

女川原子力発電所2号炉 地盤(敷地の地形, 地質・地質構造)について (補足説明資料)

令和元年7月26日
東北電力株式会社

余白

目次

| | | |
|------------------------|-------|-----|
| 1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要 | | 3 |
| 2. 敷地の断層 | | 49 |
| 3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果) | | 172 |
| 4. 断層破碎部の詳細検討 | | 188 |
| 用語の解説 | | 220 |
| 参考文献 | | 221 |

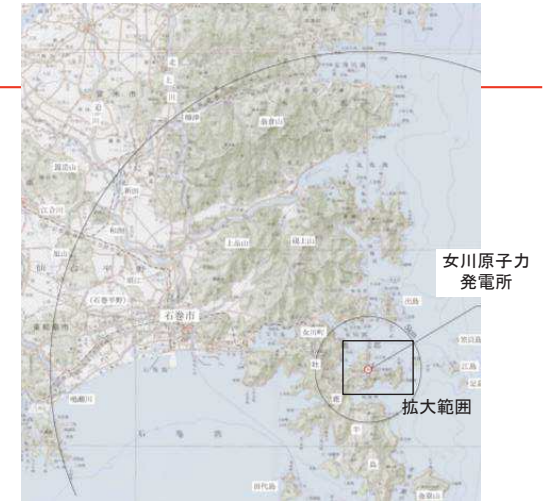
1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

- 1. 1 敷地の地形及び地質・地質構造
- 1. 2 敷地の地質構造発達史

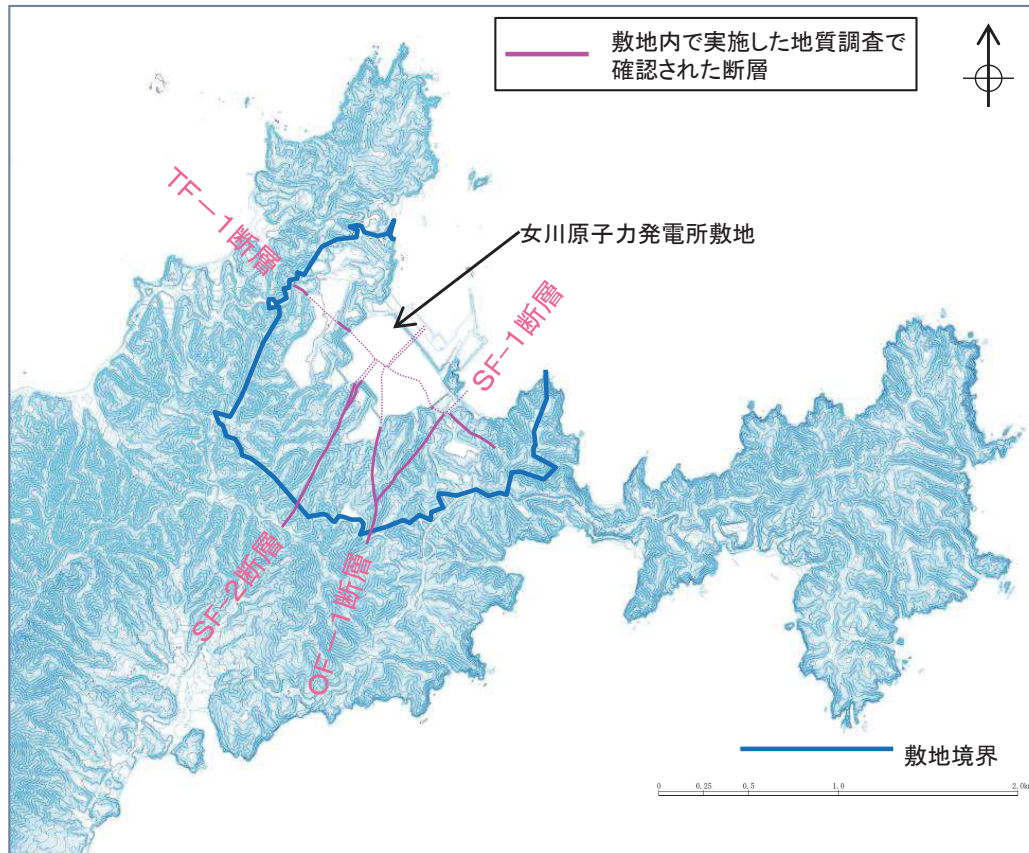
1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【敷地の変動地形】

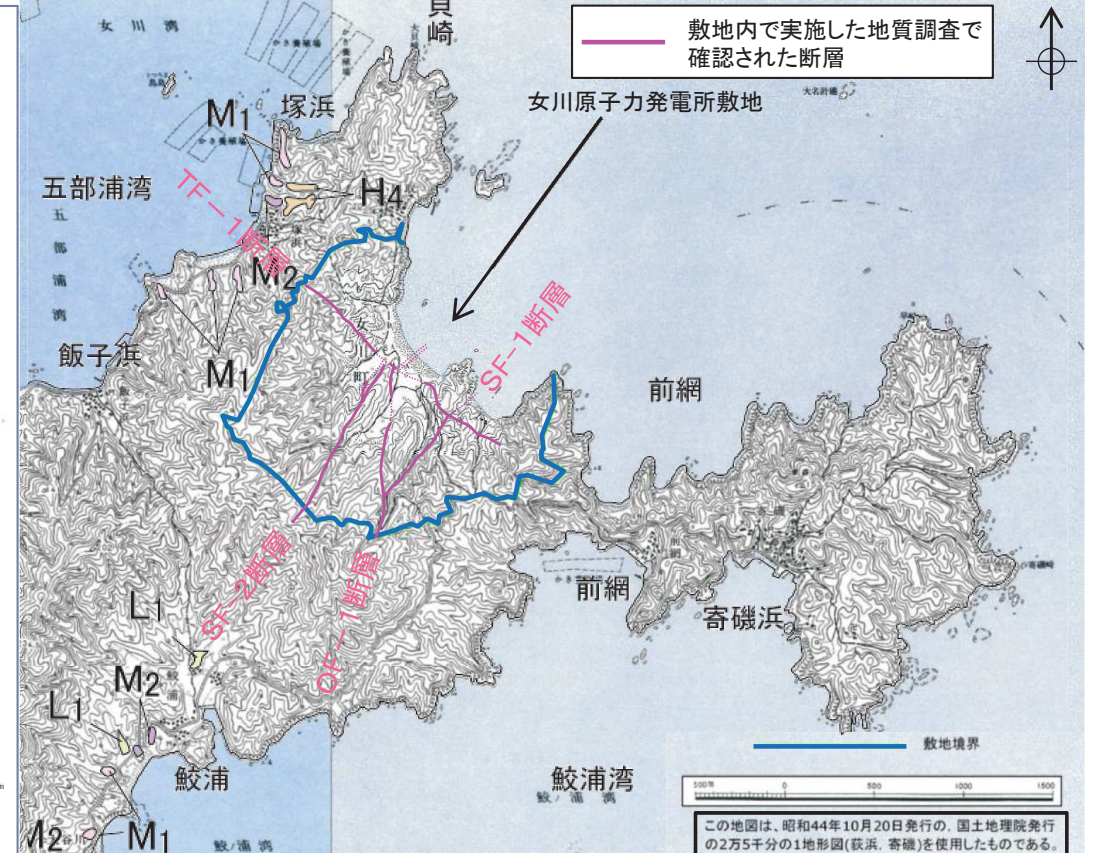
- 敷地は、北上山地南端部から南東に突き出す牡鹿半島の中央部に位置し、敷地北東側は海に面し、他は山地に囲まれている。
- 山地の尾根は、NE-SW～NNE-SSW方向に延び、それらの尾根に小規模な沢が発達し、沢沿いに小規模な低地が分布している。
- 敷地北東の海岸線は、1号炉建設以前は砂浜となっていた。
- 「[新編]日本の活断層」(1991)及び「活断層詳細デジタルマップ [新編]」(2018)では、敷地に活断層等の記載はなく、空中写真判読の結果からもリニアメントは判読されない。
- 地すべり学会東北支部(1992)及び防災科学技術研究所(2009)では、敷地に地すべりの記載はなく、空中写真判読の結果からも地すべり地形の存在は認められない。



敷地周辺の地形



敷地の地形(現在の地形(DEM))

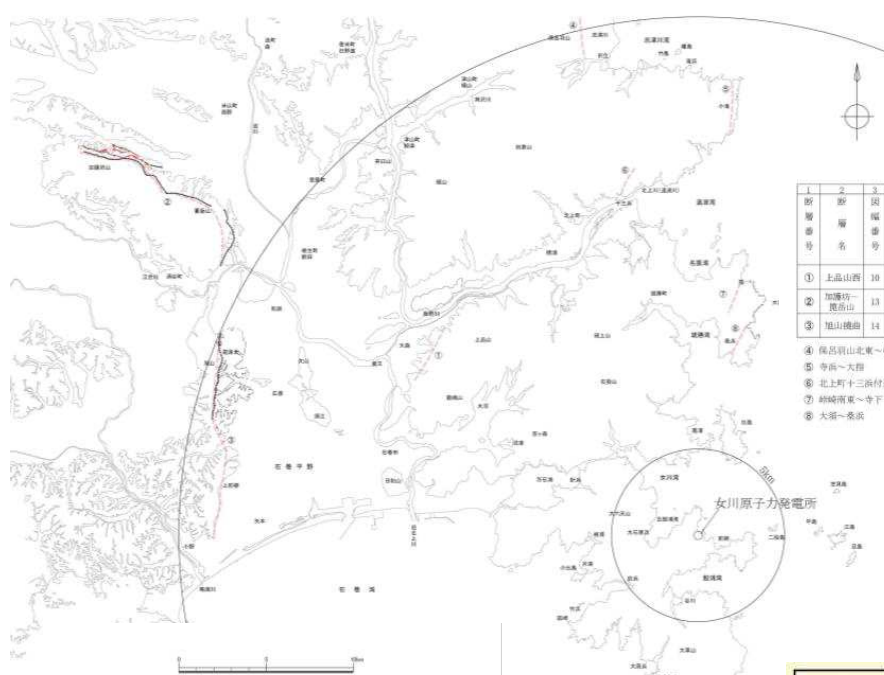


敷地の地形(原地形)及び空中写真判読結果

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【敷地の変動地形(文献記載状況)】

- 「[新編]日本の活断層」(1991)及び「活断層詳細デジタルマップ [新編]」(2018)では、敷地に活断層等の記載はない。
- 地すべり学会東北支部(1992)及び防災科学技術研究所(2009)では、敷地に地すべりの記載はない。

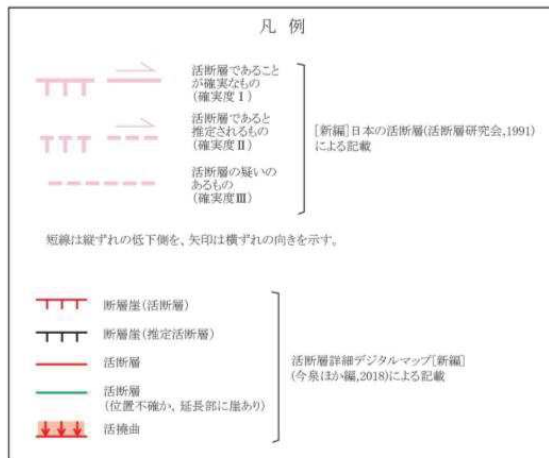


| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|------|--------|--------|-----|------|--------|-------|------|------|------|------|--------|----|
| 断層番号 | 断層名 | 延長(km) | 活断層 | 断層向き | 断層形態 | 断層位置 | 年代 | 断層変位 | 断層変位 | 断層変位 | 平均変位速度 | |
| ① | 上島山西 | 10 | III | 4 | SNE | 高度平遠続 | 立役断層 | | E | | | |
| ② | 加藤崎一貫山 | 13 | III | 12 | SS-NSW | 高度平遠続 | 丘陵断層 | | SW | | | |
| ③ | 旭山横山 | 14 | II | B-C | NS | 高度平遠続 | 丘陵断層 | | WC30 | | | |

- ④ 保呂野山北東～種火峠西方
- ⑤ 寺西～大形
- ⑥ 北上町十三浜付近
- ⑦ 峠崎南東～寺下
- ⑧ 大形～桑沢

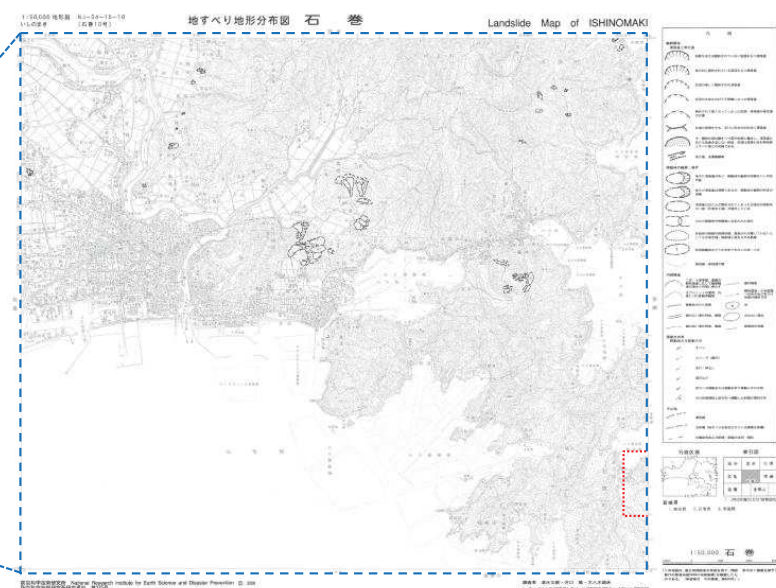


地すべり学会東北支部(1992)「東北の地すべり・地すべり地形」(一部加筆)



| | | | |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 北上 KITAKAMI LM-797 | 人首 HITOKABE LM-793 | 遠野 TONO LM-789 | 釜石 KAMAIISHI LM-787 |
| 水沢 MIZUSAWA LM-798 | 陸中大原 RIKUCHUOHARA LM-794 | 盛 SAKARI LM-790 | 綾里 RYORI LM-788 |
| 一関 ICHINOSEKI LM-799 | 千厩 SENMAI LM-795 | 気仙沼 KESSENNUMA LM-791 | 【一関】 |
| 若柳 WAKAYANAGI LM-800 | 志津川 SHIZUGAWA LM-796 | 津谷 TSUYA LM-792 | 【石巻】 |
| 涌谷 WAKUYA LM-804 | 登米 TOYOMA LM-802 | 大須 OSU LM-801 | |
| 松島 MATSUSHIMA LM-805 | 石巻 ISHINOMAKI LM-803 | 寄磯 YORIISO | |
| 塩竈 SHIOGAMA | 金華山 KINKASAN | | |

⋯:敷地(前頁範囲)

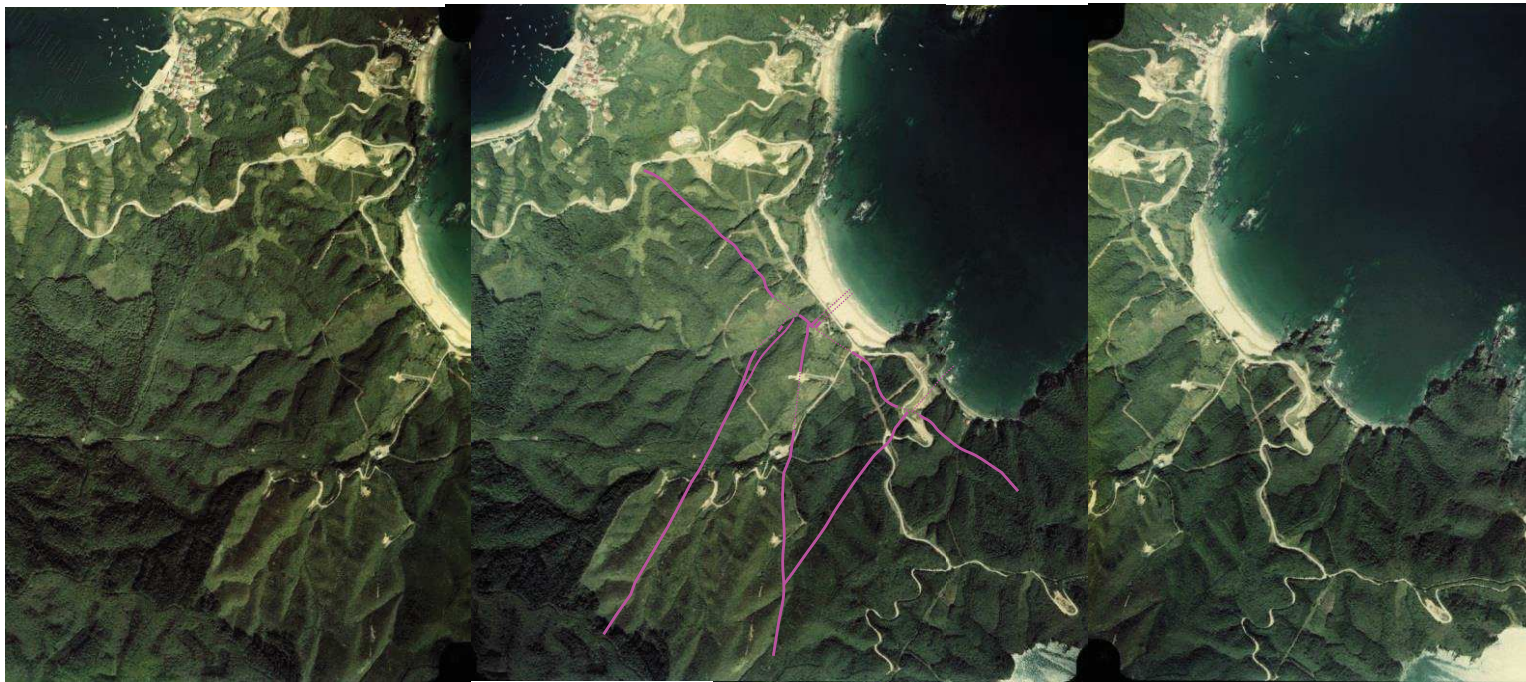


1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【敷地の変動地形(空中写真判読と敷地内主要断層)】

- 空中写真判読の結果によると、敷地には、新しい時代の活動を示唆するリニアメントは認められない。

敷地内で実施した地質調査で
確認された断層



発電所建設前の空中写真(1975年撮影)
(CTO-75-26 C28 17~19)に東北電力が加筆
出典:国土画像情報(カラー空中写真)国土交通省

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要





1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【敷地の変動地形(空中写真詳細判読結果(原地形))】

➤ 空中写真判読の結果によると、敷地には、新しい時代の活動を示唆するリニアメントは認められない。



発電所建設前の空中写真(1975年撮影)
(CTO-75-26 C28 17~19)に東北電力が加筆
出典:国土画像情報(カラー空中写真)国土交通省

凡例

- | | | | |
|---|---------------------|---|-----|
|  | 小河川・沢 |  | 尾根筋 |
|  | ガリー状の浅い沢 谷底・沖積低地 |  | 鞍部 |

(空中写真詳細判読結果)

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造

【敷地の変動地形(空中写真詳細判読結果(TF-1断層沿い))】

- 空中写真判読の結果によると、敷地には、新しい時代の活動を示唆するリニアメントは認められない。
- ✓ TF-1断層沿いの周辺には、一部に尾根筋のわずかな食い違い、湾曲が認められるものの、南東部と北西部でずれの方向が異なり、系統的な変位が認められないことから、横ずれに伴い形成された地形とは考えがたい。
- ✓ SF-2断層沿いに分布する尾根筋・小河川・沢・ガリー状の浅い沢等の地形には、食い違い・切断・屈曲は認められない。



発電所建設前の空中写真(1975年撮影)
(CTO-75-26 C28 17~19)に東北電力が加筆
出典:国土画像情報(カラー空中写真)国土交通省

- 凡例
- 小河川・沢
 - 尾根筋
 - 鞍部
 - ガリー状の浅い沢
 - 谷底・沖積低地

(空中写真詳細判読結果)

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造

【敷地の変動地形(空中写真詳細判読結果(SF-2断層沿い①))】

- 空中写真判読の結果によると、敷地には、新しい時代の活動を示唆するリニアメントは認められない。
- ✓ TF-1断層沿いの周辺には、一部に尾根筋のわずかな食い違い、湾曲が認められるものの、南東部と北西部でずれの方向が異なり、系統的な変位が認められないことから、横ずれに伴い形成された地形とは考えがたい。
- ✓ SF-2断層沿いに分布する尾根筋・小河川・沢・ガリー状の浅い沢等の地形には、食い違い・切断・屈曲は認められない。



ガリー状の浅い沢は、直線状を呈し、食い違い・切断・屈曲は認められない。

小河川・沢は、スムーズなトレースを示し、食い違い・切断・屈曲は認められない。

尾根筋は、スムーズなトレースを示し、食い違い・切断・屈曲は認められない。

発電所建設前の空中写真(1975年撮影)
(CTO-75-26 C28 17~19)に東北電力が加筆
出典:国土画像情報(カラー空中写真)国土交通省

凡例

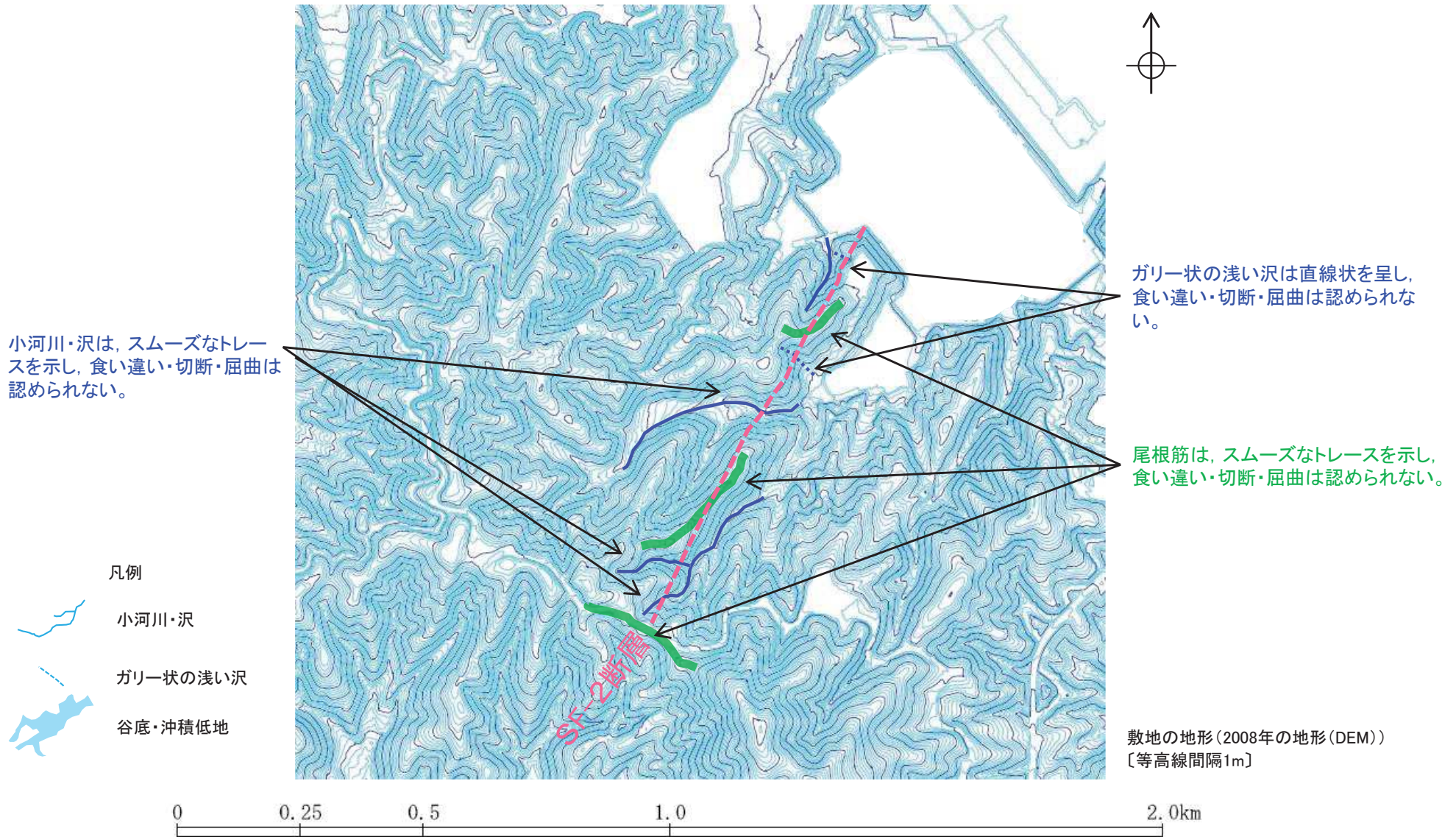
- 小河川・沢
- ガリー状の浅い沢
- 谷底・沖積低地
- 尾根筋
- 鞍部

(空中写真詳細判読結果)

