、局所的には複数の断層が分岐・合流及び並走・雁行する状況が確認される。



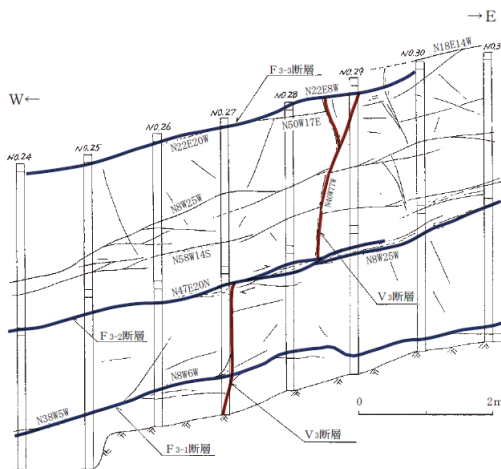
(V2坑)



0 1m



(F3坑)



(F3坑)

| 標高 (m) | 層厚 (m) | 柱状図 | 地層名 | 色調 | 孔内水 | 記号 | コア採取率 (%) | コアの形状 | R. Q. D. (%) | 最大コア長 (cm) | 弾性波速度 | |
|---------------|--------|-----|---------------|----|-----|----|-----------|-------|--------------|------------|--------------|--------------|
| | | | | | | | | | | | V_p (km/s) | V_s (km/s) |
| 9.70 | | | 新成層 | | | | | | | | | |
| 4.70 | 5.00 | | 新成層 | | | | | | | | | |
| 2.35 | 7.44 | | 新成層 | | | | | | | | | |
| 1.96 | 7.83 | | 新成層 | | | | | | | | | |
| 10 | 6.38 | | 新成層 | | | | | | | | | |
| 20 | | | 緑灰色 | | | | | | | | | |
| 18.51-18.50 | | | 暗色を示す | | | | | | | | 0.45 | 1.55 |
| 23.84-23.86 | | | 泥岩を含む土砂状 | | | | | | | | | |
| 25.89-26.86 | | | 5-12cmの礫石を含む | | | | | | | | | |
| 29.57-29.60 | | | 暗色を示す | | | | | | | | | |
| 30.54-30.58 | | | 暗色を示す | | | | | | | | | |
| 31.03-31.07 | | | 土砂状 | | | | | | | | | |
| 33.58-33.60 | | | 土砂状 | | | | | | | | | |
| 34.03-34.12 | | | 礫石を含む土砂状 | | | | | | | | | |
| 37.34 | | | 礫石を含む | | | | | | | | | |
| 39.63-40.12 | | | 灰白色礫石混成 | | | | | | | | | |
| 40.17-40.43 | | | 礫石状 | | | | | | | | | |
| 44.60-44.69 | | | 粘土 | | | | | | | | | |
| 45.10-45.13 | | | 粘土 | | | | | | | | | |
| 57.33-57.47 | | | 灰白色礫石混成 | | | | | | | | | |
| 67.60-67.77 | | | 径1cm程度の礫石を含む | | | | | | | | | |
| 74.01 | | | 礫石 | | | | | | | | | |
| 76.23-76.33 | | | 灰白色礫石混成 | | | | | | | | | |
| 76.37 | | | 礫石 | | | | | | | | | |
| 81.58-81.61 | | | 径2-5cmの礫石を含む | | | | | | | | | |
| 84.40-84.10 | | | 灰白色礫石混成 | | | | | | | | | |
| 86.43-86.46 | | | 灰白色礫石混成 | | | | | | | | | |
| 107.72-107.83 | | | 灰白色礫石混成 | | | | | | | | | |
| 111.92-111.98 | | | 灰白色礫石混成 | | | | | | | | | |
| 120.48-120.63 | | | 灰色泥岩混成 | | | | | | | | | |
| 123.30-123.31 | | | 灰白色礫石混成 | | | | | | | | | |
| 128.97-127.09 | | | 緑灰色泥岩混成 | | | | | | | | | |
| 146.81-144.92 | | | 暗色を示す | | | | | | | | | |
| 145.28-145.39 | | | 粘土 | | | | | | | | | |
| 146.68-146.69 | | | 粘土 | | | | | | | | | |
| 151.63-157.53 | | | 砂岩 (礫石、泥岩を含む) | | | | | | | | | |
| 151.95-152.83 | | | 泥岩 | | | | | | | | | |
| 152.57-153.46 | | | 泥岩 | | | | | | | | | |
| 154.54-155.09 | | | 泥岩 | | | | | | | | | |

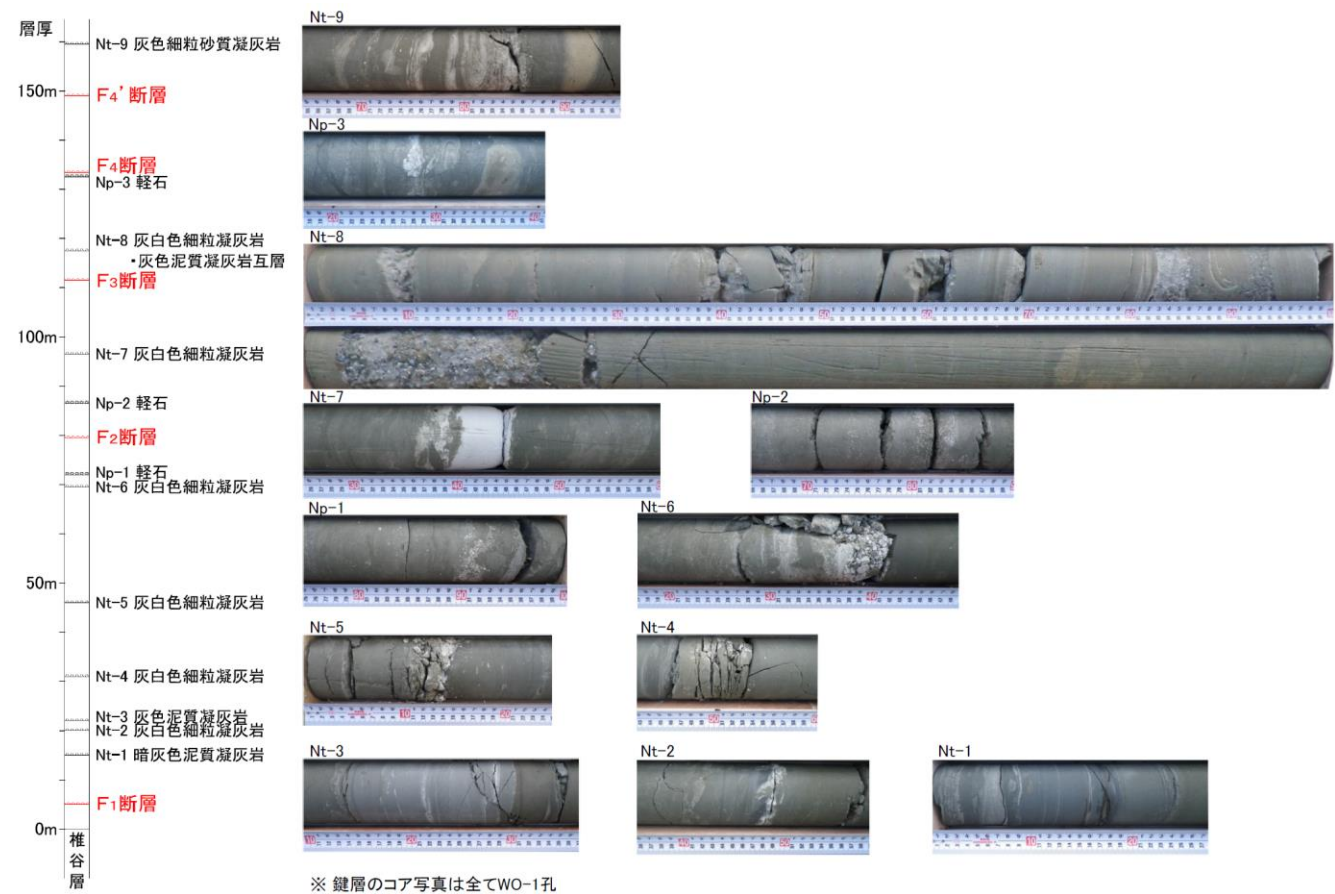
7-1 孔柱状図 (抜粋)

断層の分布状況 (試掘坑壁面スケッチ)

断層分布の状況 (ボーリング)