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造

【敷地の変動地形(空中写真詳細判読結果(SF-2断層沿い②))】

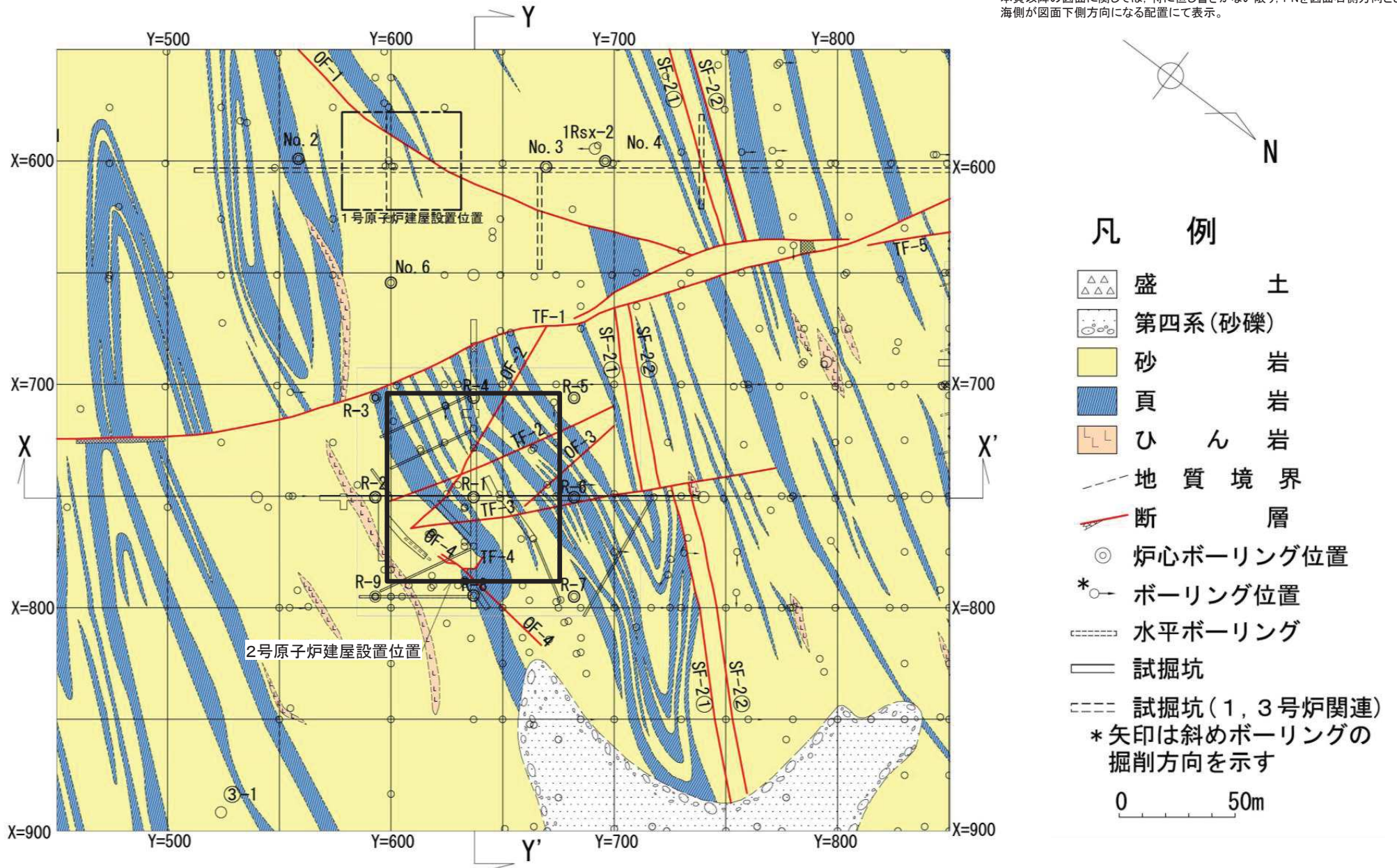
- 空中写真判読の結果によると、敷地には、新しい時代の活動を示唆するリニアメントは認められない。
- ✓ TF-1断層沿いの周辺には、一部に尾根筋のわずかな食い違い、湾曲が認められるものの、南東部と北西部でずれの方向が異なり、系統的な変位が認められないことから、横ずれに伴い形成された地形とは考えがたい。
- ✓ SF-2断層沿いに分布する尾根筋・小河川・沢・ガリー状の浅い沢等の地形には、食い違い・切断・屈曲は認められない。



1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【2号炉付近の地質水平断面図】

本頁以降の図面に関しては、特に但し書きがない限り、PNを図面右側方向とし、海側が図面下側方向になる配置にて表示。

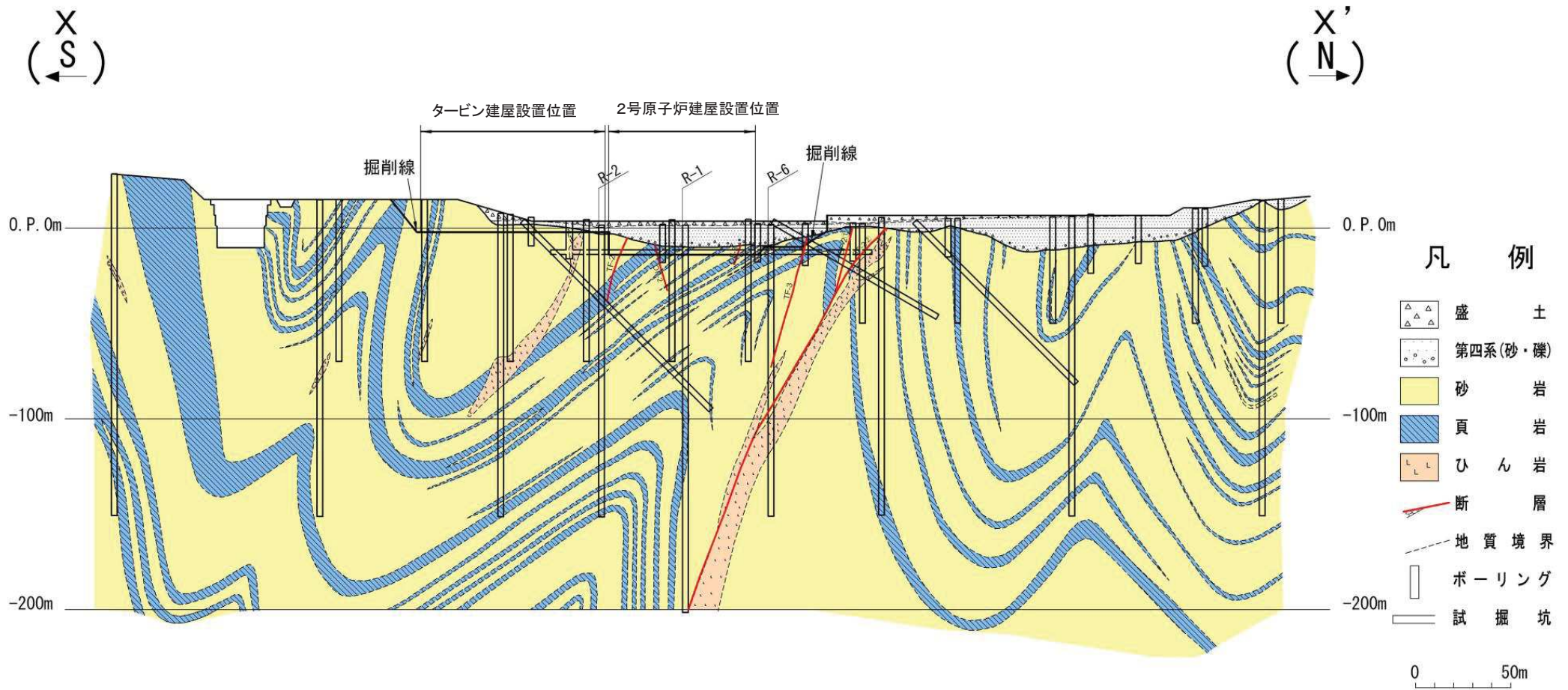


2号原子炉建屋設置位置周辺の地質水平断面図(O.P.*約-14 m)

* O. P. は女川原子力発電所工用基準面であり、東京湾平均海面(T. P.)-0.74m。

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

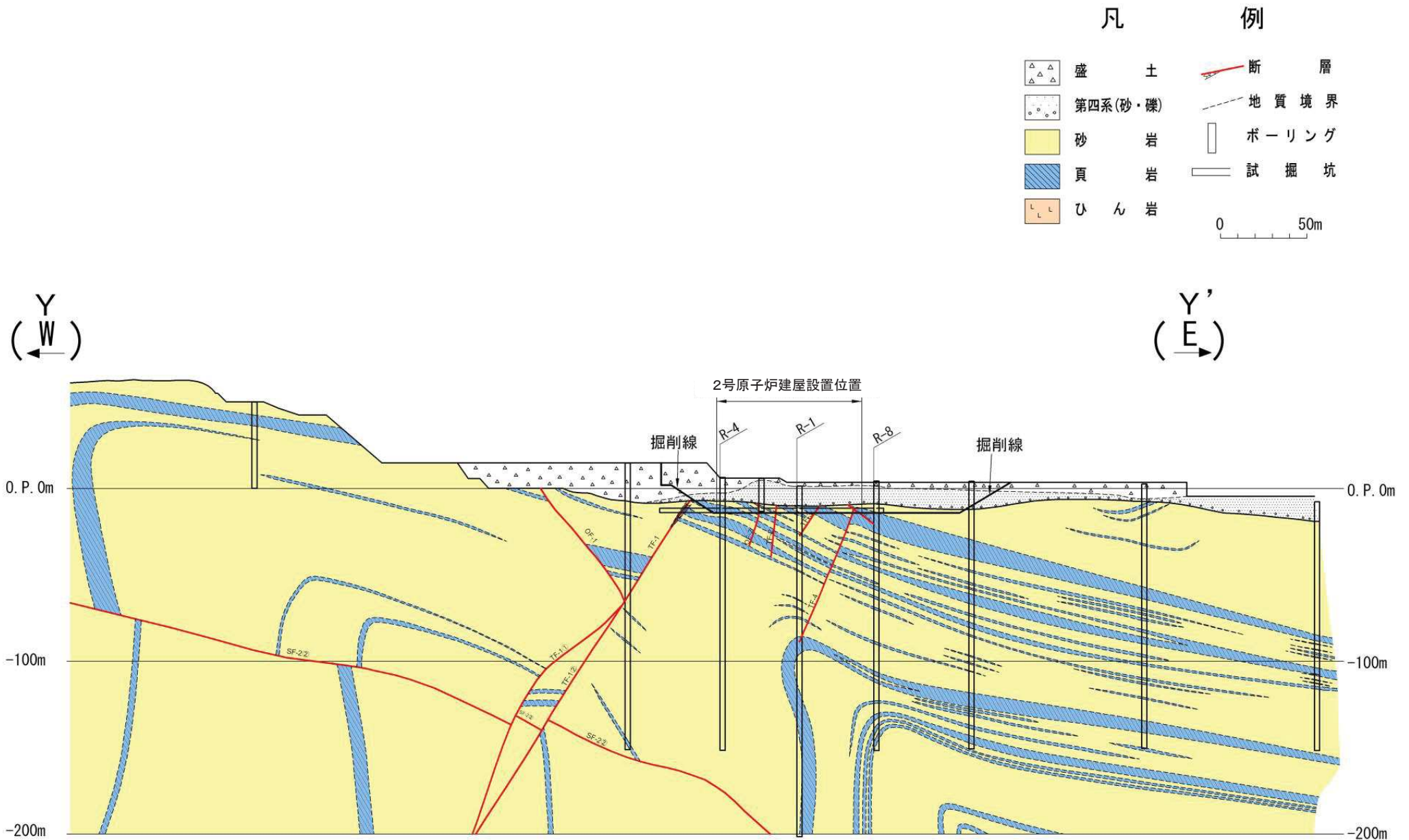
1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【2号炉付近の地質鉛直断面図(X-X')】



2号原子炉建屋設置位置周辺の地質鉛直断面図(X-X')

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

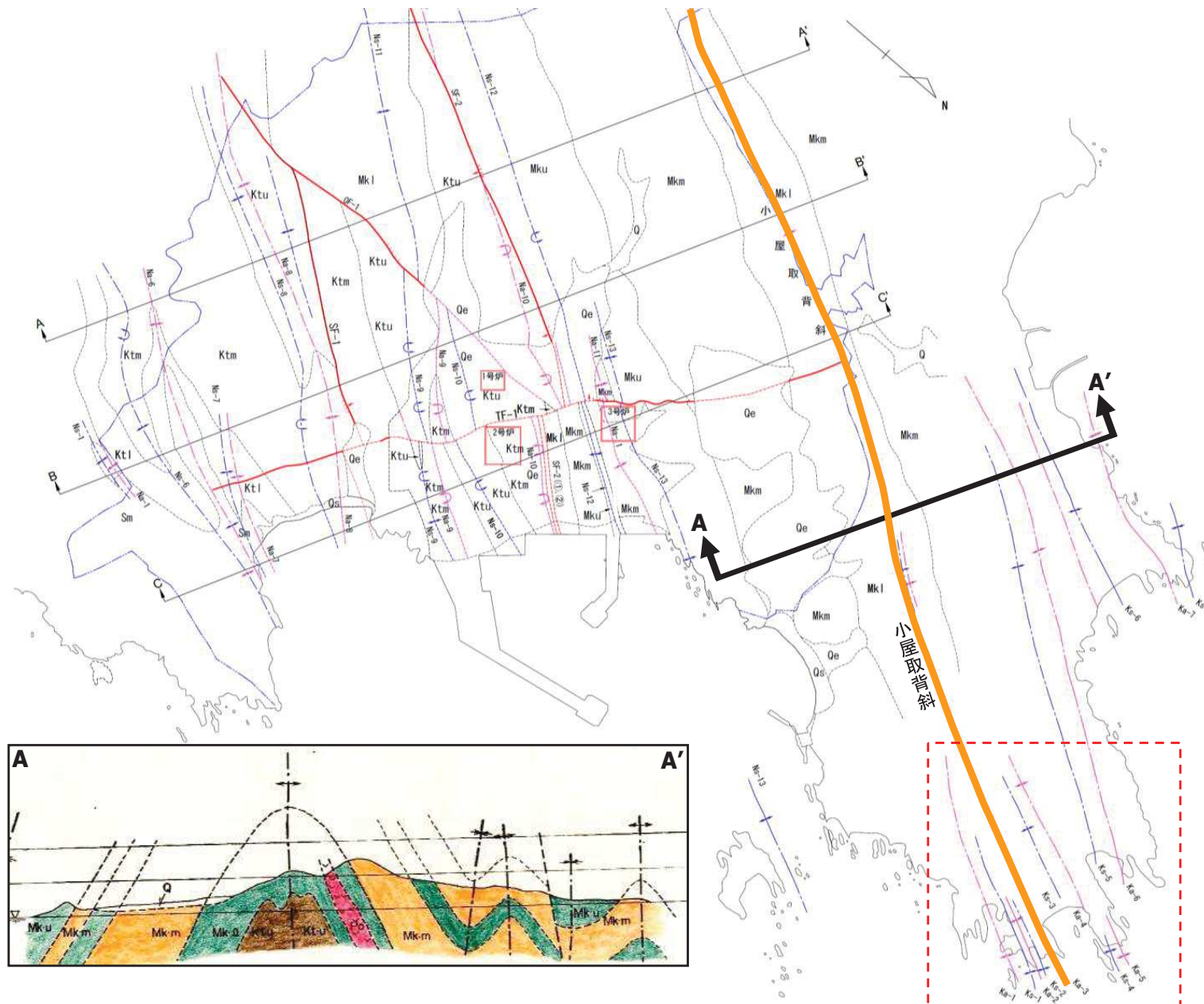
1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【2号炉付近の地質鉛直断面図(Y-Y')】



2号原子炉建屋設置位置周辺の地質鉛直断面図(Y-Y')

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【褶曲構造の形態と位置(小屋取背斜の複褶曲構造①)】



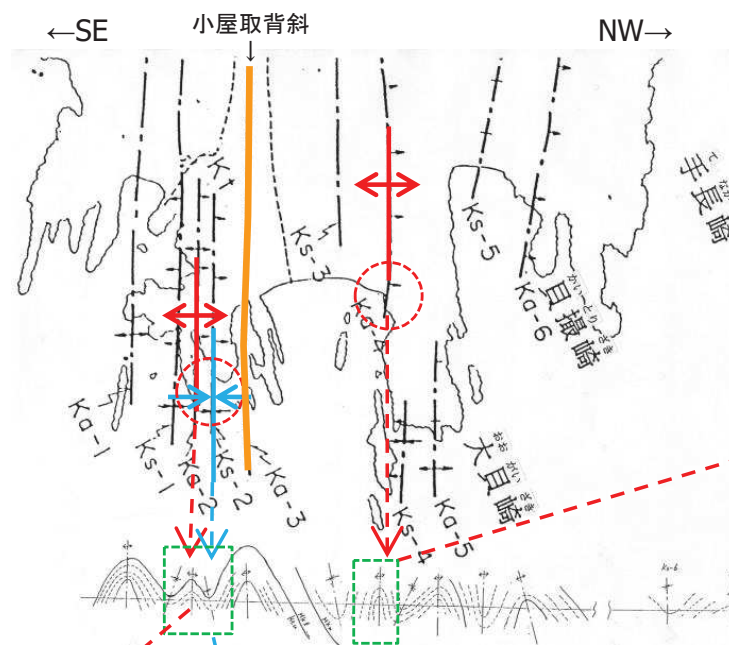
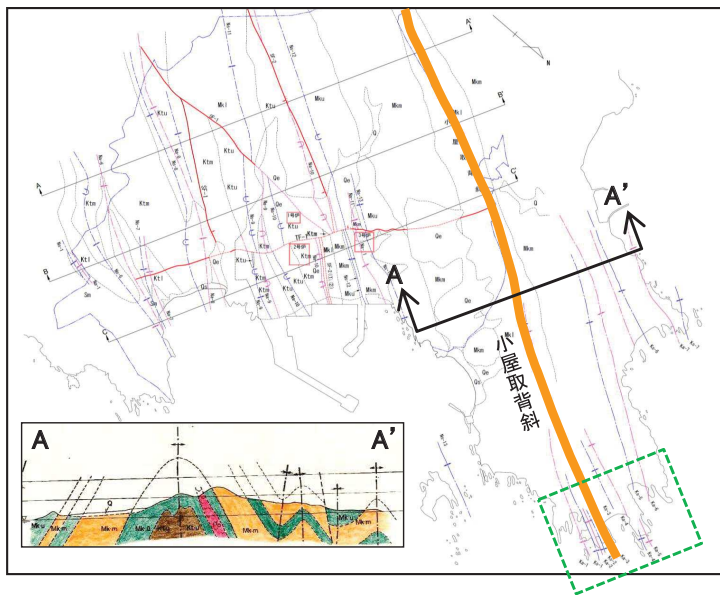
| 凡 例 | |
|---------------------------------------|-----|
| — | 背斜軸 |
| — | 向斜軸 |
| — | 断 層 |

小屋取背斜は、より規模の小さい背斜・向斜の集合により構成されている(複褶曲)。

大貝崎付近の海岸露頭における小屋取背斜の複褶曲構造

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【褶曲構造の形態と位置(小屋取背斜の複褶曲構造②)】



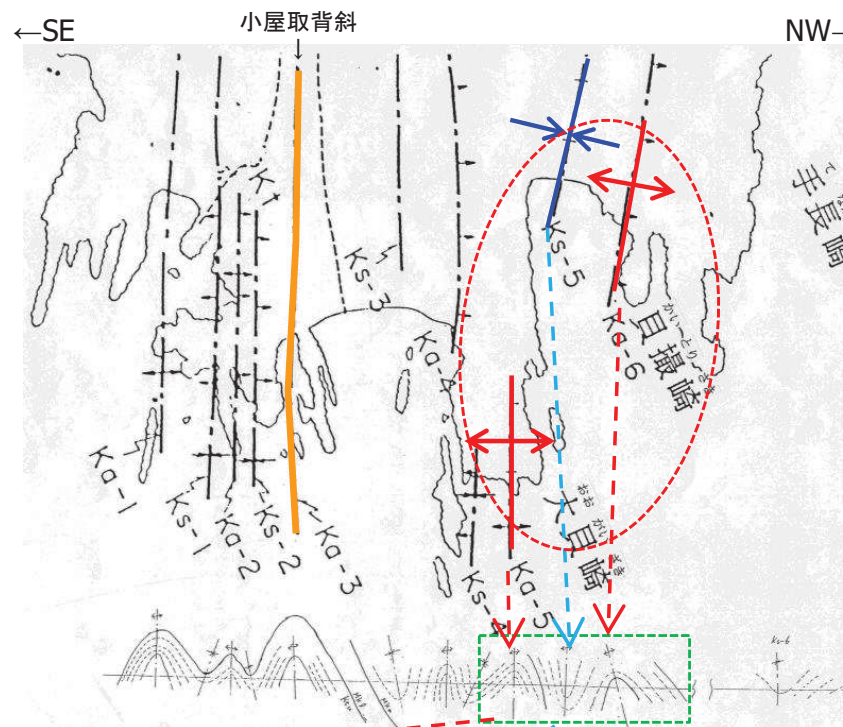
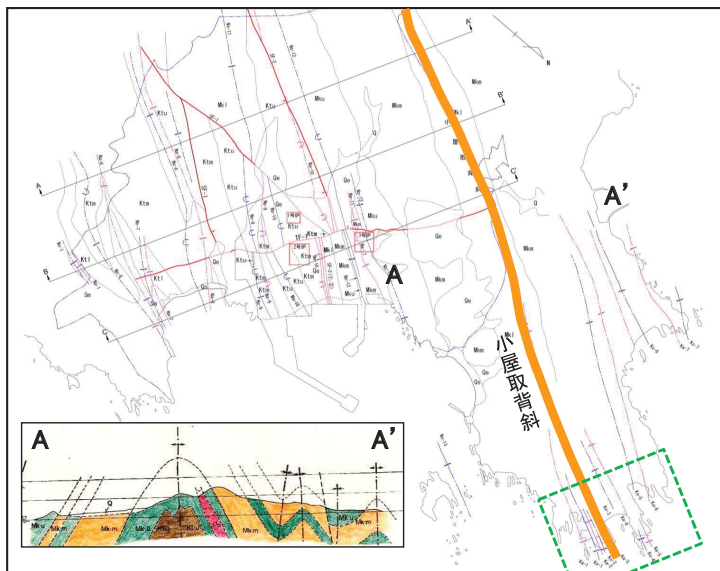
大貝崎の褶曲 1
(1981年(昭和56年)撮影)



- 小屋取背斜は、より規模の小さい背斜・向斜の集合により構成されている(複褶曲)。
- フレキシユラル・スリップと押しつぶしによる褶曲である。
- ⇒ 褶曲構造の形態、波長など、敷地内の地質断面考察の際に参考にしている。

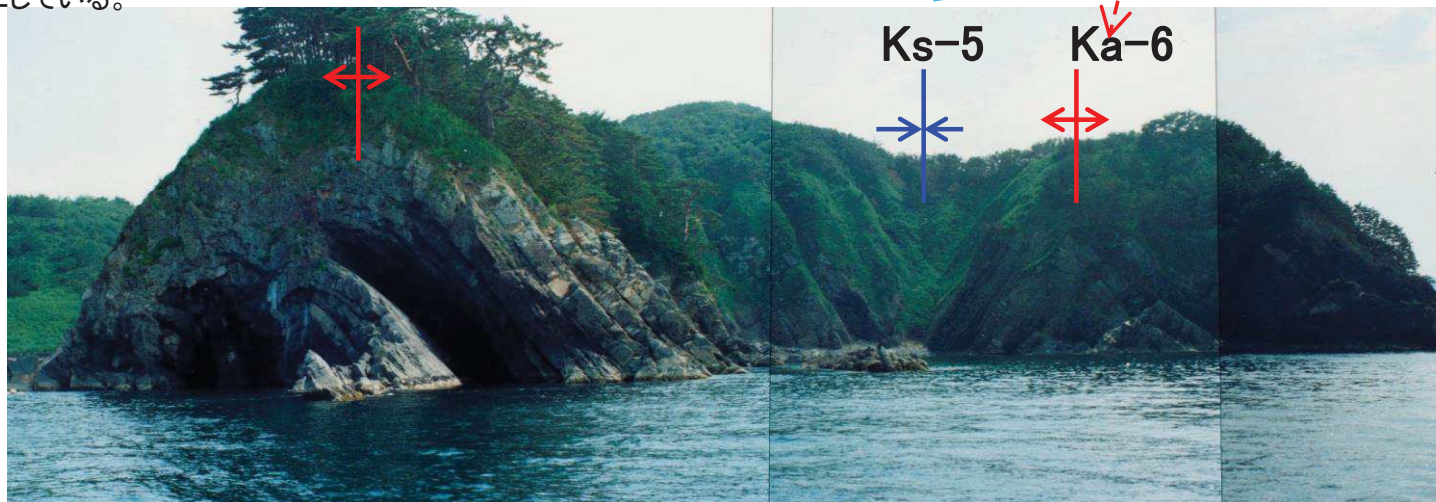
1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【褶曲構造の形態と位置(小屋取背斜の複褶曲構造③)】



- 小屋取背斜は、より規模の小さい背斜・向斜の集合により構成されている(複褶曲)。
 - フレキシユラル・スリップと押しつぶしによる褶曲である。
- ⇒ 褶曲構造の形態、波長など、敷地内の地質断面考察の際に参考になっている。

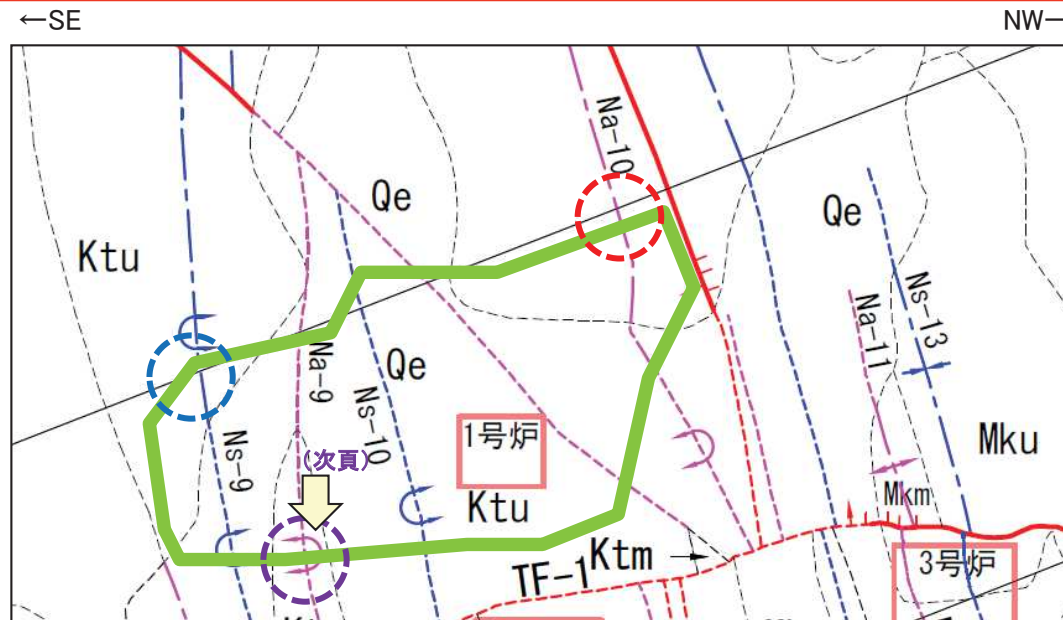
Ka-5



大貝崎の褶曲 2
(1981年(昭和56年)撮影)

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【褶曲構造の形態と位置(1号炉掘削時の露頭写真①)】



- 鳴浜向斜は、より規模の小さい背斜・向斜の集合により構成されている(複褶曲)。
 - 主要褶曲構造・褶曲軸の位置及び形態を確認した。
- ⇒ 褶曲構造の位置, 形態, 波長など, 2号炉付近の地質断面考察の際に参考にしている。



敷地内の褶曲構造(1号炉掘削時の基盤岩)(1980年(昭和55年)撮影)

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

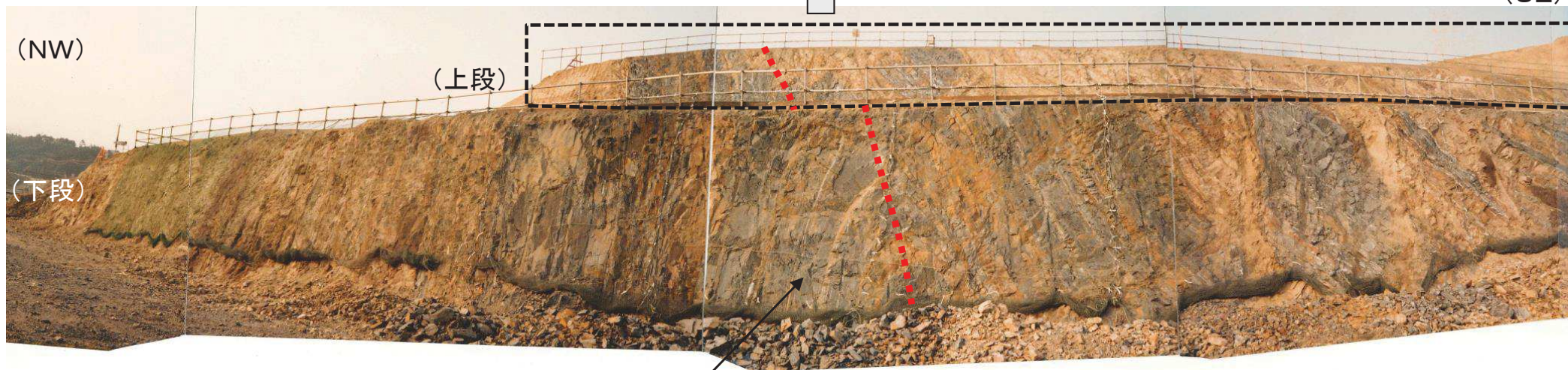
1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【褶曲構造の形態と位置(1号炉掘削時の露頭写真②)】

- 鳴浜向斜は、より規模の小さい背斜・向斜の集合により構成されている(複褶曲)。
- 主要褶曲構造・褶曲軸の位置及び形態を確認した。

⇒ 褶曲構造の位置, 形態, 波長など, 2号炉付近の地質断面考察の際に参考にしてている。



↑ 拡大写真



敷地内の褶曲構造
(1号炉掘削時法面)(1980年(昭和55年)撮影)

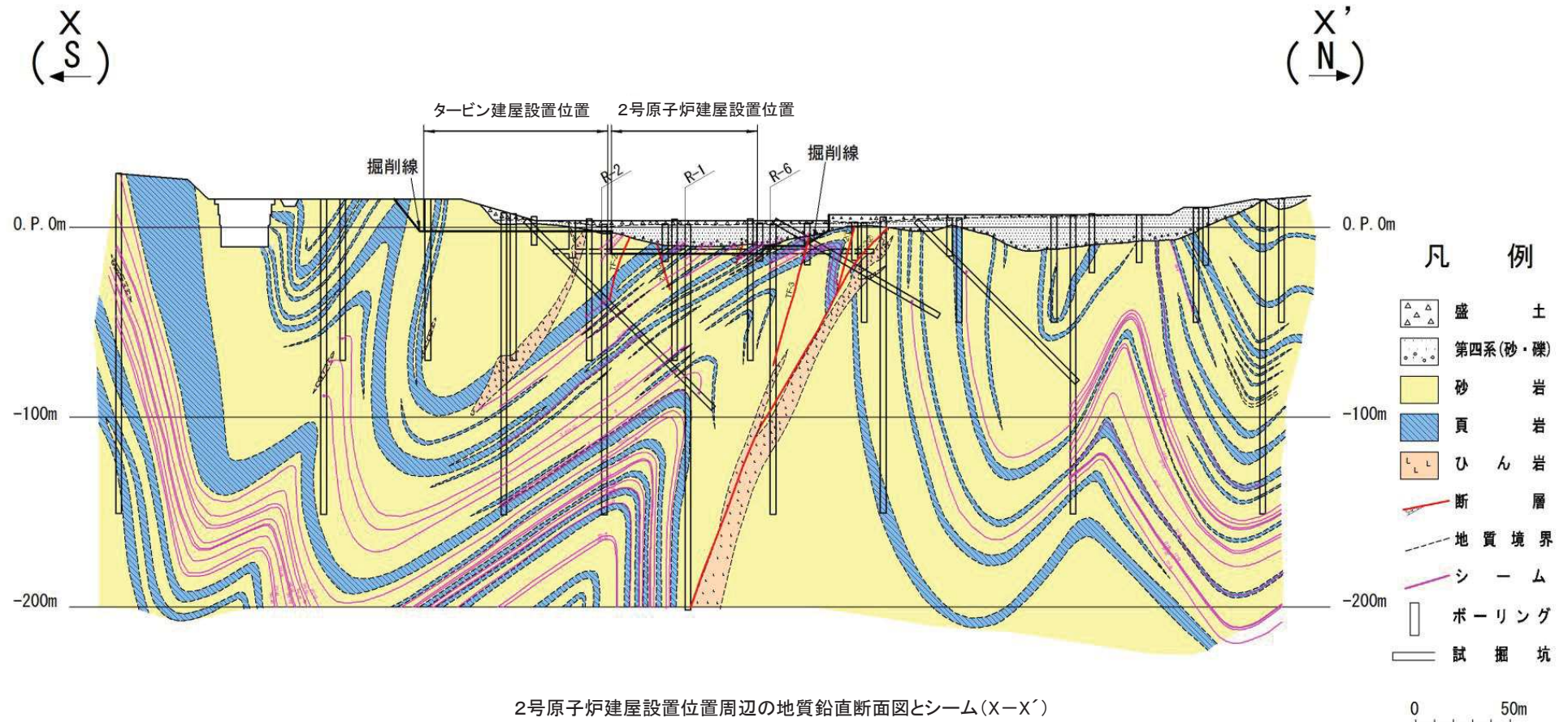
頁岩(暗黒灰色)

Na-9(背斜軸)

1. 1 敷地の地形及び地質・地質構造 【褶曲構造とシーム(2号炉 X-X'断面)】

- 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。
- シームは、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。
⇒ シームは、褶曲構造の位置、形態と調和的に分布している。*

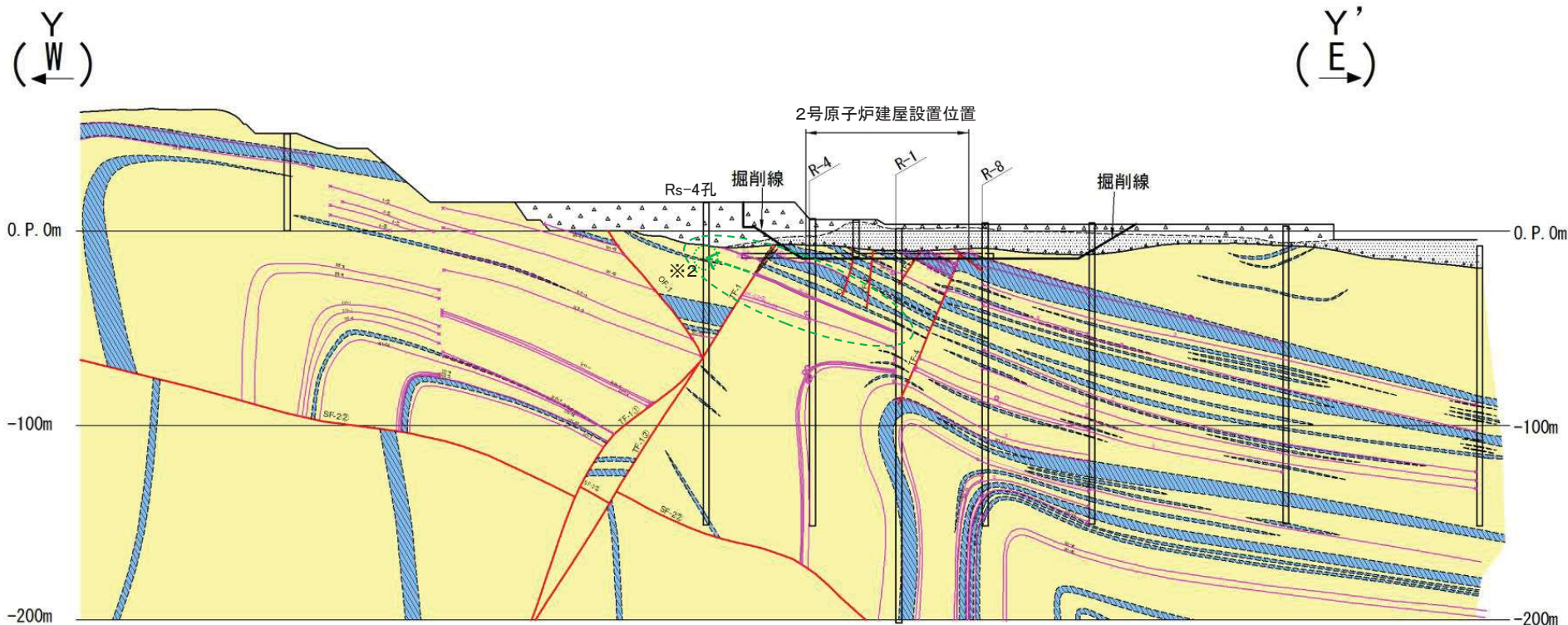
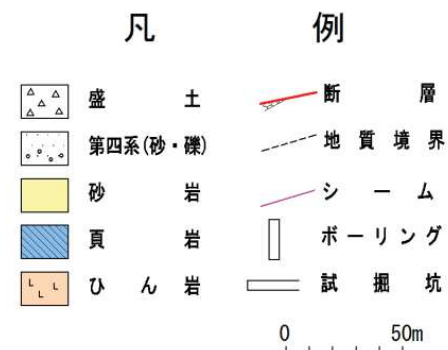
※ なお、シームは褶曲構造と密接な関連性を有する形成メカニズム・分布形態を示すことから、敷地内の全ての褶曲構造を切るTF-1断層よりも古い構造であると考えられる。



1. 1 敷地の地形及び地質・地質構造 【褶曲構造とシーム(2号炉 Y-Y'断面)】

- 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。
- シームは、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。
⇒ シームは、褶曲構造の位置、形態と調和的に分布している。※1

※1 なお、シームは褶曲構造と密接な関連性を有する形成メカニズム・分布形態を示すことから、敷地内の全ての褶曲構造を切るTF-1断層よりも古い構造であると考えられる。



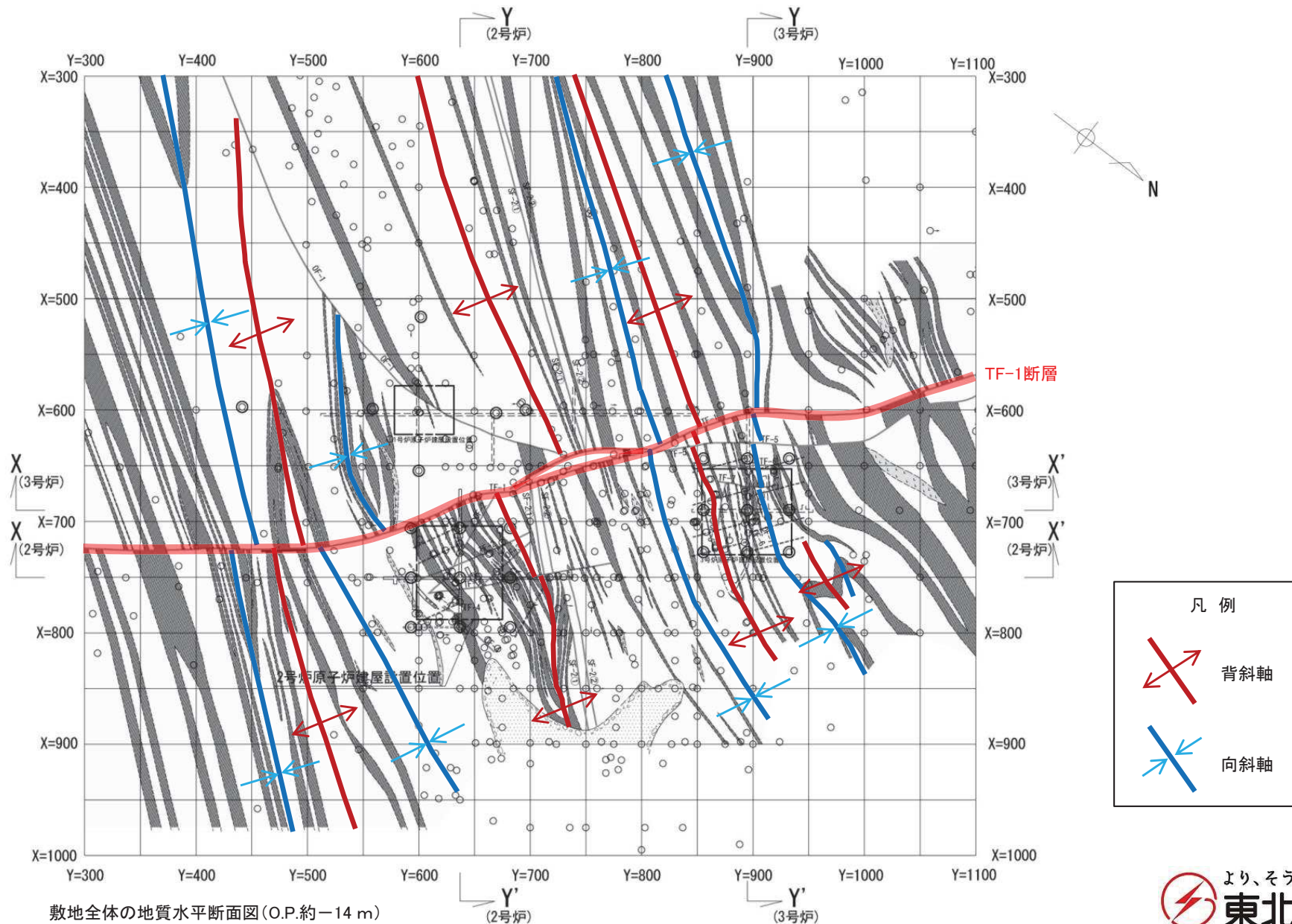
2号原子炉建屋設置位置周辺の地質鉛直断面図とシーム (Y-Y')

※2 例えば、R-4孔で確認されたSY1-20シームは、TF-1断層を越えた延長上のRs-4孔において、延長想定位置(深度約26m付近)を含む約10m区間にはシームが認められないため、SY1-20シームはTF-1断層を超えて連続していないことから、シームはTF-1断層に切られているものと考えられる。

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【褶曲構造及びシームとTF-1断層の関係】

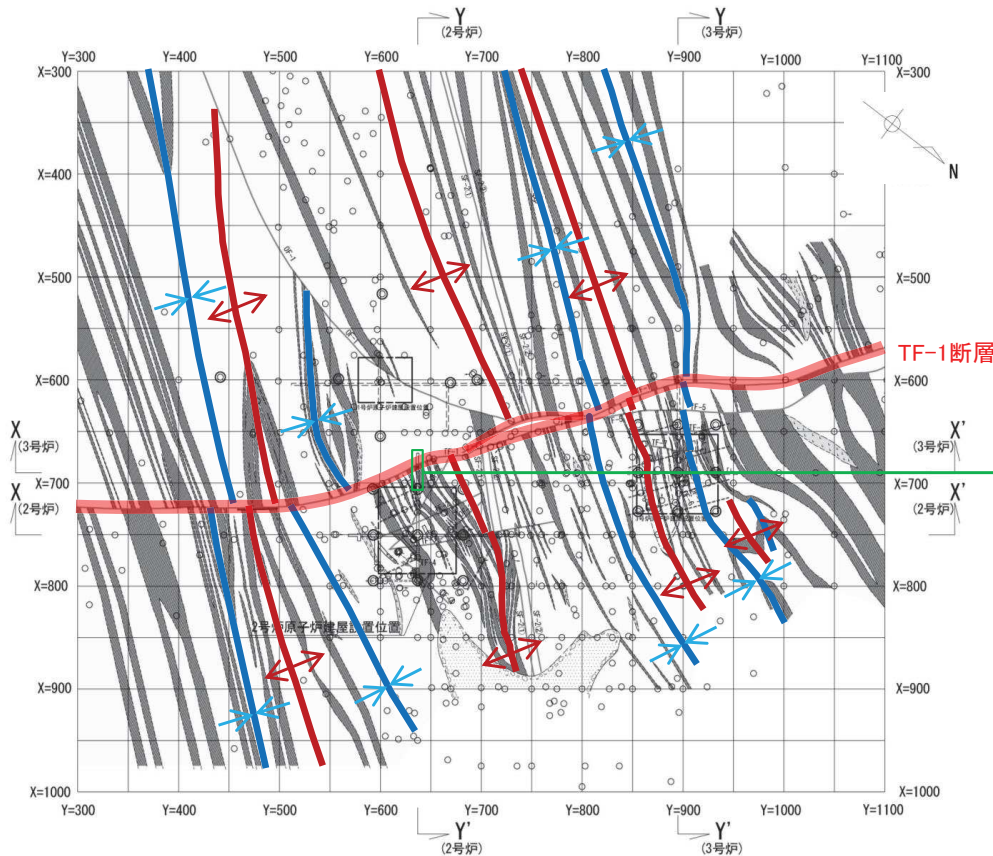
- TF-1断層は敷地内のすべての褶曲構造を切っていることから、褶曲構造はTF-1断層よりも古い構造であると考えられる。
- 敷地内で確認されるシームは、褶曲構造と密接な関連性を有する形成メカニズム・分布形態を示すことから、褶曲構造と同様にTF-1断層に切られており、古い構造であると考えられる。



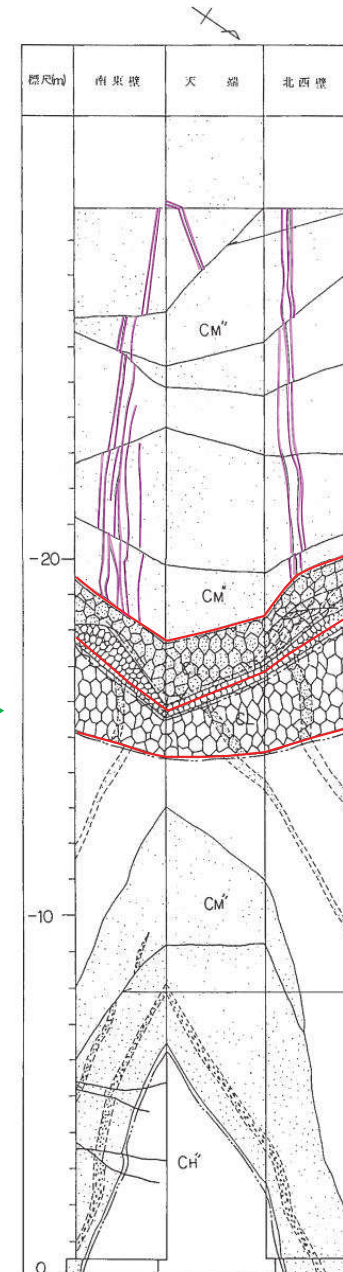
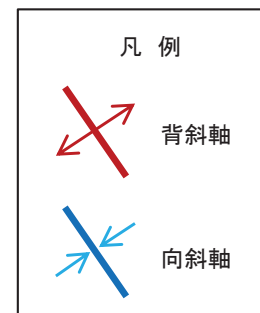
1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【TF-1断層とシームの関係①】