4. 西山層の層序とF系断層

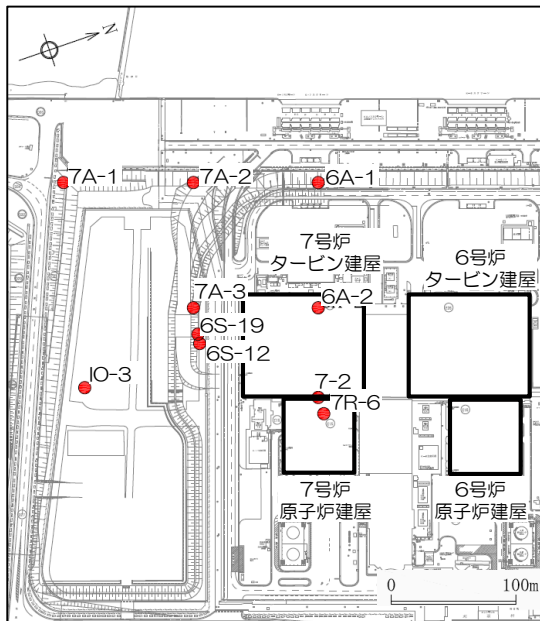
- 敷地に分布する西山層中には、火山噴出物の降下テフラである凝灰岩薄層及び軽石が複数認められ地層対比の鍵層になる。
- F系断層は、地層が褶曲する際に形成された層理面に平行な断層であるため、鍵層との層間・離隔距離で対比される。



敷地内大湊側の西山層の模式柱状図（鍵層とF系断層の関係）

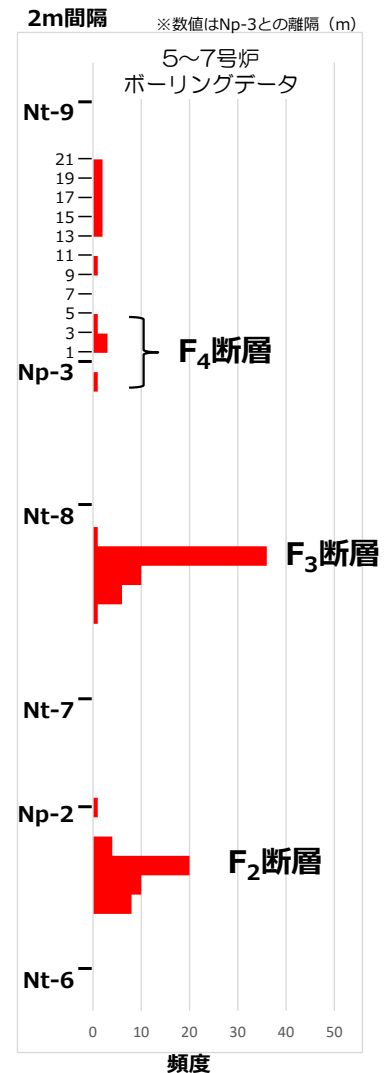
5. F₄' 断層：既許可時の評価

- F系断層は、前述のとおり分岐・合流及び並走・雁行する複数の断層から構成されている。
- 5～7号炉のボーリング調査結果により鍵層からの層間・離隔距離で整理すると、軟質破碎部がばらつきが小さく明瞭なピークを持って分布する層準，ばらつきが大きく明瞭なピークを持たない層準が認められる
- ばらつきが小さく明瞭なピークを持って分布する軟質破碎部をF系断層と認定し，それぞれF₂，F₃，F₄断層とした。
- 鍵層Np-3と鍵層Nt-9の間のF₄断層の上部に分布する軟質破碎部（下図参照）については，分布にばらつきがあり，明瞭なピークが認められないことから，連続性のない局所的な軟質破碎部と判断し，F系断層として認定していなかった。



| 孔名 | 分布下限深度(m) | 柱状図記載 | Np-3との離隔(m) |
|-------|-----------|--------------------------|-------------|
| IO-3 | 31.30 | 31.30 幅2～4mm粘土 | 14.80 |
| 6A-1 | 64.32 | 64.32 幅0.4cmシルト・砂状 | 13.73 |
| 6A-2 | 26.41 | 26.41 幅1.5mm粘土 | 17.25 |
| 6S-12 | 32.63 | 32.42～32.63 垂角礫を含むシルト・砂状 | 16.97 |
| 6S-19 | 33.22 | 33.22 幅15mm粘土 | —※ |
| 7A-1 | 64.55 | 64.55 幅4cmシルト・砂状 | 16.80 |
| 7A-2 | 55.68 | 55.68 幅8mm粘土 | 19.72 |
| 7A-3 | 37.70 | 37.70 幅7mm粘土 | 19.75 |
| 7-2 | 28.03 | 28.00～28.03 粘土 | 10.36 |
| 7R-6 | 22.10 | 22.10 幅3～15mm粘土 | 17.40 |