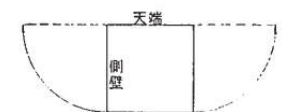
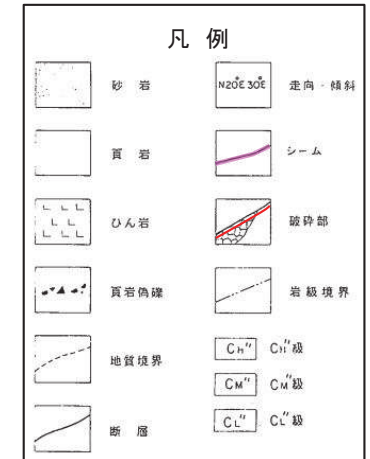
- 2号炉試掘坑B坑のTF-1断層周辺において、TF-1断層がすべてのシームを切っている状況を確認している。
- シームはTF-1断層よりも古い構造であると判断される。



敷地全体の地質水平断面図 (O.P.約-14 m)



TF-1断層周辺 2号炉試掘坑B坑展開図

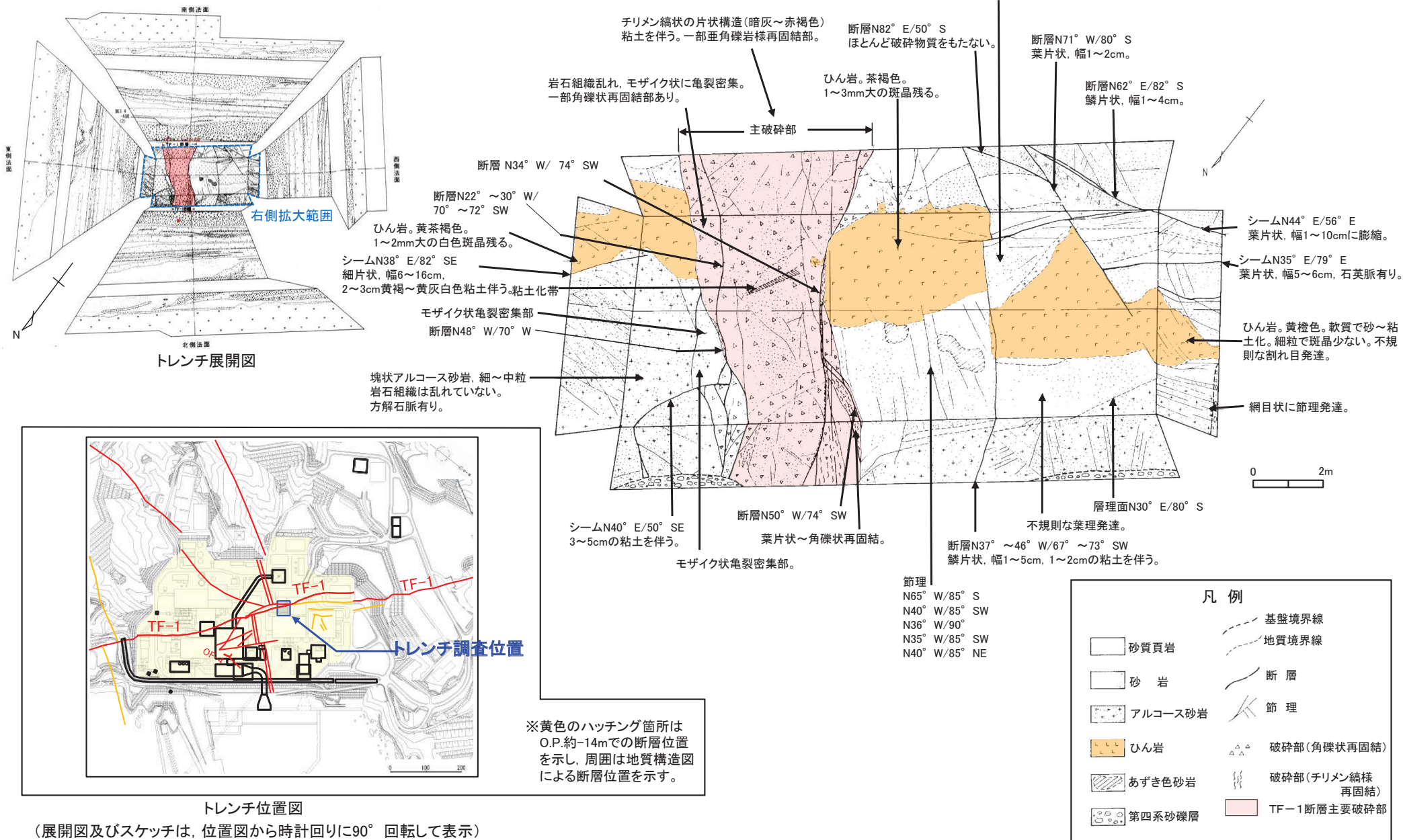


2号炉試掘坑B坑南東壁
試掘坑スケッチ展開方法

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【TF-1断層とシームの関係②】

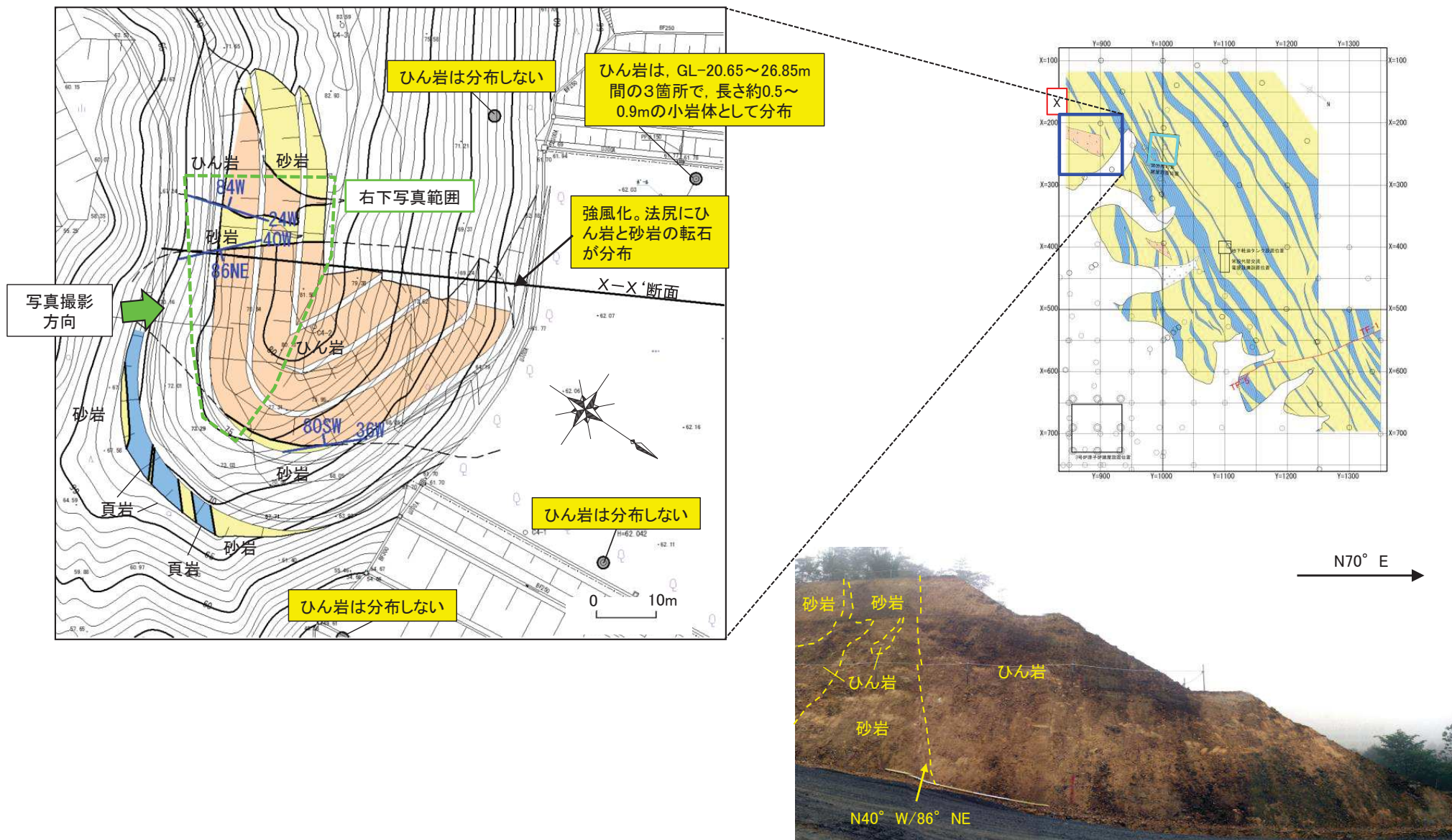
- TF-1断層トレンチ調査において、TF-1断層がすべてのシームを切っている状況を確認している。
- シームはTF-1断層よりも古い構造であると判断される。



1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【敷地北西部 緊急時対策建屋付近のひん岩分布】

- 敷地北西部の緊急時対策建屋付近(X-X'断面上南東側)において、道路法面でひん岩の分布を確認しており、地質水平断面図(O.P.約40m)及び地質鉛直断面図に反映している。



1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

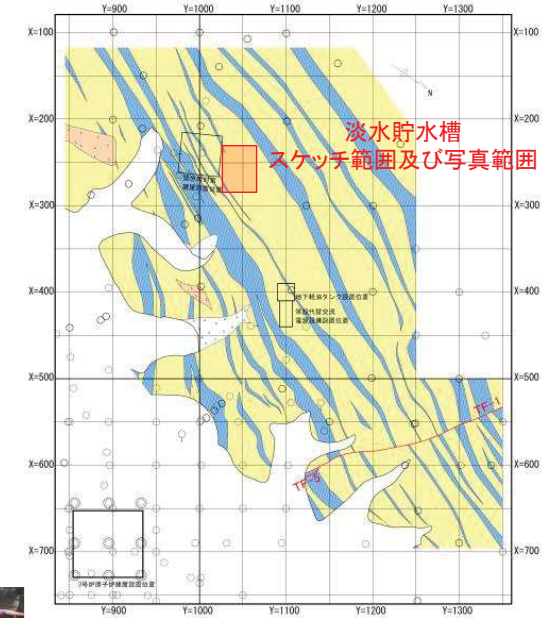
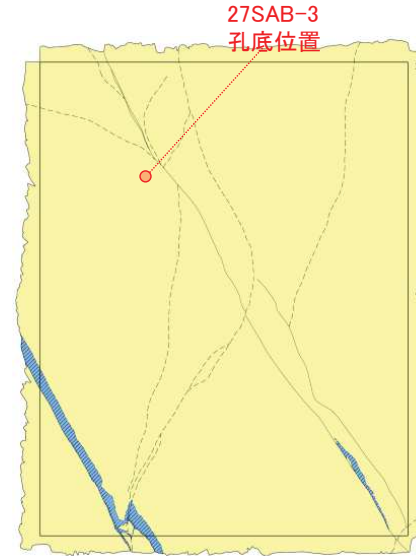
1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【淡水貯水槽設置位置の地質・地質構造①】

【淡水貯水槽底盤の地質、地質構造】

- 牧の浜砂岩部層が分布し、全体として、頁岩は少なく、層理面の発達した砂岩が卓越する。
- 地層は、NNE-SSW走向で南東～南南東に40～70°程度傾斜している。

【淡水貯水槽底盤の断層の分布】

- 淡水貯水槽底盤には、比較的破碎幅があり、連続性のある断層は分布していないことを確認している。
- なお、小断層が数本認められるが、連続性に乏しく、変位量が小さいこと(概ね10cm程度)を確認している。
- 一方、褶曲構造が形成される過程で生じたフレキシユラル・スリップと考えられる、層理面と平行なシームが一部に認められる。



1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【淡水貯水槽設置位置の地質・地質構造②】

▶ 淡水貯水槽設置位置の掘削底盤の観察結果は以下のとおり。

(地質, 地質構造)

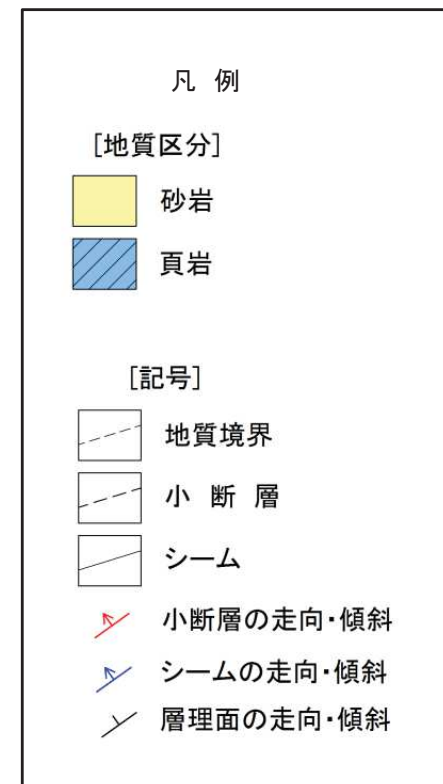
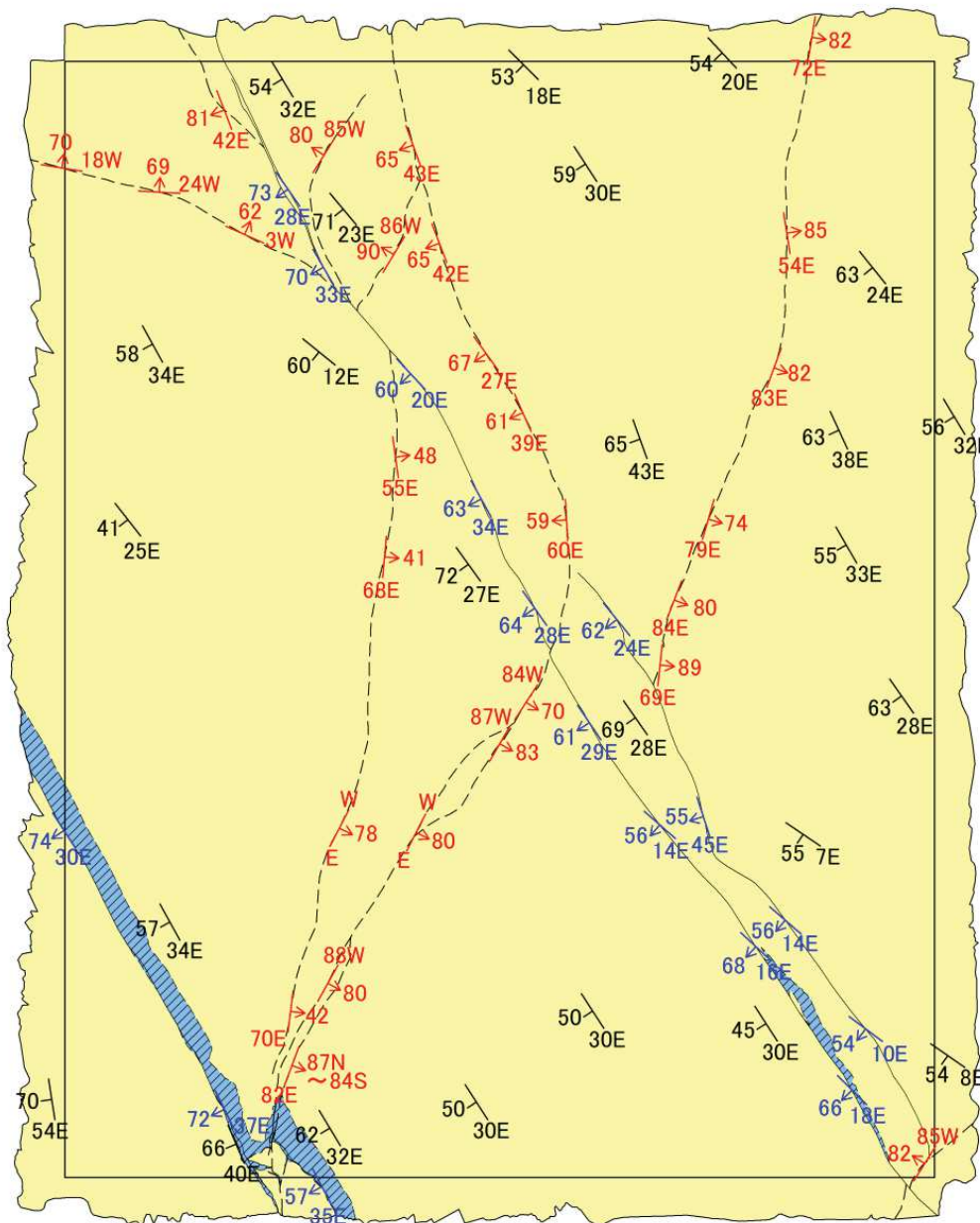
✓ 牧の浜砂岩部層が分布し, 全体として, 頁岩は少なく, 層理面の発達した砂岩が卓越する。

(断層の分布)

✓ 淡水貯水槽底盤には, 比較的破碎幅があり, 連続性のある断層は分布していないことを確認している。

✓ なお, 小断層が数本認められるが, 連続性に乏しく, 変位量が小さいこと(概ね数10cm程度)を確認している。

✓ 一方, 褶曲構造が形成される過程で生じたフレキシユラル・スリップと考えられる, 層理面と平行なシームが一部に認められる。

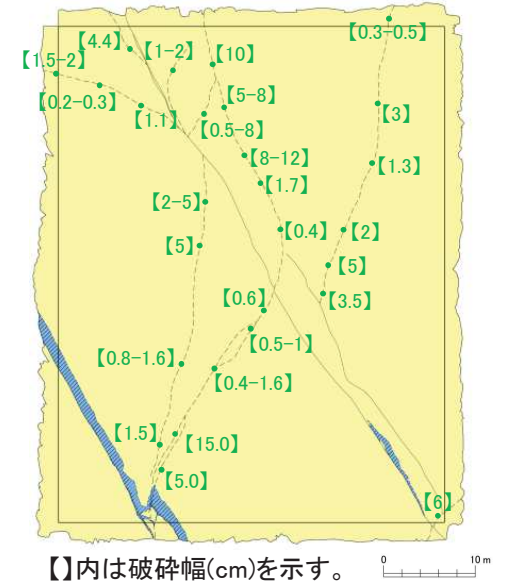
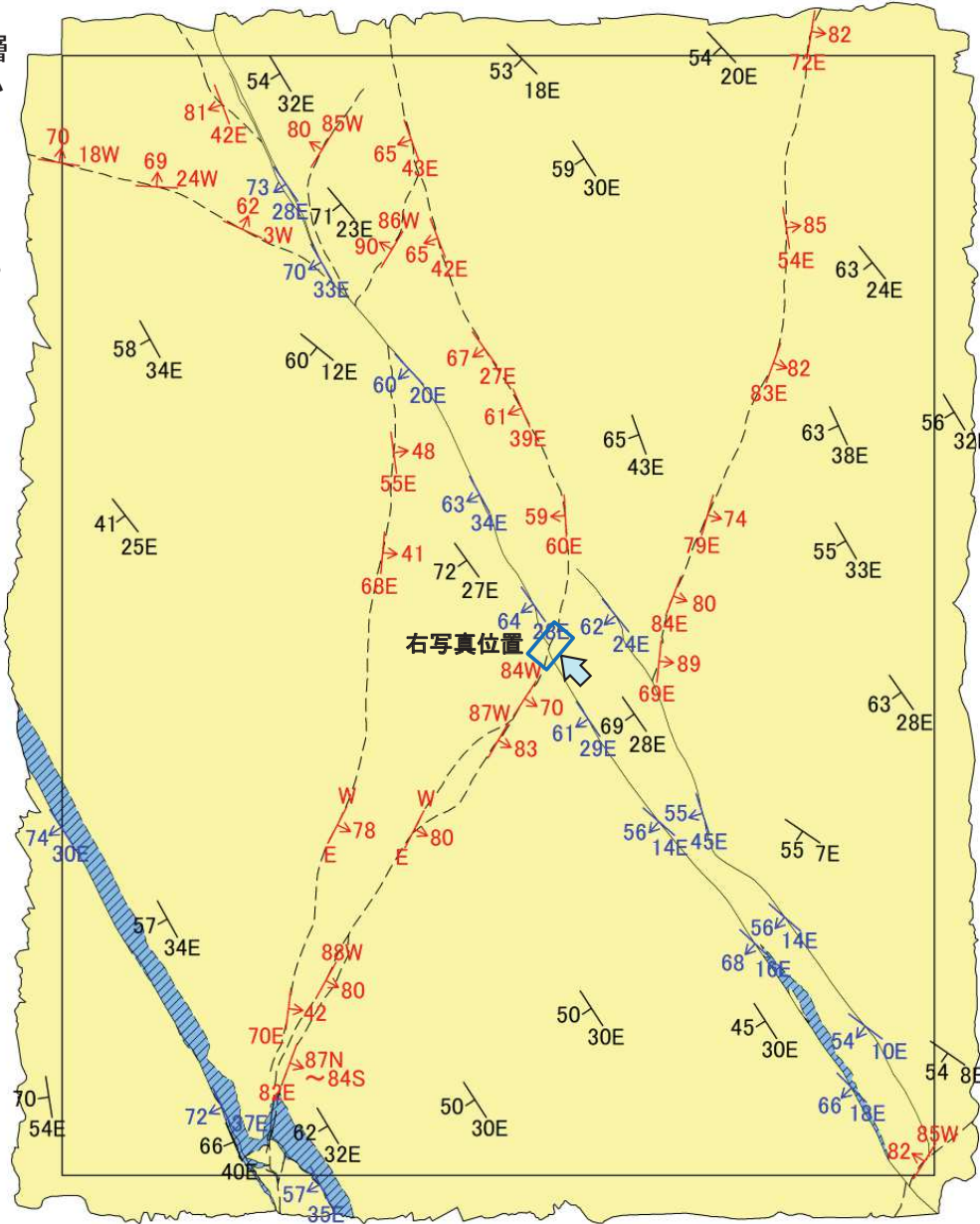


1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造【淡水貯水槽設置位置の地質・地質構造③】

(淡水貯水槽底盤に認められる小断層)

- 淡水貯水槽底盤に認められる数本の断層については、破碎幅が小さく、変位量が小さいことから、小断層としている。
- ✓ これらの断層の破碎幅は、一部で局部的に10数cmの箇所があるものの、ほとんどの箇所では1cm未満～数cmと小さい。
- ✓ これらの小断層のうち、淡水貯水槽底盤の中央付近において、NE-SW方向に縦断するように分布する一部の断層については、交差するシームのずれから変位量が10～20cm程度と規模が小さく(右写真)、地質図、地質断面図にて表現が可能な規模ではないことを確認している。
- ✓ なお、原子炉建屋付近の断層については、地質データが試掘坑及びボーリング孔に限られるため、工学的な観点から2箇所以上で連続することが確認された断層を抽出している。
- 一方、これらの断層の長さについては、必ずしも短いことが確認されていないものがあることから、次頁以降にて断層のタイプ(系統)、シームとの関係、地質構造発達史及び熱史における位置付け等を整理し、断層形成のメカニズム及び時期について考察する。