※ 6S-19孔にはNp-3が分布しないため，離隔は不明。

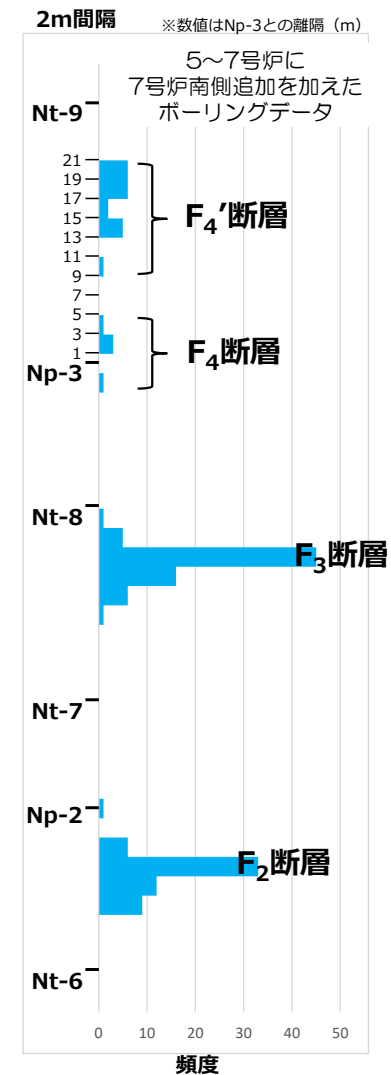
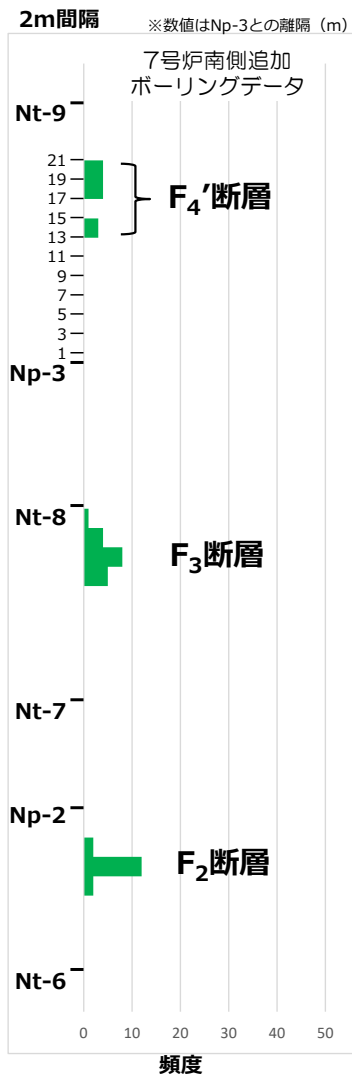


鍵層Np-3と鍵層Nt-9の間のF₄断層の上部に分布する軟質破碎部
(5～7号炉ボーリングデータ)

F系断層に対応する軟質破碎部の分布頻度グラフ

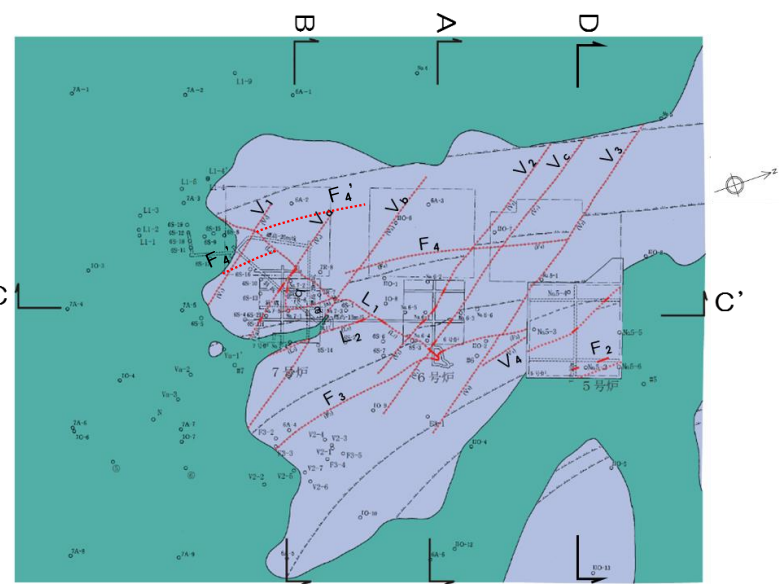
6. F₄' 断層：追加調査を踏まえた評価 (断層の活動性評価①)

- 7号炉南側で追加実施したボーリング調査結果により、鍵層 Np-3と鍵層 Nt-9の間の層準に、やや不明瞭ではあるもののF₂断層、F₃断層と同程度の頻度で軟質破碎部が確認されたこと等から、同層準に分布する軟質破碎部をF₄'断層として認定した。
- 7号炉付近では、前述のとおり同層準の軟質破碎部は分布にばらつきがあり、明瞭なピークが認められないことから、連続性のない局所的な軟質破碎部と考えられるものの、7号炉南側で認定したF₄'断層とほぼ同様の層準に対応することから、分布範囲を安全側に考慮することとし、7号炉まで広がりを持つ断層として設定した（次頁参照）。
- 上記を踏まえ、F₄'断層を追加して大湊側のF系断層を整理した結果、F₃断層が最も連続性良く分布することから、F₃断層が代表性を有する断層として選定される。
- したがって、既往評価と同様に、F₄'断層も含め、F系断層については将来活動する可能性がある断層等ではないと判断した。
- なお、F₄'断層はL₁断層に切られていると考えられる（p.9参照）。