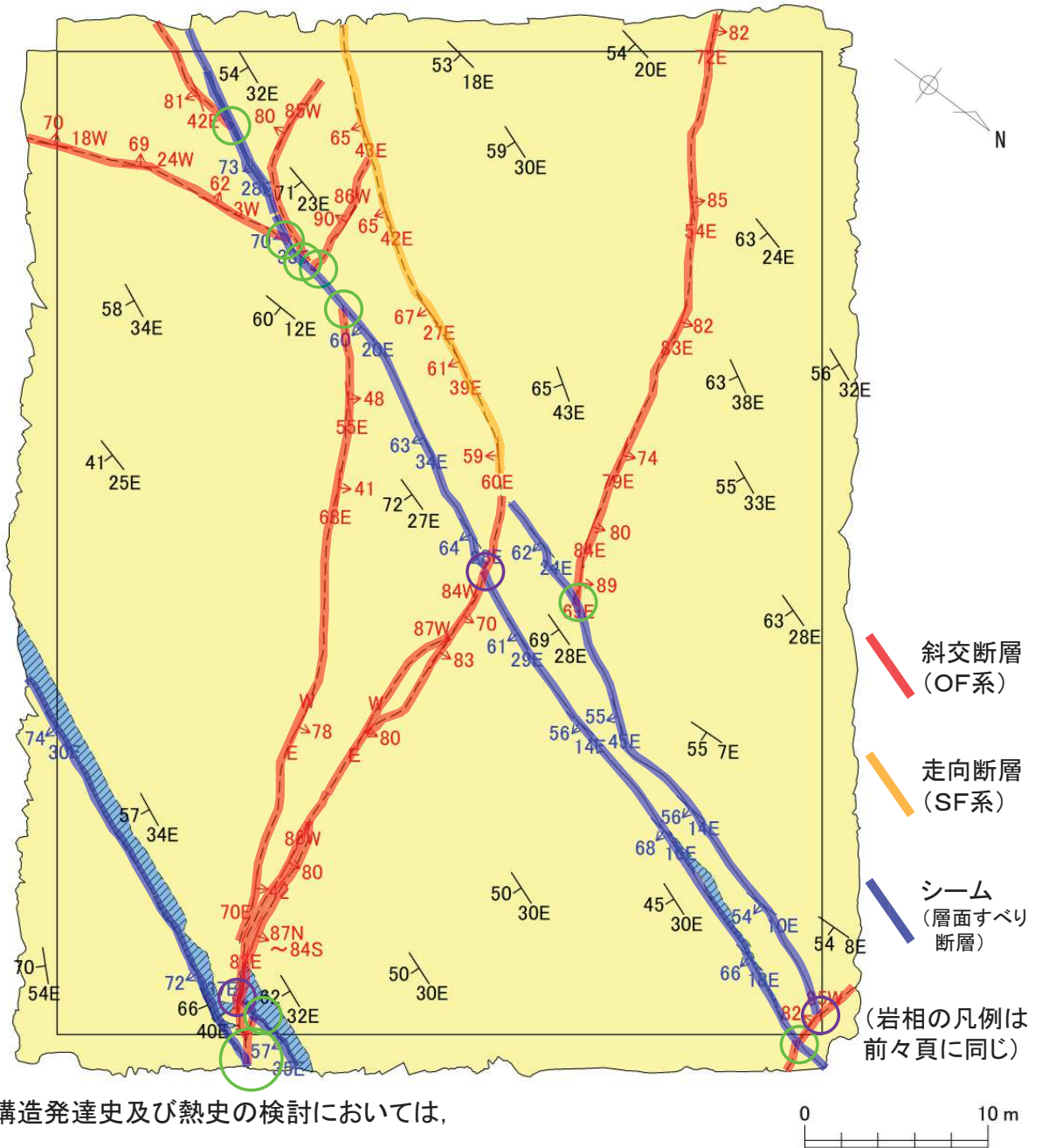
(凡例は前頁と同じ)

東北電力
より、そう、ちから。

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【淡水貯水槽設置位置の地質・地質構造④】

- ▶ 淡水貯水槽底盤に認められる小断層は、原子炉建屋付近に分布する断層と同様に、地層あるいはシームの走向に対する方向性からタイプ別に分類され、一部を除いて斜交断層(OF系)である。
- ✓ これらの小断層のうち、淡水貯水槽底盤の中央付近において、NE-SW方向に縦断するように分布する一部の断層については、
 - 北東半部の断層は明らかに斜交断層(OF系)。
 - 南西半部の断層は周囲の地層の走向・傾斜と非常に近い傾向を示しており、フレキシユラルスリップに伴う層面すべり断層(シーム)に近い性格を有する走向断層(SF系)と考えられる。
- ⇒ 斜交断層(OF系)から、フレキシユラルスリップに伴う層面すべり断層(シーム)に近い走向断層(SF系)に連続的に移行(移化)していると考えられることから、ほぼ同時に一連で形成されたと考えられる。
- ▶ これらのOF系の小断層及びシームは、全体として見れば、互いに切り切られの関係にある。
- ✓ ほとんどの小断層はシームで切られている状況を確認している。(図の○の箇所)
- ✓ 一部では小断層がシームを切っている状況を確認している。なお、シームを切る小断層も、他の箇所ではシームに切られている。(図の○の箇所、前頁右下写真参照)
- ⇒ OF系の小断層とシームは、大局的にはほぼ同じ時期に形成されたと考えられる。
- ▶ 一方、シームは、褶曲構造が形成される過程で生じたフレキシユラル・スリップに伴う層面すべり断層と考えられる。
- ⇒ OF系の小断層、フレキシユラルスリップに伴う層面すべり断層(シーム)に近いSF系の小断層及びシームは、大局的には、褶曲構造が形成される過程でほぼ同じ時期に形成されたものと考えられる。
- ▶ 以上、OF系等の小断層及びシームの形成は、p44で後述する地質構造発達史及び熱史の検討においては、ステージ1の褶曲構造形成に伴う古いイベントとして位置づけられる。



1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.1 敷地の地形及び地質・地質構造 【小断層の地質構造発達史的な観点からの位置づけ(参考)】

- 敷地内の中生界に分布する断層には、変位量、破碎幅がmmオーダー～cmオーダー、連続性が数m～数10mオーダーの小規模な断層から、変位量、破碎幅がmオーダー、連続性がkmオーダーの規模の大きな断層まで、様々なスケールの断層が認められる。
- ✓ これらの断層は、地質構造発達史の観点から、前期白亜紀の褶曲構造形成に伴って、概ねNW-SE方向に圧縮軸をもつ応力場で形成されたと考えられている。
- こうした断層の規模及び連続性の違いは、以下の断層形成プロセスに基づいて生じているものと考えられる。
 - ✓ 初期段階において、まず小規模な断層が無数に形成されたと考えられる。
 - ✓ これらの小規模な断層のうち幾つかの断層は、断層変位が進展し延長方向にも延伸することにより成長し、規模及び連続性の大きい断層が出現したと考えられる。
 - ✓ こうした規模及び連続性の大きい断層が出現することによって、周囲の小規模な断層は成長することなく活動を停止していたものと考えられる。
- このような断層形成プロセスの考え方は、例えばD.Lockner(1993)のAE (Acoustic Emission)を用いた断層形成プロセスの観察実験例からも支持される。
 - ✓ AE(Acoustic Emission)を用いることにより、マイクロクラックの空間分布を検出し、断層形成メカニズムを考察する研究。
 - ✓ 断層核形成前(pre-nucleation)の段階では、マイクロクラックの発生に対応していると考えられるAEイベントは広く分散している。
 - ✓ マイクロクラックの中から断層核が形成されると、選択的に成長する断層面上のみでAEイベントが見られ、周辺部ではAEイベントが見られなくなる。
- 敷地内の断層においても、規模及び連続性に関して、少なくともスケールの上でオーダー的に大きい断層が存在する場合、周辺の規模の小さい断層は、これらの規模の大きい断層の成長に伴って、成長することなく活動を停止した断層(後述する地質構造発達史及び熱史の検討におけるステージ1で形成された大半の断層)と考えられる。

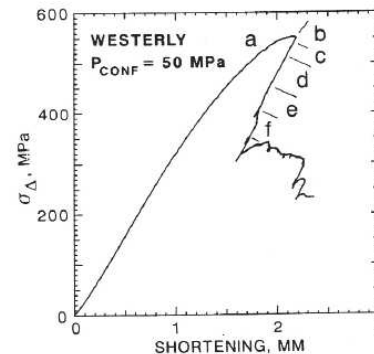
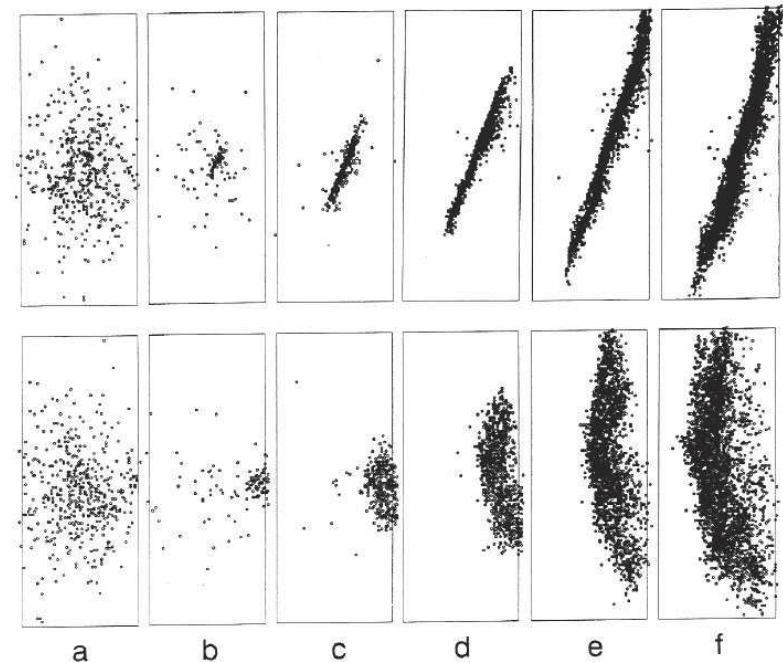


Figure 7. Time sequence of AE events showing the complete fault formation process in a 76.2-mm-diameter sample. a) Pre-nucleation activity, b) fault nucleation, c) to f) fault propagation.

図7. 直径76.2mmの試料における全断層形成プロセスを示すAEイベントの時系列。a)断層核形成前の活動、b)断層核、c)～f)断層伝播。

AE(Acoustic Emission)を用いた断層形成プロセスの観察実験例
(D. Lockner (1993): The Role of Acoustic Emission in the Study of Rock Fracture.)

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

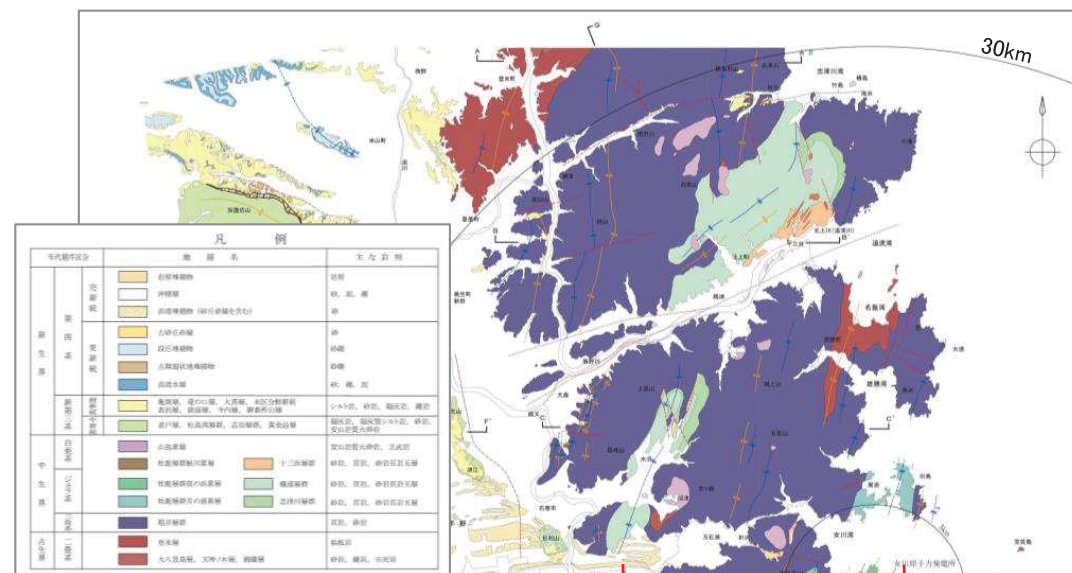
1.2 敷地の地質構造発達史(1) 【北上山地南部中古生界の地質構造発達史】

【敷地の地質構造発達史】

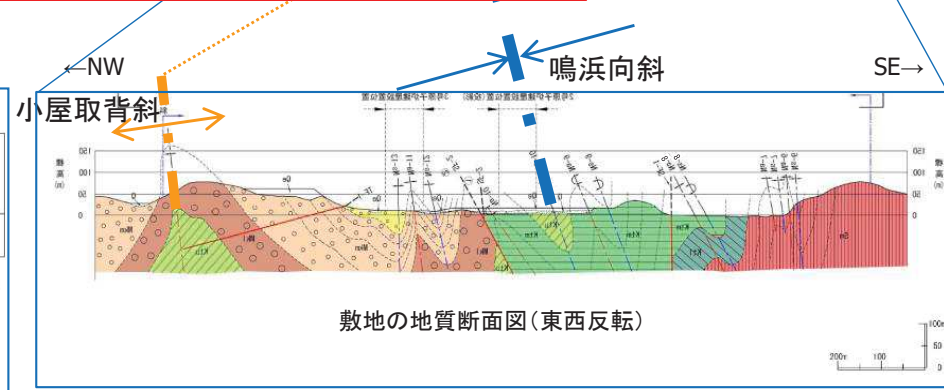
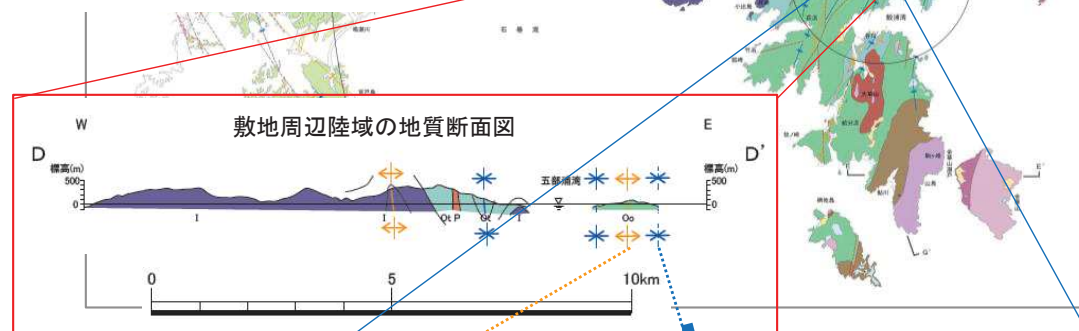
- 敷地を含む北上山地南端部に分布する中・古生界中の断層は、滝沢ほか(1984)によれば、「褶曲構造にほぼ平行あるいは少し斜交する断層」と「大きく斜交する断層」とに大別され、褶曲構造の形成と関連付けられるとされており、前期白亜紀中に形成された古い断層と考えられる。
- また、小貫ほか(1981)によれば、敷地周辺を含む北上山地の中・古生界のうち、下部白亜系山鳥累層と同年代の大島層群等の地層と、その上位の地層群の地質構造の差に着目し、大島層群等の地層が、その上位の地層群に比較して著しく褶曲していることから、この褶曲をもたらした“大規模な地殻変動”^{*}が存在し、断層運動と花崗岩類の貫入をも含むものとされている。
- 一方、石井(1985)等によれば、スレートへき開の発達する方向が褶曲軸の方向より時計回りに20°前後斜交することから、この“大規模な地殻変動”の後期には、主圧縮軸が時計回りに20°前後回転したイベントがあったと考えられる。

^{*} 小貫ほか(1981)では、この大規模な構造運動を「大島造山運動」と称していた。

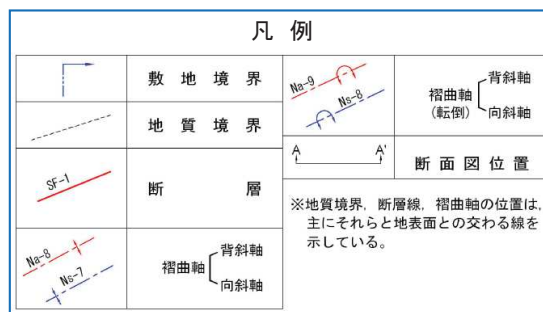
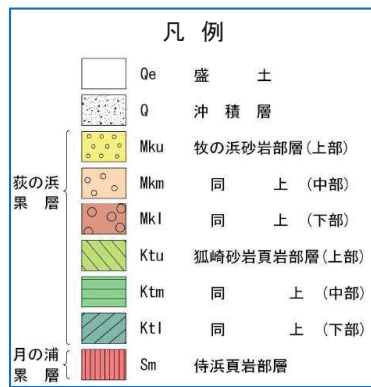
- ⇒ この“大規模な地殻変動”に伴う褶曲構造及び断層形成は、前期白亜紀中には終了していたものと考えられ、その後は、中・古生界が分布する北上山地は褶曲構造を生じさせるような大きな変動はなく、安定的な地塊とされてきた。
- ⇒ 敷地の断層も、敷地周辺の中・古生界に認められる断層と同様、前期白亜紀中に終了した“大規模な地殻変動”により形成された断層と考えられる。



敷地周辺陸域の地質平面図



敷地の地質断面図(東西反転)



1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(2) 【地質構造発達史の全体像】

- 敷地を含む南部北上のジュラ系においては、前期白亜紀の“大規模な地殻変動”により、火成活動を伴いながら、褶曲構造とともに断層が形成されたと考えられている。
- 宮古層群以降の地層が褶曲変形を受けていないことから、それ以降は比較的“静穏期”にあったと考えられている。

(大槻(2009), 大槻ほか(2011), 永広・越谷(2012), 蟹澤ほか編(2006)を参考に作成)

| | | 南部北上 | | 北部北上 | イベント | 備考 |
|-----|------|---------------|---|--------------------|---|----------------------------------|
| | | 敷地 | | | | |
| 新生代 | 第四紀 | 沖積層 | | | | |
| | 新第三紀 | | | | 日本海の拡大と反時計回りの回転 | 南部北上ブロック内では顕著な地殻変動はみられない |
| | 古第三紀 | | | 野田層群 火山岩類 | “静穏期” ・ジュラ紀付加体の大陸地殻化の終了 ・堆積盆の東方(太平洋沖)への移動 | |
| 中生代 | 白亜紀 | 後期 | | 久慈層群 | | “大規模な地殻変動” : 褶曲構造, 断層活動, 火成活動 |
| | | 前期 | ひん岩 | 花崗岩類 火山岩・火山碎屑岩類 | | |
| 中生代 | ジュラ紀 | 牡鹿層群 荻の浜累層 | 敷地 3列(東列・中列・西列)の堆積盆の形成・発達 : 浅海成~陸成堆積物 | 付加体の形成 | 海溝軸の前面側(南方)へのジャンプと火山フロントの前進 | |
| | 三畳紀 | 北上しつつ, 堆積盆を形成 | ゴンドワナ大陸からの分離・北上 : 遠洋性堆積物・石灰岩 | 遠洋性堆積物 | 南部北上がジュラ紀付加体へ衝突 | |
| 古生代 | | | “大陸基盤”の形成 | 海洋地殻の形成 | | |

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(3) 【古生代後期～中生代三畳紀～ジュラ紀の南部北上の移動】

① ゴンドワナ大陸からの分離・北上

- ✓ 南部北上山地の中古生界の中核部となる南部北上古陸は、ゴンドワナ大陸から分離し、古生代二畳紀(ペルム紀)から中生代三畳紀, ジュラ紀にかけて北上していた。
- ✓ 南部北上古陸は、古生代二畳紀(ペルム紀)には、赤道付近に位置していたものと考えられている。
- ✓ これらの時期には、遠洋性堆積物や石灰岩が堆積したと考えられている。

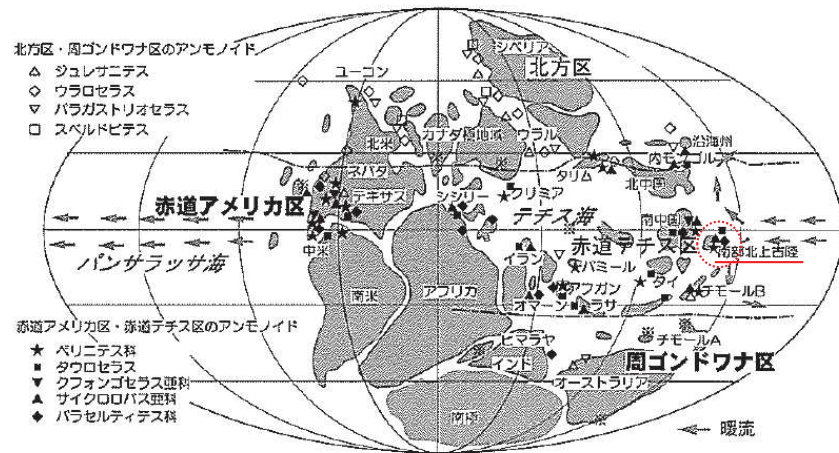


図 3.2.1 前期～中期ペルム紀のアンモノイド古生物地理と大陸配置。大陸配置は前期ペルム紀後期の位置。沿海州・内モンゴルの北方区のアンモノイドはペルム紀前期、赤道テチス区のそれは中期のもので、小大陸の南下による古地理の変化を反映している。

(蟹澤ほか編(2006)に加筆)

| | 南部北上 | | 北部北上 | イベント | 備考 |
|-----|------|--|---------------------------------------|---|--------------------------|
| | 敷地 | | | | |
| 新生代 | 第四紀 | 沖積層 | | | |
| | 新第三紀 | | | 日本海の拡大と反時計回りの回転 | 南部北上ブロック内では顕著な地殻変動はみられない |
| | 古第三紀 | | 野田層群 火山岩類 | “静穏期” ・ジュラ紀付加体の大陸地殻化の終了 ・堆積盆の東方(太平洋沖)への移動 | |
| 白亜紀 | 後期 | 久慈層群 | | | |
| 中生代 | 前期 | ひん岩 | 花崗岩類 火山岩・火山砕屑岩類 | “大規模な地殻変動” : 褶曲構造, 断層活動, 火成活動 | 圧縮軸の回転 大規模なずれれ断層群の活動 |
| | ジュラ紀 | 牡鹿層群 秋の浜層群 | 付加体の形成 | 高緯軸の前面側(南方)へのジャンプと火山フロントの前進 | 南部北上がジュラ紀付加体へ衝突 |
| | 三畳紀 | 北上しつつ、堆積盆を形成 | 3列(東列・中列・西列)の堆積盆の形成・発達 : 浅海成～陸成堆積物 | 遠洋性堆積物 | |
| 古生代 | | ① ゴンドワナ大陸からの分離・北上 : 遠洋性堆積物・石灰岩 “大陸基盤”の形成 | 海洋地殻の形成 | | |

(大槻(2009), 大槻ほか(2011), 永広・越谷(2012), 蟹澤ほか編(2006)を参考に作成)

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(4) 【中生代三畳紀～ジュラ紀の堆積盆形成・発達】

②3列(東列・中列・西列)の堆積盆の形成・発達

- ✓ 北上を続ける南部北上古陸付近では、主として中生代三畳紀よりジュラ紀にかけて、東列、中列、西列の3列の堆積盆が形成、発達した。
- ✓ 敷地は、中列の堆積盆に対応し、ジュラ紀に牡鹿層群(左下図のJ2～J3)の砂岩、泥岩等が堆積している。

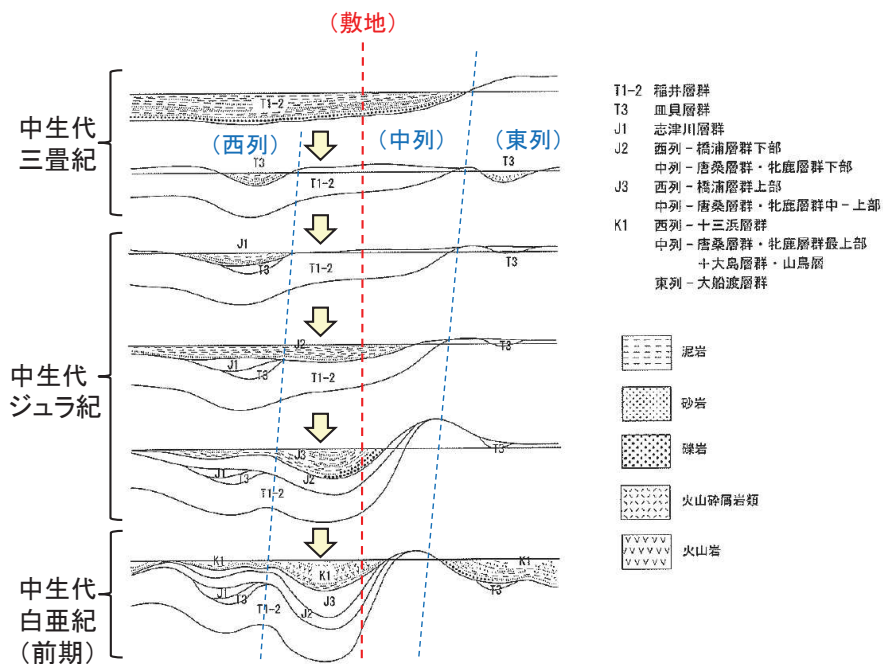
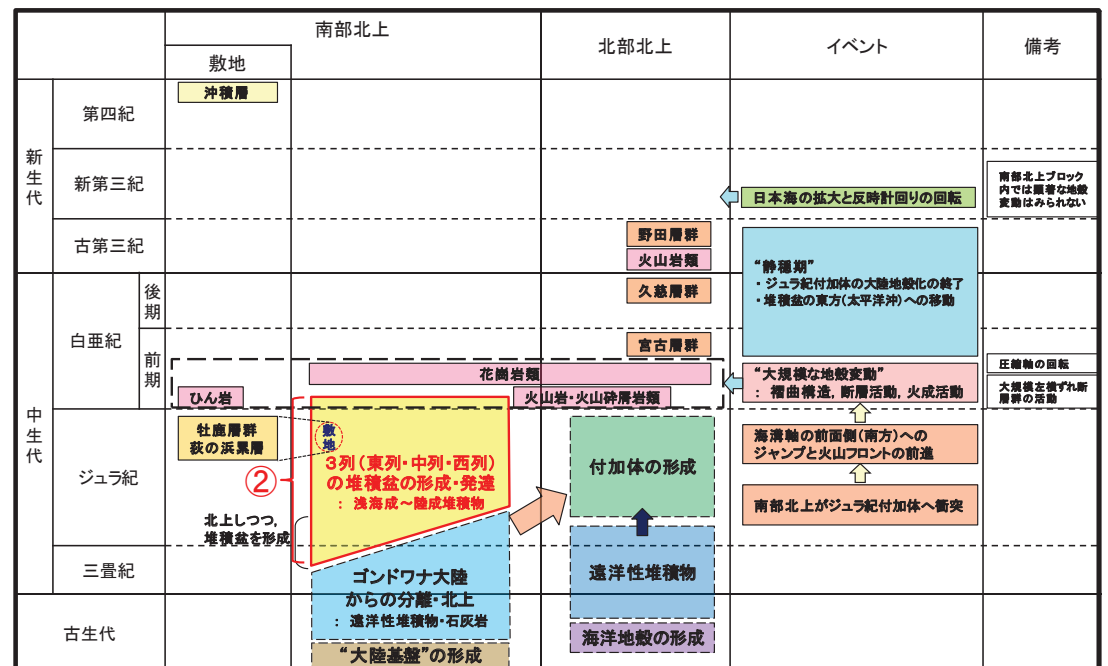


図 3.3.6 南部北上帯中生界堆積盆の変遷 (山下, 1967 を永広 1995 加筆修正)

(蟹澤ほか編(2006)に加筆)



(大槻(2009), 大槻ほか(2011), 永広・越谷(2012), 蟹澤ほか編(2006)を参考に作成)

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(5) 【中生代ジュラ紀の南部北上の北部北上への衝突】

③南部北上がジュラ紀付加体へ衝突

- ✓ 現在の沿海州付近の古い大陸地殻の前面海域に、イザナギプレート沈み込みに伴うジュラ紀付加体が形成されており、北部北上帯はこのジュラ紀付加体の一部として形成された。
- ✓ 北上を続けていた南部北上帯(中核となる南部北上古陸+中生代三畳紀~ジュラ紀に堆積した堆積盆)は、プレート境界付近に到達し、北部北上帯のジュラ紀付加体に衝突した。

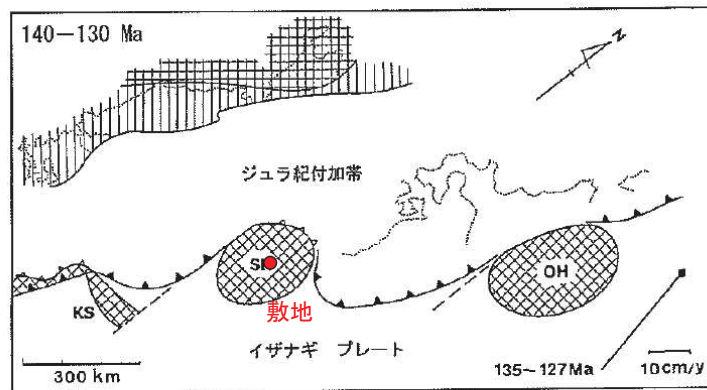


図3.2.2 140 - 130 Maのテクトニクス概念図。右下の矢印は沈み込みプレートの日本に対する相対運動ベクトルを表す。

- | | | | |
|-----|---------------|-------|-------------|
| | 先カンブリア紀の大陸地殻域 | ~~~~~ | 高温低圧型変成帯 |
| | 先ジュラ紀の海溝付加帯 | ~~~~~ | 低温高圧型変成帯 |
| | 南部北上帯の大陸地殻片 | ~~~~~ | 積ずれ断層 |
| KS | 黒瀬川構造帯の大陸地殻片 | ~~~~~ | 衝上断層 |
| OH | オホーツク海の大陸地殻片 | ~~~~~ | 海溝 |
| ▲▲▲ | 中~酸性の火山岩類 | ~~~~~ | トランスフォーム断層 |
| ▲▲▲ | 珪長質火砕岩類 | ~~~~~ | 海洋底殻大陸 |
| ▲▲▲ | 花崗岩類 | ~~~~~ | 火山(マグマ)フロント |

(蟹澤ほか編(2006)に加筆)

| | 南部北上 | | 北部北上 | イベント | 備考 |
|-----|--------------|--|---------------------------|---|--------------------------|
| | 敷地 | | | | |
| 新生代 | 第四紀 | 沖積層 | | | |
| | 新第三紀 | | | 日本海の拡大と反時計回りの回転 | 南部北上ブロック内では顕著な地殻変動はみられない |
| | 古第三紀 | | 野田層群 火山岩類 久慈層群 | "静穏期" ・ジュラ紀付加体の大陸地殻化の終了 ・堆積盆の東方(太平洋沖)への移動 | |
| 中生代 | 白亜紀 | 後期 | 富古層群 | "大規模な地殻変動" : 褶曲構造, 断層活動, 火成活動 | 圧縮軸の回転 大規模なずれず断層群の活動 |
| | | 前期 | ひん岩 花崗岩類 火山岩・火山砕屑岩類 | | |
| | ジュラ紀 | 付加体の形成 | 付加体の形成 | 高湾軸の前面側(南方)へのジャンプと火山フロントの前進 南部北上がジュラ紀付加体へ衝突 | ③ |
| 三畳紀 | 北上しつつ、堆積盆を形成 | 3列(東列・中列・西列)の堆積盆の形成・発達 : 浅海成~陸成堆積物 | 遠洋性堆積物 | | |
| 古生代 | | ゴンドワナ大陸からの分離・北上 : 遠洋性堆積物・石灰岩 "大陸基盤"の形成 | 海洋地殻の形成 | | |

(大槻(2009), 大槻ほか(2011), 永広・越谷(2012), 蟹澤ほか編(2006)を参考に作成)

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(6) 【プレート境界海溝軸のジャンプ】

④プレート境界海溝軸の南方へのジャンプ

- ✓ 南部北上帯が北部北上帯ジュラ紀付加体に衝突後、イザナギプレート沈み込みのプレート境界海溝軸が南方へジャンプした。
- ✓ プレート境界海溝軸のジャンプに伴い、更新されたイザナギプレートの沈み込みにより火山フロントが前進し、南部北上帯から北部北上帯にかけての地域には、玄武岩から流紋岩にわたる多様な火山岩類が噴出した。
- ✓ 花崗岩類の貫入もほぼ同時代に起きたと考えられている。
- ✓ この時期に、棚倉破碎帯、双葉断層等の大規模な左横ずれ断層によるブロック化が始まったと考えられている。

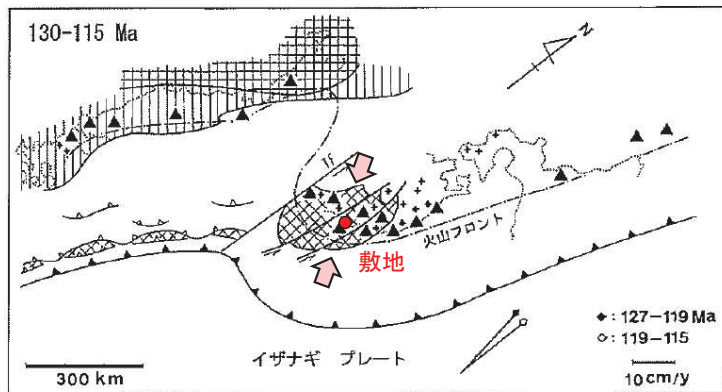


図 3.2.3 130 - 115 Ma のテクトニクス概念図。右下の矢印は沈み込みプレートの日本に対する相対運動ベクトルを表す。黒い矢印：127 - 119 Ma，白い矢印：119 - 115 Ma。

- | | | | |
|-----|---------------|-----|-------------|
| | 先カンブリア紀の大陸地殻域 | ▲▲▲ | 高温低圧型変成帯 |
| | 先ジュラ紀の海溝付加帯 | ▲▲▲ | 低温高圧型変成帯 |
| | 南部北上帯の大陸地殻片 | ▲▲▲ | 横ずれ断層 |
| | 黒瀬川構造帯の大陸地殻片 | ▲▲▲ | 衝上断層 |
| | オホーツク海の大陸地殻片 | ▲▲▲ | 海溝 |
| ▲▲▲ | 中～酸性の火山岩類 | ▲▲▲ | トランスフォーム断層 |
| ▲▲▲ | 斑長質火砕岩類 | ▲▲▲ | 海洋底殻大粒 |
| ▲▲▲ | 花崗岩類 | ▲▲▲ | 火山(マグマ)フロント |

(蟹澤ほか編(2006)に加筆)

| | 南部北上 | | 北部北上 | イベント | 備考 |
|-----|--------------|---------------------------------|---|---|-----------------------------|
| | 敷地 | | | | |
| 新生代 | 第四紀 | 沖積層 | | | |
| | 新第三紀 | | | 日本海の拡大と反時計回りの回転 | 南部北上ブロック内では顕著な地殻変動はみられない |
| | 古第三紀 | | 野田層群 火山岩類 久慈層群 | “静穏期” ・ジュラ紀付加体の大陸地殻化の終了 ・堆積盆の東方(太平洋沖)への移動 | |
| 中生代 | 白亜紀 | 後期 | 宮古層群 | “大規模な地殻変動” : 褶曲構造, 断層活動, 火成活動 | 圧縮軸の回転 大陸塊を横ずれ断層群の活動 |
| | 前期 | ひん岩 | 花崗岩類 | | |
| | ジュラ紀 | 杜鹿層群 後の浜栗層 | 敷地 3列(東列・中列・西列)の堆積盆の形成・発達 : 浅海成～陸成堆積物 | 付加体の形成 | 海溝軸の前面側(南方)へのジャンプと火山フロントの前進 |
| 三畳紀 | 北上しつつ、堆積盆を形成 | | 遠洋性堆積物 | | |
| 古生代 | | ゴンドワナ大陸からの分離・北上 : 遠洋性堆積物・石灰岩 | 海洋地殻の形成 | | |
| | | “大陸基盤”の形成 | | | |

(大槻(2009), 大槻ほか(2011), 永広・越谷(2012), 蟹澤ほか編(2006)を参考に作成)

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(7) 【前期白亜紀の大規模な地殻変動】

⑤“大規模な地殻変動”

- ✓ NW-SE方向の圧縮応力に伴い、褶曲構造が形成された。
- ✓ 褶曲構造の形成に関連した断層が形成された。
- ✓ これらの地殻変動は、前頁の火成活動と関連を持ったものであると考えられている。

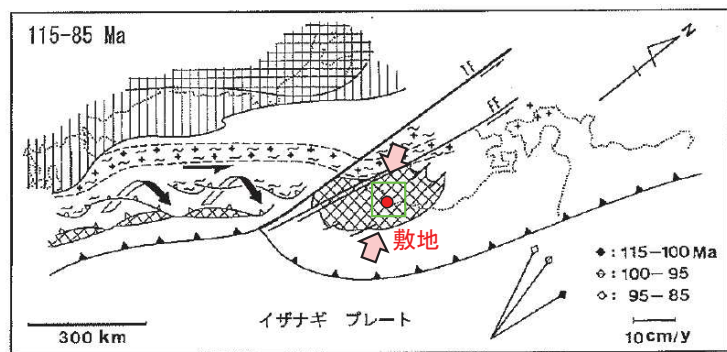


図 3.2.4 115 - 85 Ma のテクトニクス概念図。右下の矢印は沈み込みプレートの日本に対する相対運動ベクトルを表す。黒い矢印:115 - 100 Ma、線の入った白い矢印:100 - 95 Ma、白い矢印:95 - 85 Ma。

- | | | | |
|------|---------------|-------|-------------|
| | 先カンブリア紀の大陸地殻域 | ▲▲▲ | 高温低圧型変成帯 |
| | 先ジュラ紀の海溝付加帯 | ~~~~~ | 低温高圧型変成帯 |
| XXXX | 南部北上帯の大陸地殻片 | //// | 積ずれ断層 |
| XXXX | 黒瀬川構造帯の大陸地殻片 | —— | 衝上断層 |
| XXXX | オホーツク海の大陸地殻片 | —— | 海溝 |
| ▲▲▲ | 中～酸性の火山岩類 | —— | トランスフォーム断層 |
| XXXX | 斑長質火砕岩類 | —— | 海溝底粒大粒 |
| XXXX | 花崗岩類 | —— | 火山(マグマ)フロント |

(蟹澤ほか編(2006)に加筆)

| | 南部北上 | | 北部北上 | イベント | 備考 | |
|-----|------|-------------------------------|--|---|--|-------------------------|
| | 敷地 | | | | | |
| 新生代 | 第四紀 | 沖積層 | | | | |
| | 新第三紀 | | | 日本海の拡大と反時計回りの回転 | 南部北上ブロック内では顕著な地殻変動はみられない | |
| | 古第三紀 | | 野田層群 火山岩類 | | | |
| 中生代 | 白亜紀 | 後期 | 久慈層群 | “静穏期” ・ジュラ紀付加体の大陸地殻化の終了 ・堆積盆の東方(太平洋沖)への移動 | | |
| | | 前期 | ひん岩 花崗岩類 火山岩・火山砕屑岩類 | | “大規模な地殻変動” : 褶曲構造, 断層活動, 火成活動 | 圧縮軸の回転 大規模な後ずれ断層群の活動 |
| | ジュラ紀 | 牡鹿層群 秋の浜層群 北上しつつ、堆積盆を形成 | 敷地 3列(東列・中列・西列)の堆積盆の形成・発達 : 浅海成～陸成堆積物 | 付加体の形成 | 海溝軸の前面側(南方)へのジャンプと火山フロントの前進 南部北上がジュラ紀付加体へ衝突 | |
| | 三畳紀 | | ゴンドワナ大陸からの分離・北上 : 遠洋性堆積物・石灰岩 “大陸基盤”の形成 | 遠洋性堆積物 | 海洋地殻の形成 | |
| 古生代 | | | | | | |

(大槻(2009), 大槻ほか(2011), 永広・越谷(2012), 蟹澤ほか編(2006)を参考に作成)

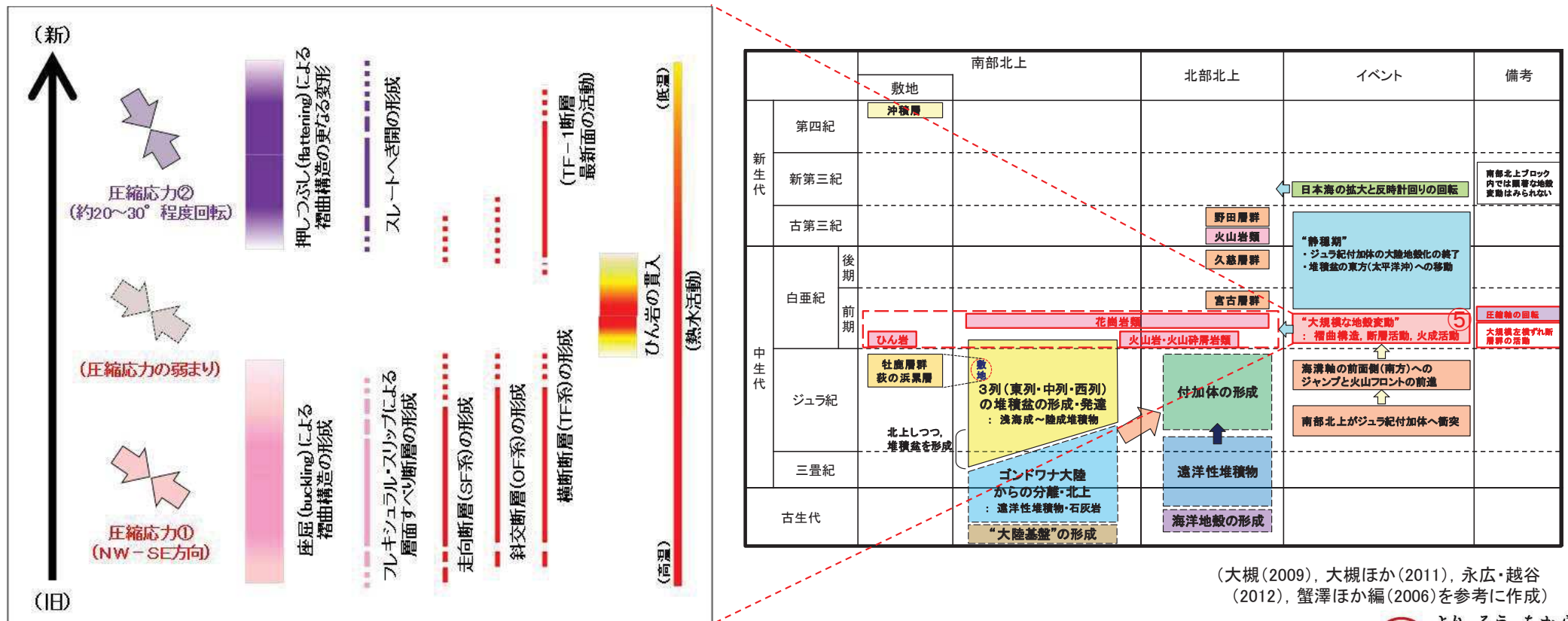
1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(8) 【前期白亜紀の地殻変動の概要】

➤ “大規模な地殻変動”の概要は、敷地周辺及び敷地の地質構造の特徴、文献情報等に基づき、以下のとおりまとめられる。

- ① 褶曲構造に直交するNW-SE方向の圧縮応力に伴い、褶曲構造が形成されたと考えられる。
 - ✓ フレキシユラル・スリップによる層面すべり断層を伴う褶曲構造が形成された。
 - ✓ 褶曲構造の形成に関連した断層が形成された。
- ② これらの地殻変動は、火成活動と関連を持ったものであると考えられている。
 - ✓ 敷地内のひん岩は、一時的に圧縮応力が弱まり、この時期に貫入した。
- ③ 約20~30° 時計回りに回転した方向の圧縮応力に伴い、褶曲構造等のさらなる変形が起こったと考えられる。
 - ✓ 敷地内では顕著なスレートへき開は見られないものの、押しつぶし作用により褶曲構造がさらに変形した。
 - ✓ TF-1断層破碎部の最新面の活動はこの時期と考えられる。
 - ✓ 熱水活動はこの時期まで継続していた。

⇒ 次頁以降にて、女川敷地周辺及び敷地内の地質構造との対応関係から、各地質構造の形成順序についてさらに詳細な考察を加える。



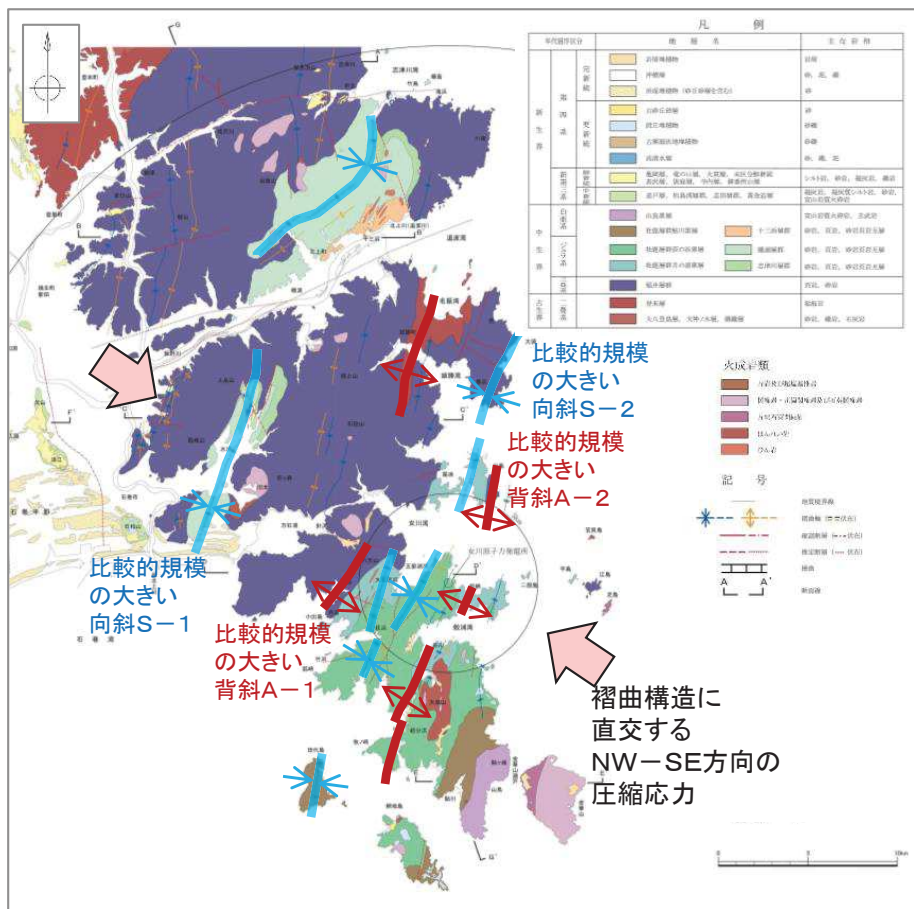
(大槻(2009), 大槻ほか(2011), 永広・越谷(2012), 蟹澤ほか編(2006)を参考に作成)