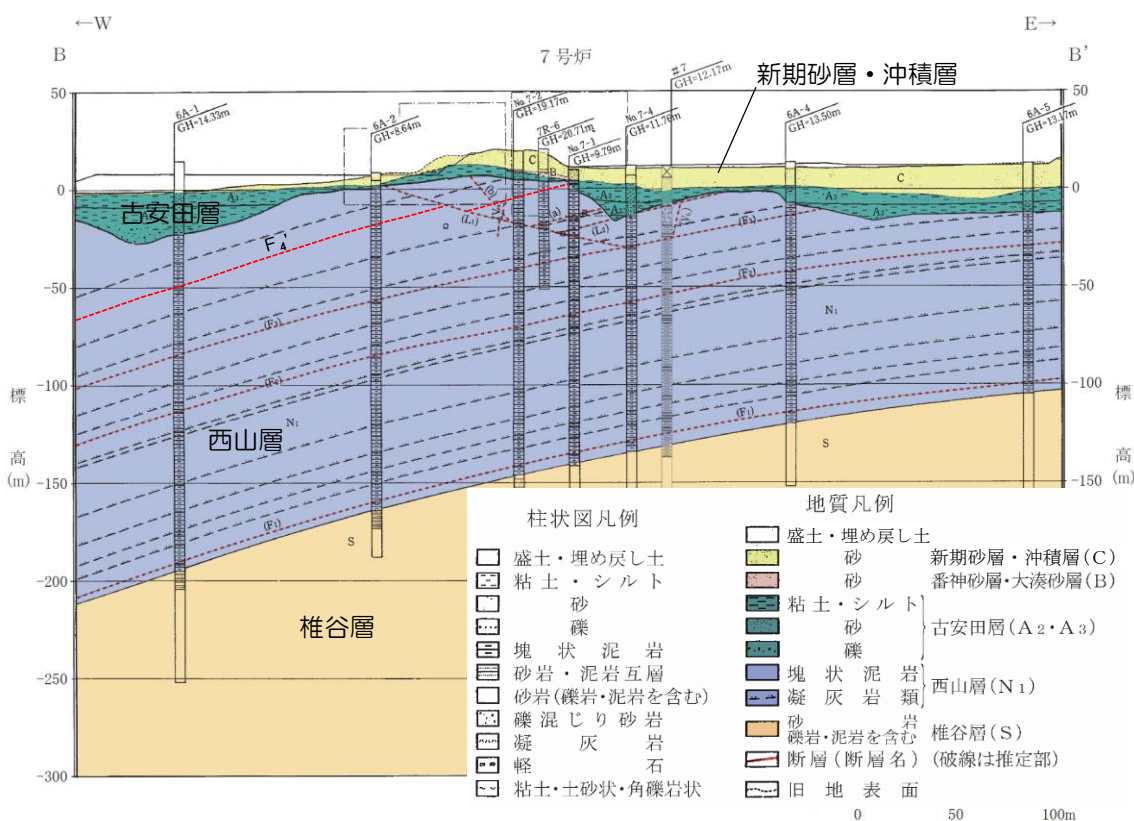
F系断層に対応する軟質破碎部の分布頻度グラフ

6. F₄' 断層：追加調査を踏まえた評価 (断層の活動性評価②)



5号、6号及び7号炉付近(標高約-13m※)の地質水平断面図

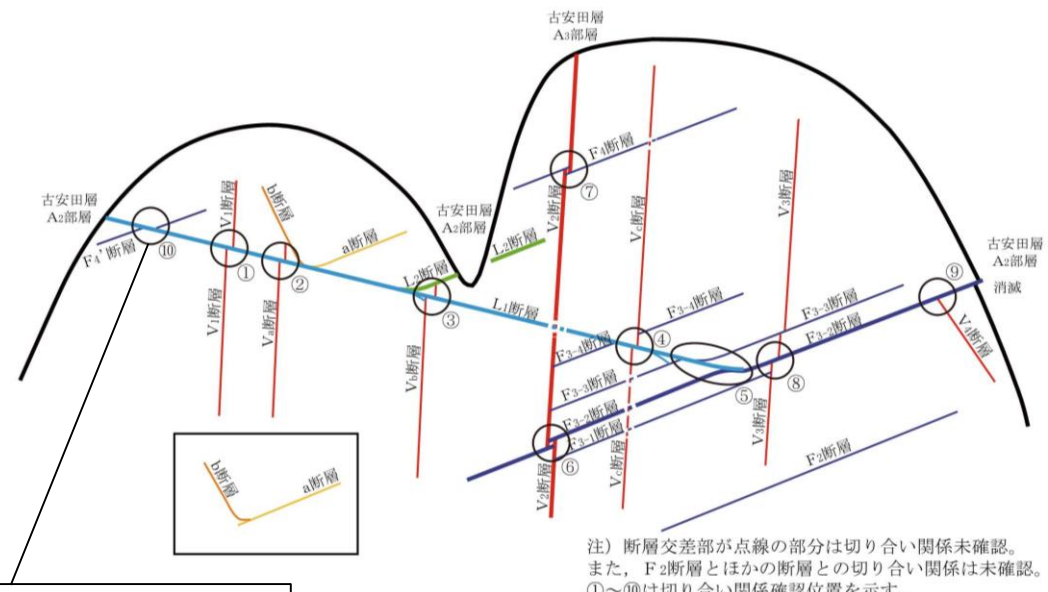
- 凡例
- 古安田層
 - 西山層
 - 凝灰岩類
 - 断層(破線は推定部)
 - ボーリング(○は水平ボーリング)
 - 断面位置
 - 試掘坑(標高-13m)
 - 試掘坑(上記以外)
- ※5号炉の地質水平断面については、5号炉試掘坑(標高-25m~-30m)の水平断面を記載
- 0 100 200m



7号炉原子炉建屋 汀線直交断面 地質断面図 (B-B')