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

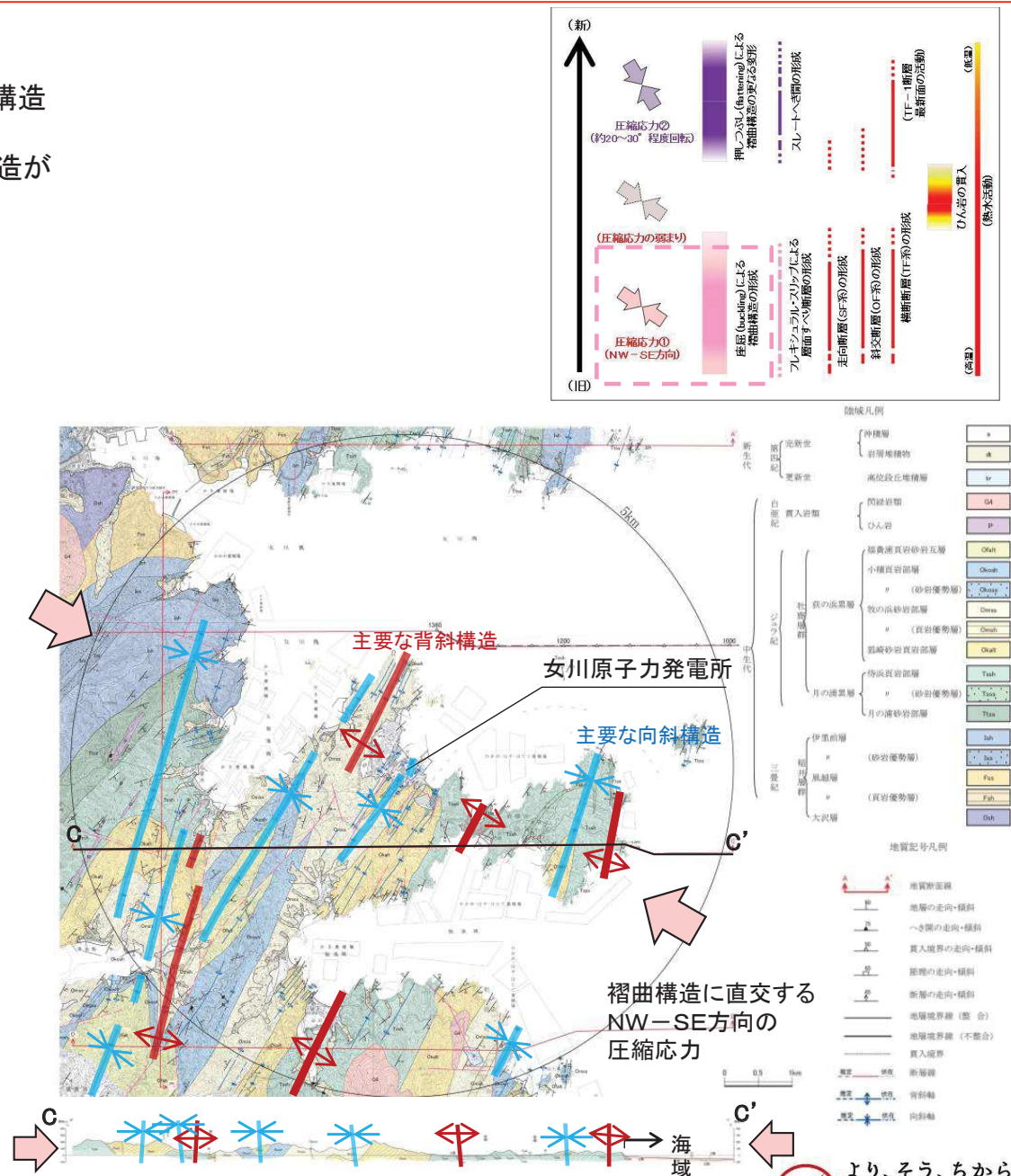
1.2 敷地の地質構造発達史(9) 【敷地周辺の地質構造と褶曲構造の形成】

【褶曲構造の形成】

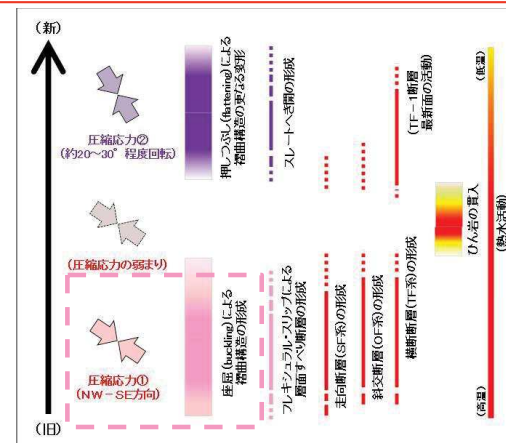
- 敷地周辺の地質構造は、大局的にはNNE-SSW方向の褶曲構造で特徴づけられる。
- ⇒ 褶曲構造に直交するNW-SE方向の圧縮応力により褶曲構造が形成されたと考えられる。



敷地周辺の地質図



敷地近傍の地質図



1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(10) 【敷地の地質構造と褶曲構造・断層の形成】

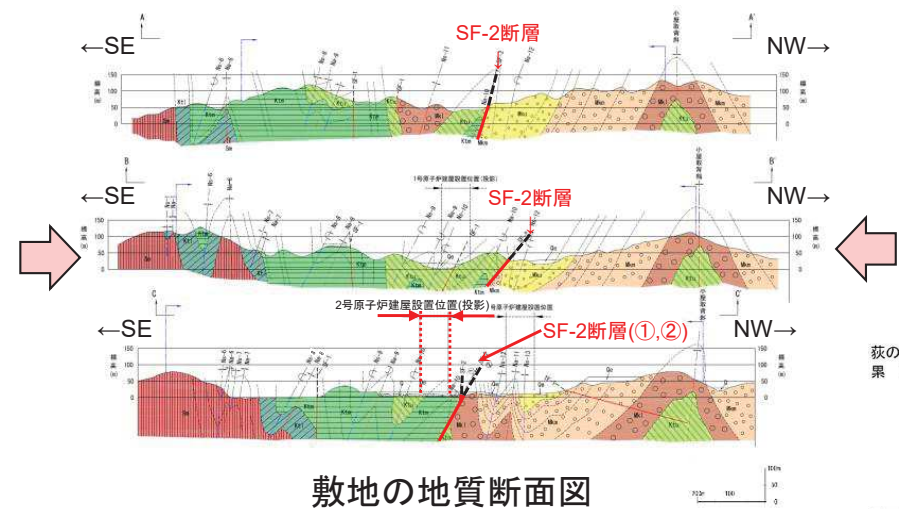
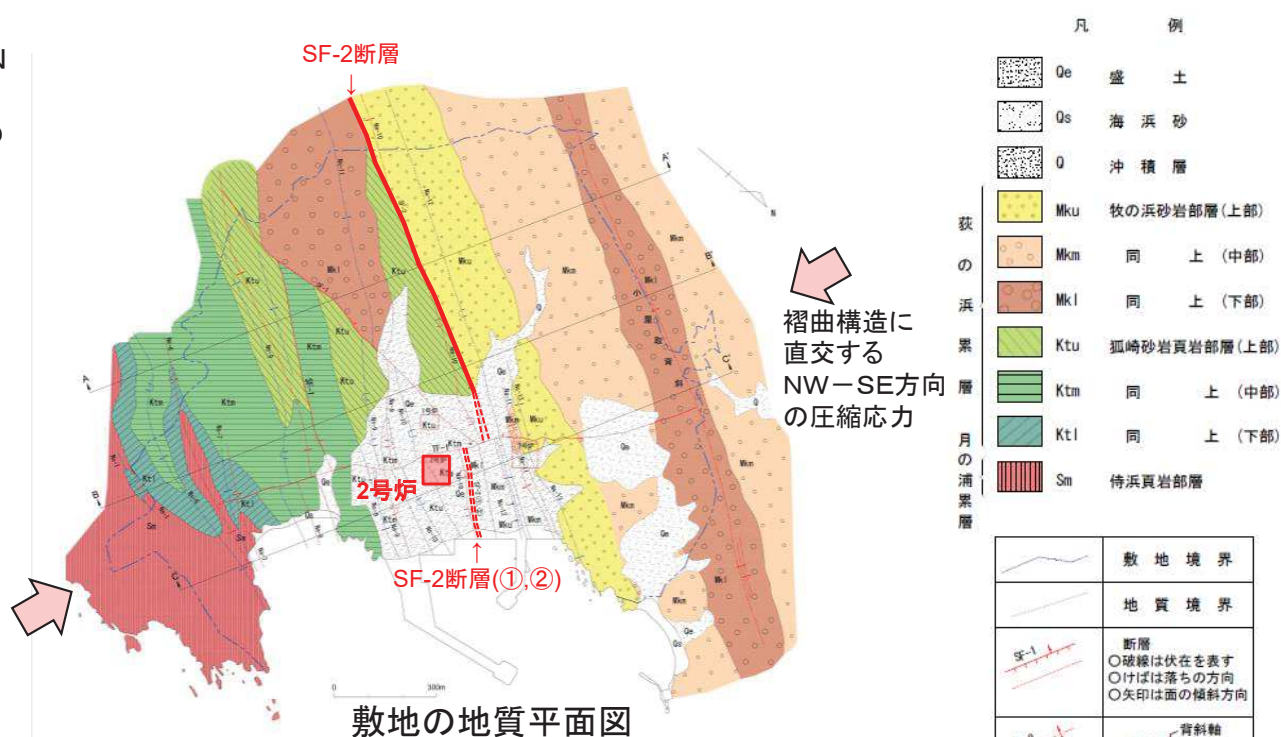
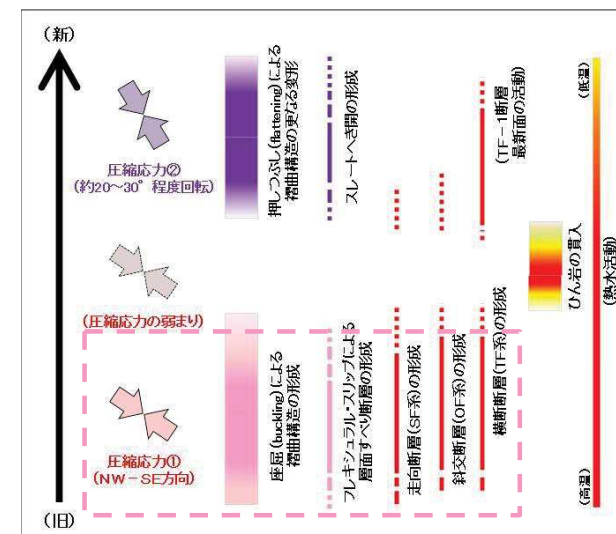
【褶曲構造の形成】

- 敷地の褶曲構造は、敷地周辺と同様、褶曲構造に直交するNW-SE方向の圧縮応力により形成されたと考えられる。
- 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、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」による層面すべり断層と考えられる。

【断層の形成】

- 敷地の断層は、敷地周辺と同様、「褶曲構造と同方向(SF系)・斜交する方向(OF系)・ほぼ直交する横断方向(TF系)の断層」とによって特徴づけられる。
- 断層は、褶曲構造を変位させている。
- 断層沿いに引きずりと考えられる変形構造が見られることから、断層は、褶曲構造の形成と同様に、延性的な条件で形成されたと考えられる。
- 特に走向断層であるSF-2断層は、褶曲構造の翼部が過褶曲にて破断したと考えられるような性状、分布を示す。

⇒ 断層は、少なくとも褶曲構造形成開始以降に、一連の褶曲構造の形成過程で形成されたと考えられる。



1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(11) 【敷地の地質構造と断層の形成】

【褶曲構造の形成】

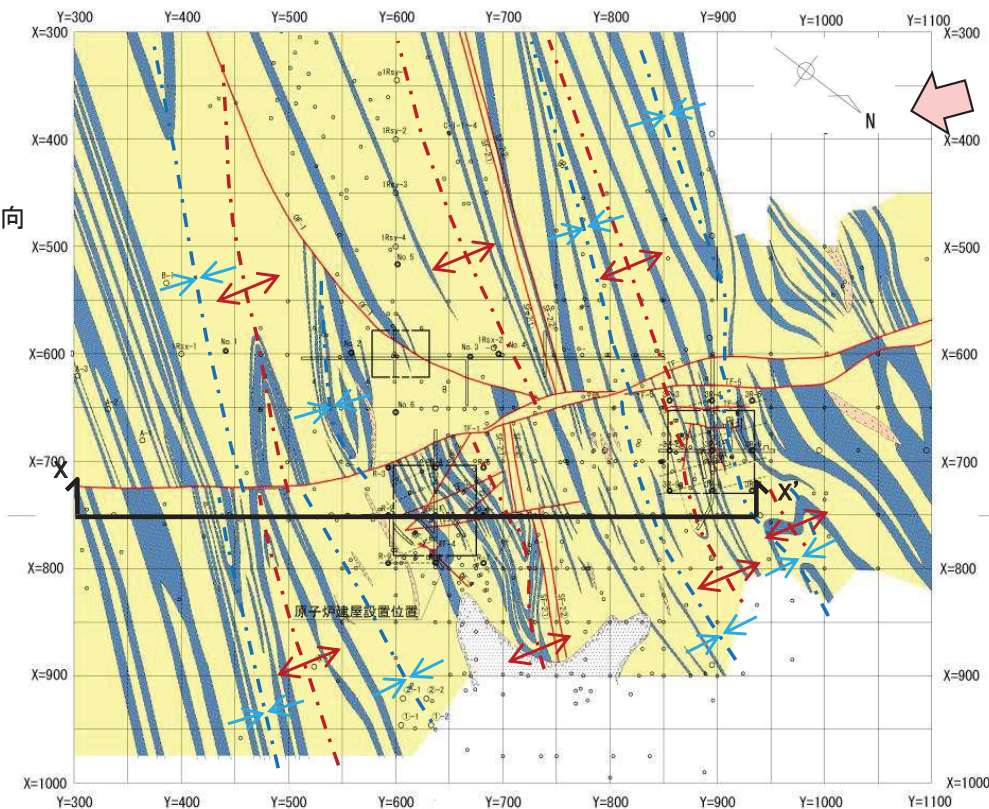
- 敷地の褶曲構造は、敷地周辺と同様、褶曲構造に直交するNW-SE方向の圧縮応力によって形成されたと考えられる。

【断層の形成】

- 敷地の断層は、敷地周辺と同様、「褶曲構造と同方向(SF系)・斜交する方向(OF系)・ほぼ直交する横断方向(TF系)の断層」とによって特徴づけられる。
- 規模の小さな断層は、互いに切り切られの関係にあるが、横断断層(TF系)は比較的他の断層を切る傾向が強く、特に敷地の中で最大規模のTF-1断層は、褶曲構造及び全ての断層を変位させている。

- ⇒ 断層は、一連の褶曲構造の形成過程で形成されたと考えられる。
- ⇒ 横断断層系は比較的遅い時期に活動したと考えられ、この中にあってTF-1断層は敷地の中で最後に活動した断層と考えられる。

褶曲構造に直交するNW-SE方向の圧縮応力

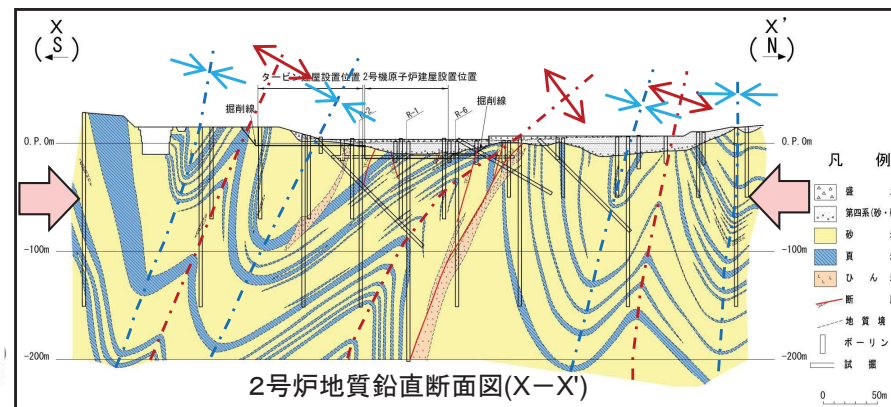


凡例

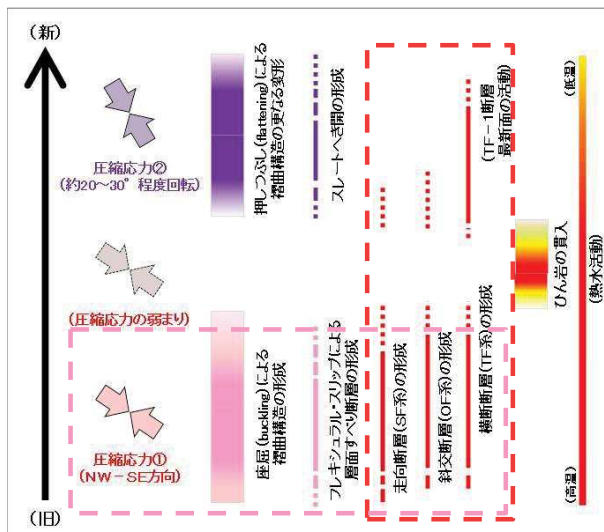
- 盛土
- 第四系(砂礫)
- 砂岩
- 頁岩
- ひん岩
- 地質境界
- 断層
- 炉心ボーリング位置
- ボーリング位置
- 水平ボーリング
- 試掘坑

* 矢印は斜めボーリングの掘削方向を示す

敷地全体の地質水平断面図(O.P.約-14 m)



2号炉地質鉛直断面図(X-X')



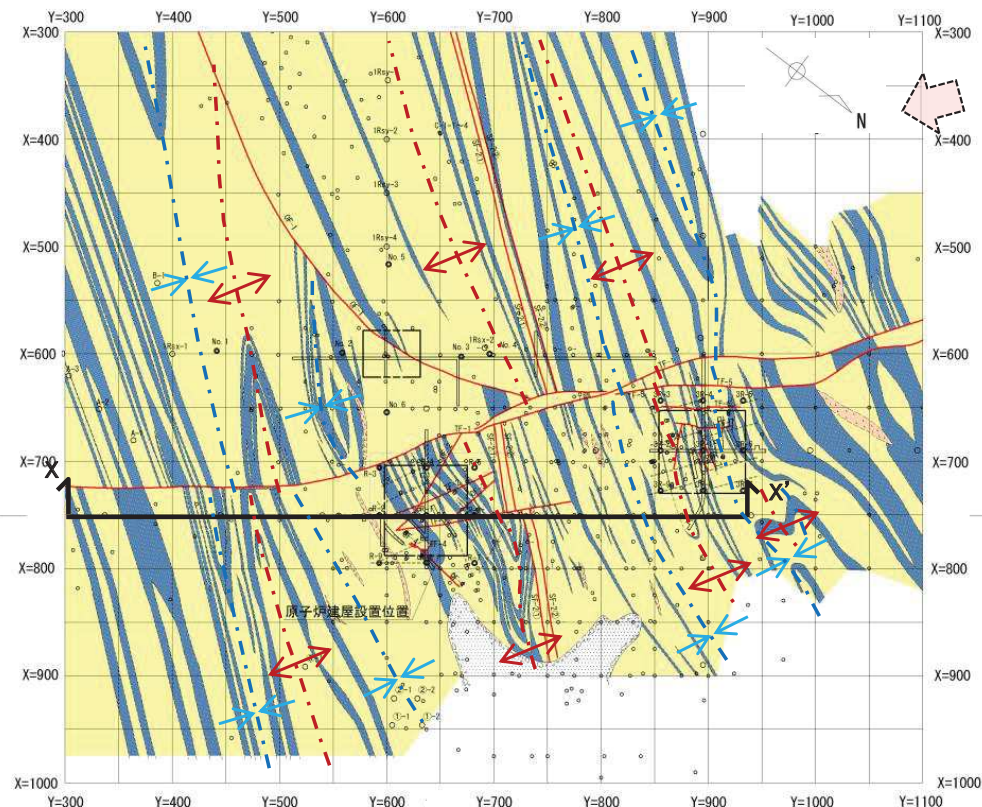
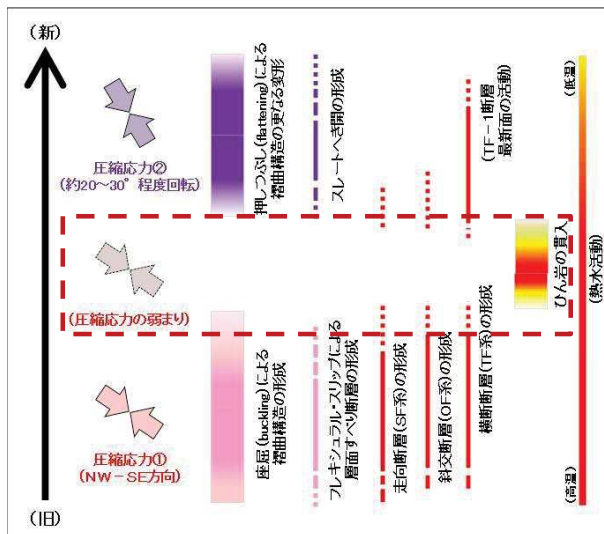
1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(12) 【敷地の地質構造とひん岩の貫入】

【ひん岩の貫入】

- ひん岩は、褶曲構造と交差して貫入している。
⇒ ひん岩の貫入は褶曲構造形成後と考えられる。
- ひん岩の貫入方向は褶曲構造の伸びの方向に調和的なものが多い。
⇒ ひん岩貫入時は、褶曲構造と直交方向の引張り応力、あるいは圧縮応力が弱まった状態であったと考えられる。
(ここでは、少なくとも褶曲構造と直交方向の引張り応力場を示す証拠がないことから、圧縮応力が弱まった状態を採用)
- ひん岩は、小規模な断層に対して、切り切られの関係にあるが、少なくともTF-1断層は確認された全ての箇所ではひん岩を切っている。
⇒ ひん岩の貫入は、TF-1断層の活動より古いものと考えられる。

褶曲構造に直交するNW-SE方向の圧縮応力が弱まったと考えられる

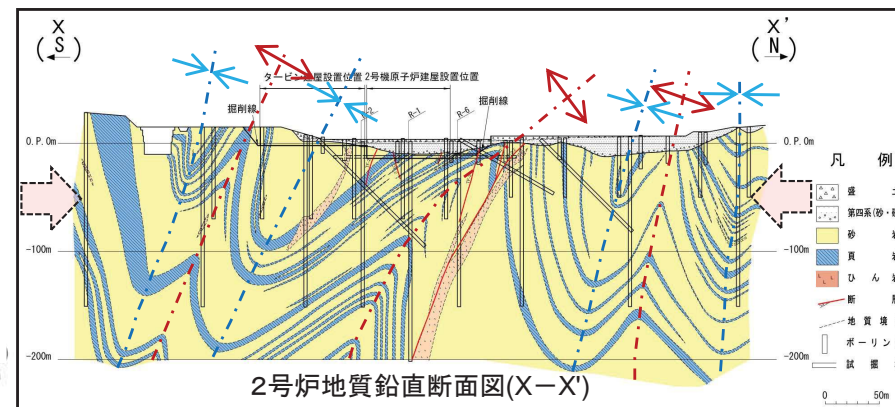


凡例

- ▲▲▲ 盛土
- 第四系(砂礫)
- 砂岩
- 頁岩
- ひん岩
- 地質境界
- 断層
- 炉心ボーリング位置
- * ボーリング位置
- 水平ボーリング
- 試掘坑

* 矢印は斜めボーリングの掘削方向を示す

敷地全体の地質水平断面図(O.P.約-14 m)



1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

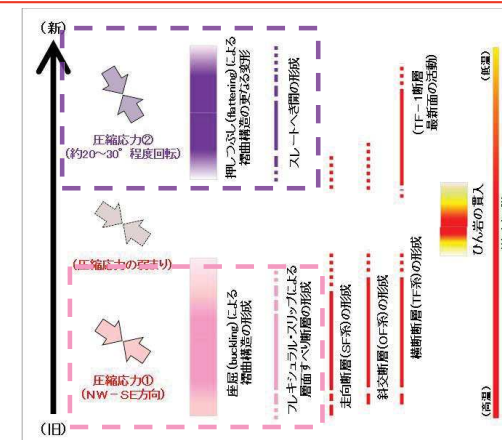
1.2 敷地の地質構造発達史(13) 【スレートへき開と褶曲軸方向の斜交, 応力場の変化】

【スレートへき開と褶曲軸方向の斜交】(石井(1985), 滝沢ほか(1987), 鎌田・滝沢(1991)等)