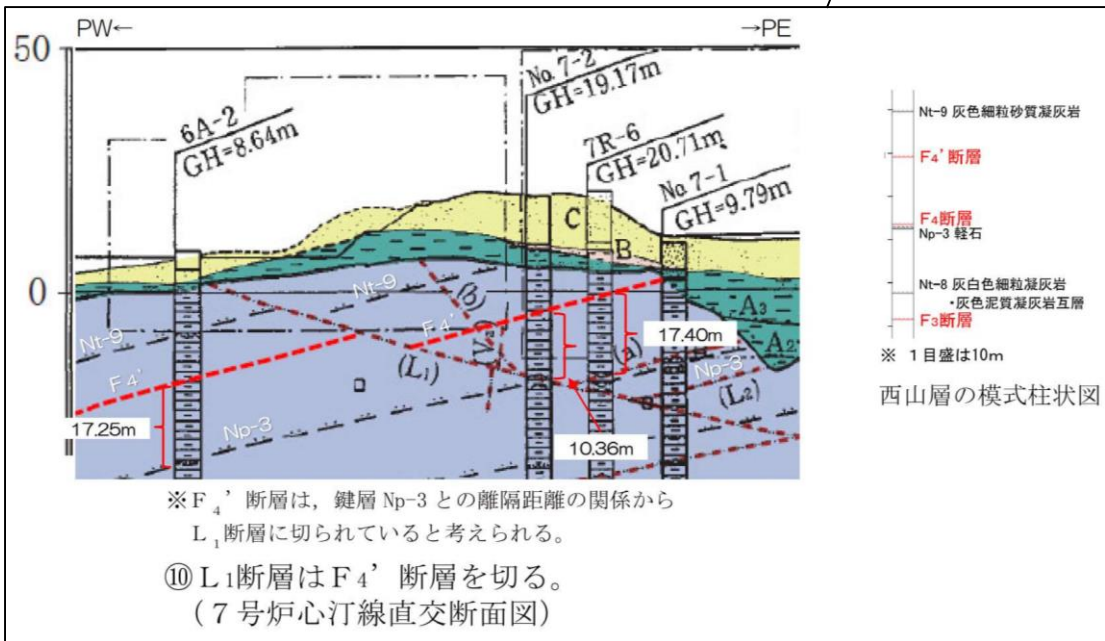
- 柱状図凡例
- 盛土・埋め戻し土
 - 粘土・シルト
 - 砂
 - 礫
 - 塊状泥岩
 - 砂岩・泥岩互層
 - 砂岩(礫岩・泥岩を含む)
 - 礫混じり砂岩
 - 凝灰岩
 - 軽石
 - 粘土・土砂状・角礫岩状
- 地質凡例
- 盛土・埋め戻し土
 - 砂
 - 新期砂層・沖積層(C)
 - 砂
 - 番神砂層・大湊砂層(B)
 - 粘土・シルト
 - 砂
 - 礫
 - 古安田層(A₂・A₃)
 - 塊状泥岩
 - 凝灰岩類
 - 西山層(N₁)
 - 砂岩・泥岩を含む
 - 椎谷層(S)
 - 断層(断層名)(破線は推定部)
 - 旧地表面
- 0 50 100m

6. F₄' 断層：追加調査を踏まえた評価 (断層の活動性評価③)



注) 断層交差部が点線の部分は切り合い関係未確認。
また、F₂断層とほかの断層との切り合い関係は未確認。
①~⑩は切り合い関係確認位置を示す。

断層切り合い関係模式図



- Nt-9 灰色細粒砂質凝灰岩
 - F₄' 断層
 - F₄断層
 - Np-3 軽石
 - Nt-8 灰白色細粒凝灰岩
・灰色泥質凝灰岩互層
 - F₃断層
- ※ 1目盛は10m
- 西山層の模式柱状図

※F₄' 断層は、鍵層 Np-3 との離隔距離の関係から L₁断層に切られていると考えられる。
⑩ L₁断層はF₄' 断層を切る。
(7号炉心汀線直交断面図)

6. F₄' 断層：追加調査を踏まえた評価

(基礎地盤の安定性評価①)

- F₄' 断層を7号炉まで広がりを持つ断層として設定したことから、7号炉原子炉建屋の基礎地盤の安定性評価を実施した。
- F₄' 断層が分布するのは7号炉原子炉建屋の汀線直交断面であることから、これを評価対象断面とし、関連する以下の評価項目について検討を実施した。

原子炉建屋等の耐震重要施設※¹及び常設重大事故等対処施設※²の
基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価の評価項目

※¹：耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器及び系統を支持する建物及び構築物

※²：常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（耐震重要施設を除く）

基礎地盤

- 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

1) 基礎地盤のすべり 2) 基礎の支持力 3) 基礎底面の傾斜

- 周辺地盤の変状による重要施設への影響評価

- 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

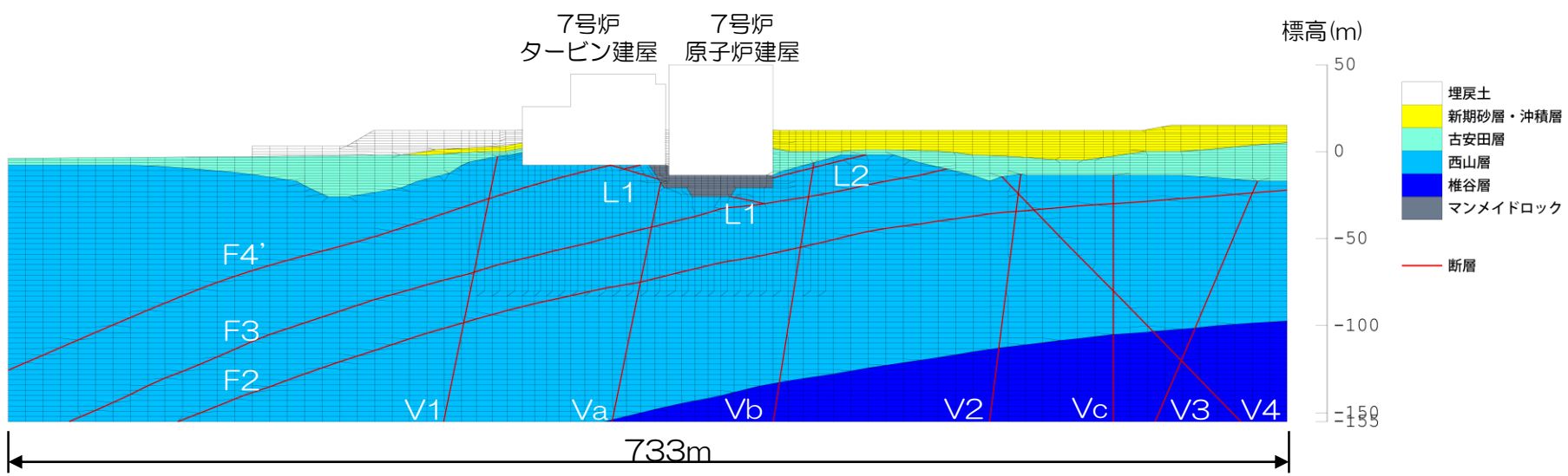
今回の評価項目

周辺斜面

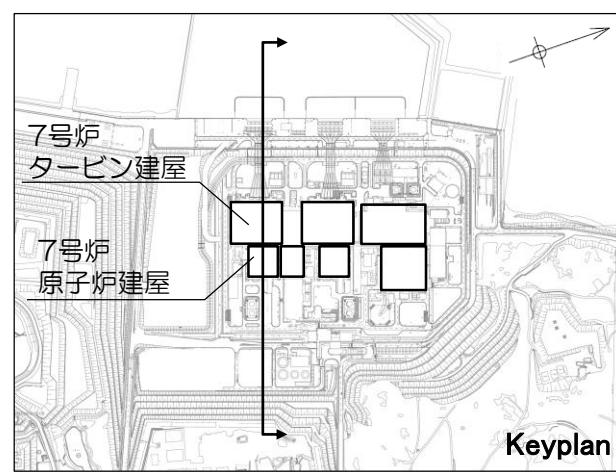
- 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

6. F₄' 断層：追加調査を踏まえた評価 (基礎地盤の安定性評価②)

- 7号炉原子炉建屋の汀線直交断面にF₄' 断層を反映した解析モデルを作成した。
- 解析用物性値・評価方法・入力地震動については、既往評価と同様に設定した。



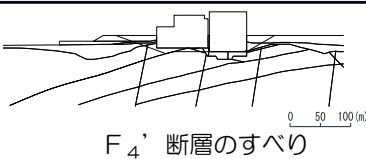
7号炉原子炉建屋 汀線直交断面



6. F₄' 断層：追加調査を踏まえた評価 (基礎地盤の安定性評価③)

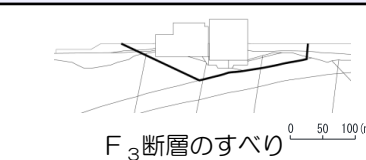
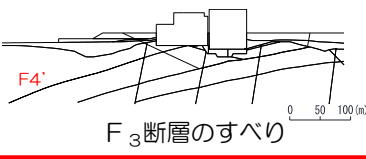
- 基礎地盤のすべりについては、F₄' 断層を含むすべり線のすべり安全率が評価基準値1.5以上であること、また、7号炉原子炉建屋の汀線直交断面ですべり安全率が最小となるケース及びすべり安全率は既往評価と同一となることを確認した。したがって、既往評価と同様に、地震力に対して施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。
- 基礎の支持力については、既往評価と同一となることを確認した。したがって、既往評価と同様に、地震力に対して施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。
- 基礎底面の地震時傾斜及び地殻変動による傾斜については、既往評価と同一となることを確認した。既往評価と同様に、基本設計段階の目安値を若干超えるため、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の耐震設計において、施設の安全機能に影響を及ぼさないよう設計する。

基礎地盤のすべり評価 (F₄' 断層を含むすべり線)

| 評価対象断面及び地震動 | すべり線形状のパターン | すべり安全率 |
|------------------------------|--|--------|
| 7号炉 汀線直交断面 【Ss-1(逆,正)】 |  F ₄ ' 断層のすべり | 2.3 |

赤枠：既往評価と同一となることを確認

基礎地盤のすべり評価 (すべり安全率が最小となるケース)
(上段：既往評価, 下段：今回評価)

| 評価対象断面及び地震動 | すべり線形状のパターン | すべり安全率 |
|------------------------------|--|--------|
| 7号炉 汀線直交断面 【Ss-1(逆,正)】 |  F ₃ 断層のすべり | 1.6 |
| 7号炉 汀線直交断面 【Ss-1(逆,正)】 |  F ₄ ' 断層のすべり | 1.6 |

基礎の支持力, 基礎底面の傾斜, 地殻変動による傾斜評価
(上段：既往評価, 下段：今回評価)

| 評価対象 | 基礎の支持力 | | 基礎底面の傾斜 | | 地殻変動 |
|--------------|---------------|-------------------------------|---------------|----------------------|-----------------------------|
| | 地震動 | 地震時最大接地圧 [N/mm ²] | 地震動 | 地震時最大傾斜 | 地殻変動+地震時最大傾斜 |
| 7号炉 原子炉建屋 | Ss-1 (逆,逆) | 3.23 〈6.2〉 | Ss-8 (正,正) | 1/1,700 《1/2,000》 | 1/1,900 《1/2,000》 |
| 7号炉 原子炉建屋 | Ss-1 (逆,逆) | 3.23 〈6.2〉 | Ss-8 (正,正) | 1/1,700 《1/2,000》 | 1/1,900 《1/2,000》 |

※ 基準地震動Ssの(逆,正), (逆,逆)は 位相反転を示す。※ 〈 〉内の数値は, 基礎の支持力を示す。※ 《 》内の数値は, 基本設計段階の目安値を示す。