- 南部北上山地牡鹿半島の中・古生界では、褶曲軸の方向に対して、スレートへき開の方向は時計回りに約20~30° 回転した方向に斜交している。
- スレートへき開は、褶曲構造の形成に伴って形成された層面すべり断層と同系統の方解石結晶を切っていることから、スレートへき開形成時期は、フレキシユラル・スリップによる層面すべり断層を伴う褶曲の主要形成時期よりも後である。

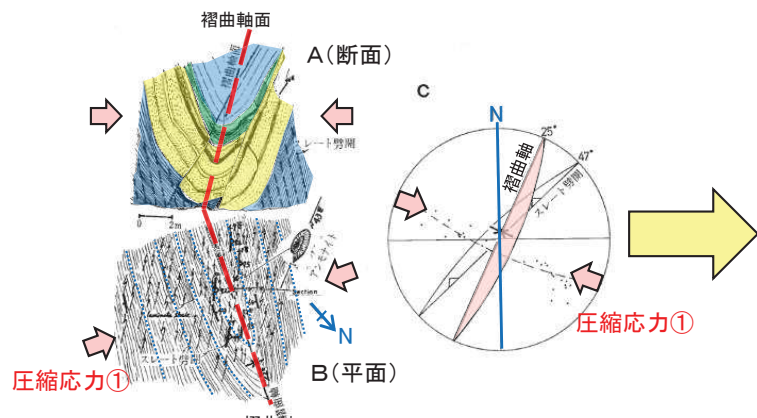
⇒

1. 牡鹿半島における褶曲・スレートへき開など地質構造は、「**座屈(buckling)**」とそれに引き続く「**押しつぶし(flattening)**」という2段階の過程によって形成された。
2. 「**第1段階: 座屈(buckling)により褶曲構造を形成した応力場(圧縮応力①)**」から、「**第2段階: 押しつぶし作用(flattening)によりスレートへき開を形成した応力場(圧縮応力②)**」へ、主圧縮軸方向が時計回りに約20~30° 回転するような応力場の変化があった。

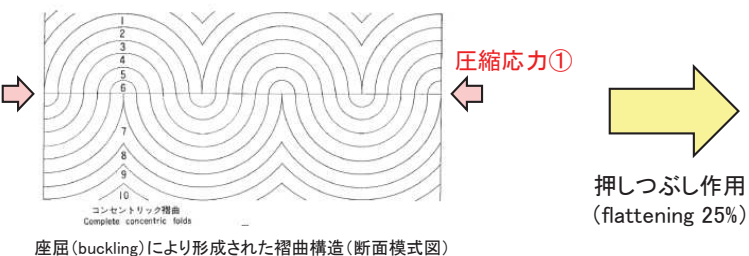


① 褶曲構造の形成

褶曲軸の方向(N25° E)に対して直交方向の圧縮応力(圧縮応力①)により褶曲構造が形成された。



第40図 ジョウ系における褶曲とスレートへき開との関係 (滝沢, 1987)に加筆
大具群の風輪砂岩頁岩層。褶曲軸面とスレートへき開とが斜交していることに注意。変形アンケイトの長軸はスレート層面に平行。B図の断面は海食台上にある。A図はその南側の急崖。C図のステレオ網図はB図位置の位置(下手法投影)



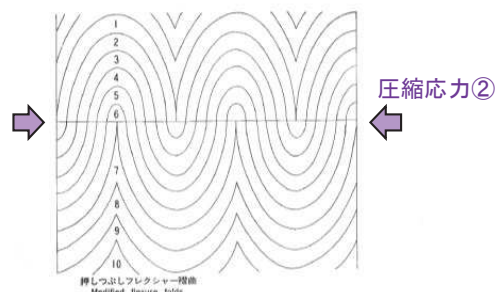
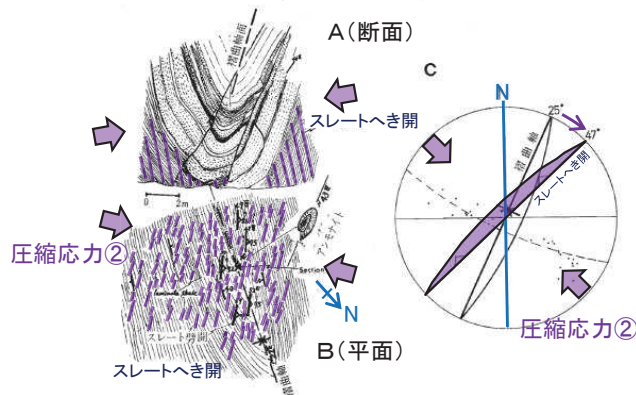
座屈(buckling)により形成された褶曲構造(断面模式図)

第41図 牡鹿地方上部ジョウ系の小褶曲の変形過程を示す図 (滝沢・正井, 1978)より

(滝沢ほか(1987)に加筆)

② スレートへき開の形成

スレートへき開の方向(N47° E)に対して直交方向の圧縮応力(圧縮応力②)により、押しつぶし作用によってさらに褶曲構造が変形するとともに、スレートへき開が形成された。



押しつぶし(flattening)によりさらに変形した褶曲構造(断面模式図)

スレートへき開

泥岩などの細粒の堆積岩が変形運動を受けたために生じた、極細粒物質の定向配列によって一定の方向に発達した剥離性を持った割れ目。

ベルム紀登米層(登米スレート, 雄勝石)や三畳系福井層群伊里前層(井内石)などによく見られる。登米スレートは東京駅の屋根に用いられている。へき開の発達する方向と、堆積したときの堆積面とは斜交することが多い。

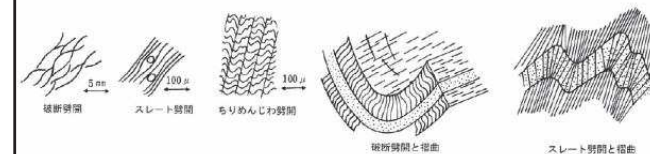


図 1.3.14 劈開の分類 (大久保・藤田, 1994)

(蟹澤ほか編(2006))

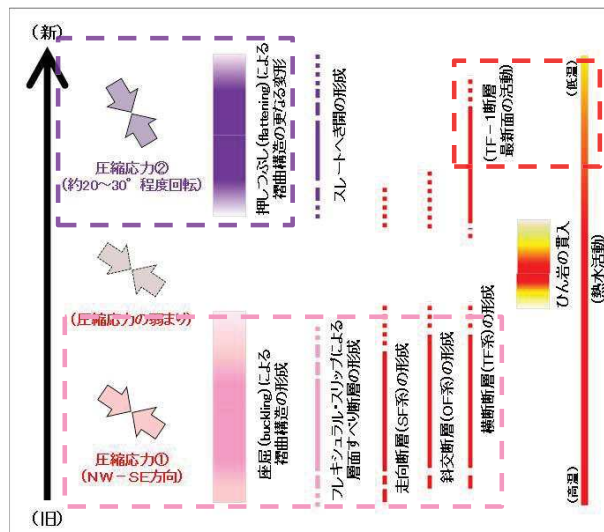
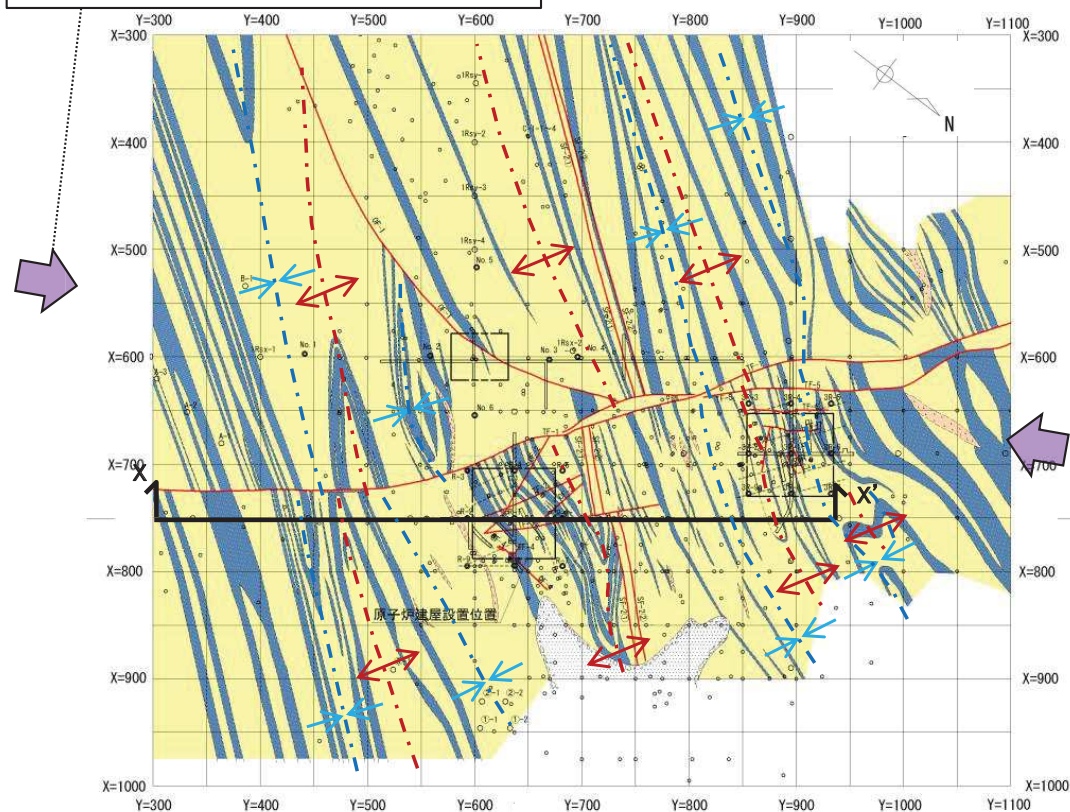
1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(14) 【TF-1断層の最新面の活動】

【TF-1断層の最新面の活動】

- 敷地内で最後に活動したと考えられるTF-1断層の破碎部の組織観察に基づく活動性検討の結果によれば、
 - TF-1断層破碎部主部には、正断層活動を示す変形組織が観察された。
 - 一方、TF-1断層破碎部最新面には、逆断層活動を示す変形組織が観察された。
- TF-1断層の活動による変形を受けたカルサイトが認められるが、最新面を横断して晶出するカルサイトが確認されることから、カルサイトの晶出が終了して以降にTF-1断層は活動していないと考えられる。
- カルサイトは前期白亜紀に終息した熱水活動により生成されたものであることを確認した。

時計回りに20~30° 回転した方向の圧縮応力

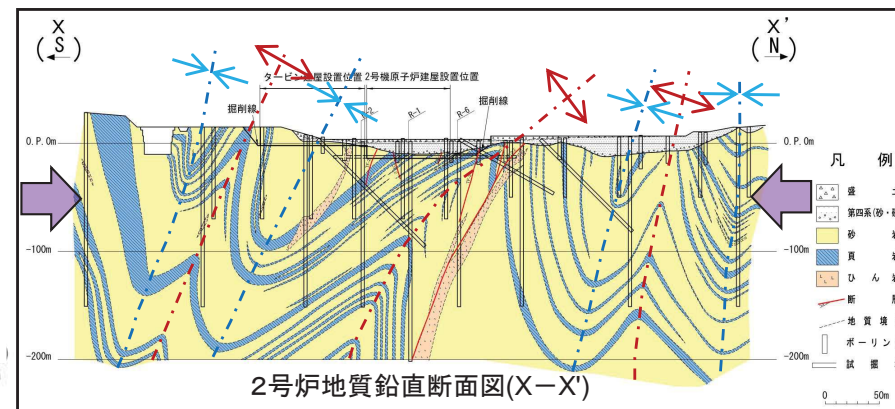


凡例

- 盛土
- 第四系(砂礫)
- 砂岩
- 頁岩
- ひん岩
- 地質境界
- 断層
- 炉心ボーリング位置
- ボーリング位置
- 水平ボーリング
- 試掘坑

* 矢印は斜めボーリングの掘削方向を示す

敷地全体の地質水平断面図(O.P.約-14 m)



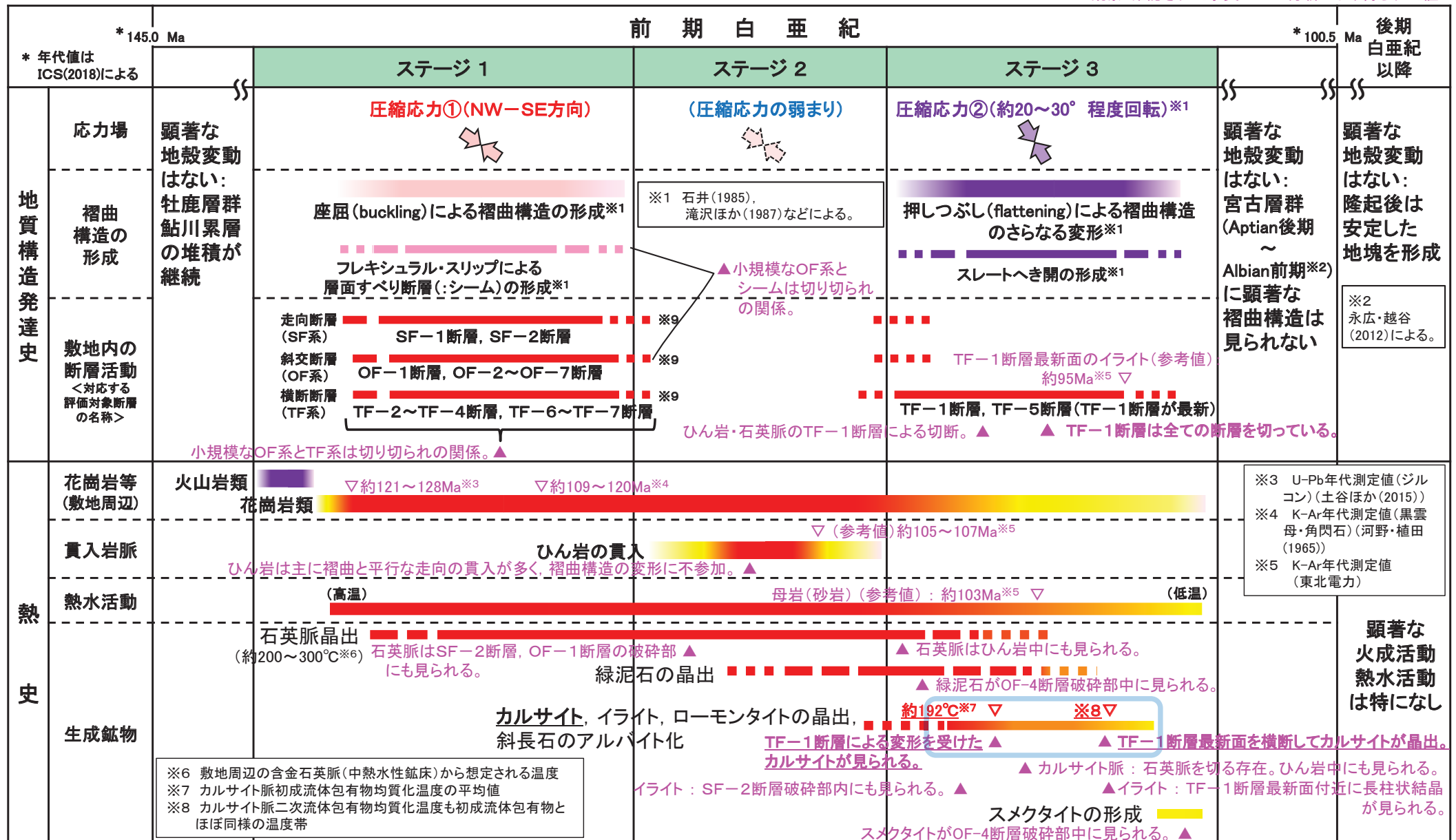
2号炉地質鉛直断面図(X-X')

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(15)【熱史】

- 地質構造発達史及び敷地周辺の花崗岩類の年代を踏まえ、敷地内で観察される貫入岩脈であるひん岩や様々な生成鉱物の性状から、熱史については以下のとおりまとめられる。
- TF-1断層及びOF-4断層で確認された脈状のカルサイトや緑泥石は、前期白亜紀に終息した熱水活動により生成されたものであると考えられる。

▲ 観察・確認された事実 ▽ 分析により得られた値

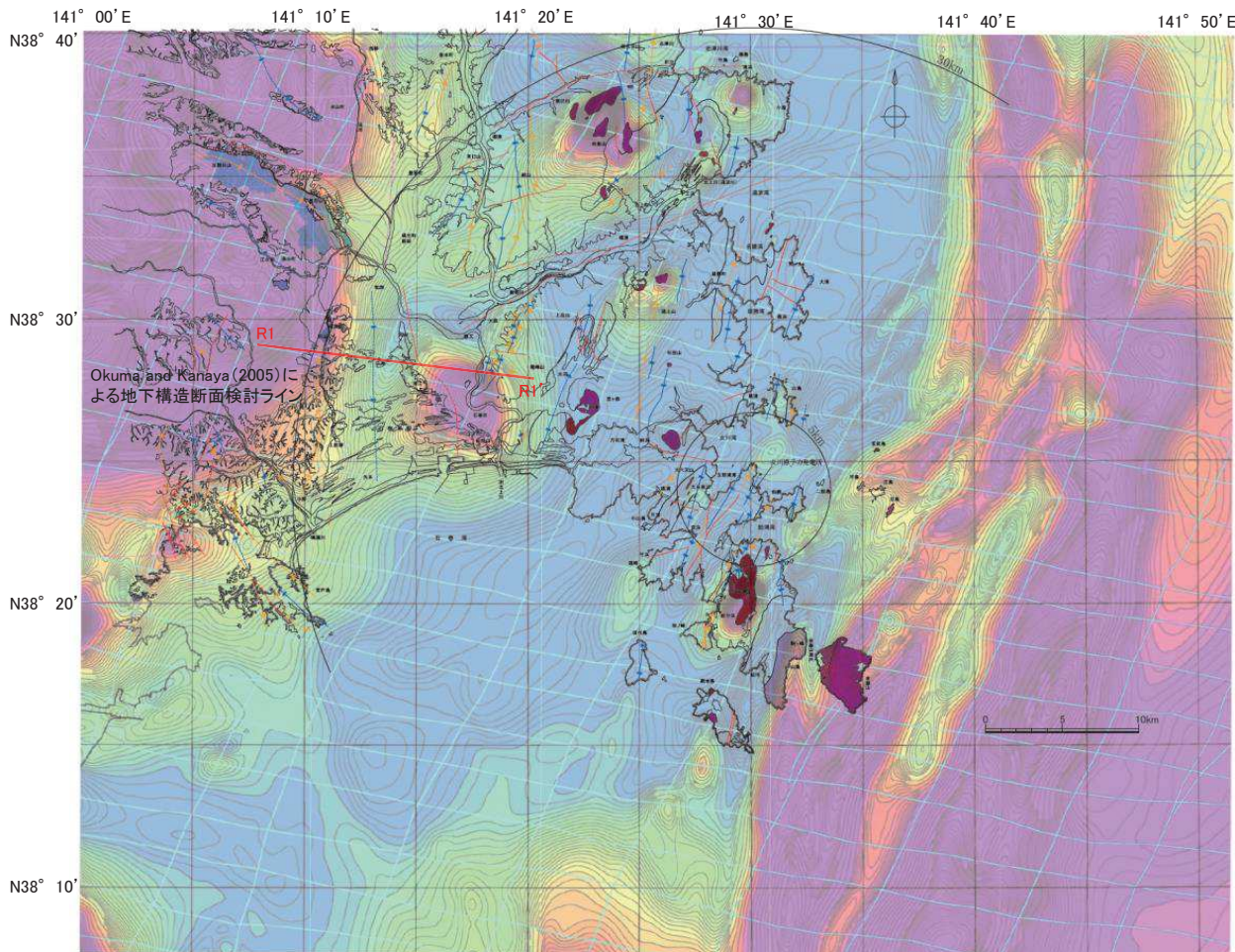


※9 ステージ1の走向断層(SF系), 斜交断層(OF系), 横断断層(TF系)には、淡水貯水槽底盤等でみられる小断層を含む。

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(15) 【熱史:(参考)花崗岩体等の分布(磁気異常図)】

- 牧野ほか(1992), 長崎(1997)等の考察を踏まえ, 女川原子力発電所の敷地周辺陸域及び海域について, 地質調査結果に基づく地質分布との対応関係から, 磁気異常分布については大局的に以下のとおり考察される。
 - ✓ 中・古生界分布域においては, 主に中生界白亜系の花崗岩類, 塩基性岩類, 玄武岩と火山砕屑岩の複合岩体である山鳥累層の分布に良く対応しており, 陸域北上山地から海域にかけてみられる正の磁気異常パターンは, これらの火成岩類の分布に対応したものと考えられる。
 - ✓ このうち, 三陸沖での南北性から女川の沖合付近で北東-南西に方向性を変え金華山から仙台湾南方に延びる帯状の正の磁気異常帯は, 牧野ほか(1992)の石狩-北上ベルト南端部あるいは南方延長部, 長崎(1997)の苫小牧リッジを含む基盤隆起帯の南端部付近に対応している。
 - ✓ この北東-南西の方向性を有するパターンは, 正異常帯の周辺も含め短波長低振幅の傾向にも見られ, 北上山地中・古生界の褶曲構造の延びの方向と比較的良く対応している。
 - ✓ 石巻平野西部から北西部にかけてみられる正の磁気異常は, 一部で中新統追戸層の安山岩類・火砕岩類の分布域と対応している。
- Okuma and Kanaya(2005)は, 北上帯中・古生界の I 帯~VI 帯(片田(1974))の区分ごとに花崗岩類の磁気特性, 密度等を比較, 考察するとともに, 2次元断面における磁気構造モデル計算のケーススタディとして岩手県盛岡市北東方の姫神深成岩体と石巻東方の曾波之神(そばのかみ)深成岩体について考察し, 特に後者については磁気異常データに2003年宮城県中部の地震発生後に実施された反射法地震探査結果に基づく断面情報と重力異常データを組み合わせ, 石巻湾断層(須江断層に相当)及び旭山撓曲を含む地下構造モデルを提示している。



- 新第三系 中新統**
- 追戸層 (普通輝石紫蘇輝石安山岩)
 - 巽岳火砕岩類層 (安山岩質凝灰角礫岩, 安山岩溶岩)
- 白亜系**
- 山鳥累層 (安山岩質火砕岩, 玄武岩)
- 火成岩類**
- 片岩及び超塩基性岩
 - 閃緑岩・花崗閃緑岩及び石英閃緑岩
 - 片状石英閃緑岩
 - はんれい岩
 - ひん岩

- 記号**
- 地質境界線
 - 褶曲軸 (---伏在)
 - 確認断層 (---伏在)
 - 推定断層 (---伏在)
 - 撓曲

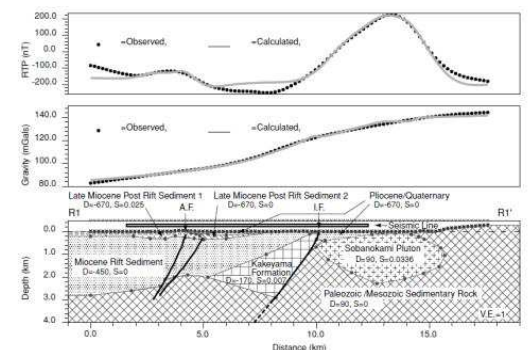


Fig. 15. Cross-section of the subsurface structure of the 2003 northern Miyagi earthquake area estimated by integrated gravity and magnetic modeling. See the location of the profile R1-R1' in Figs. 11 and 12. The profile was set along the seismic reflection study (Sato et al., 2004). D: Relative density to the assumed density for Bouguer correction of $2.67 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$; S: Magnetic susceptibility (SI). The block of the Soburakami flexure has finite lengths of 3 and 5 km in the plus and minus strike directions, respectively while other blocks have infinite lengths. I.F. and A.F. indicate the Itohimaki-wan Fault and Asahiya Flexure, respectively. A horizontal bar shows the location of a reflection seismic survey line (Sato et al., 2004).

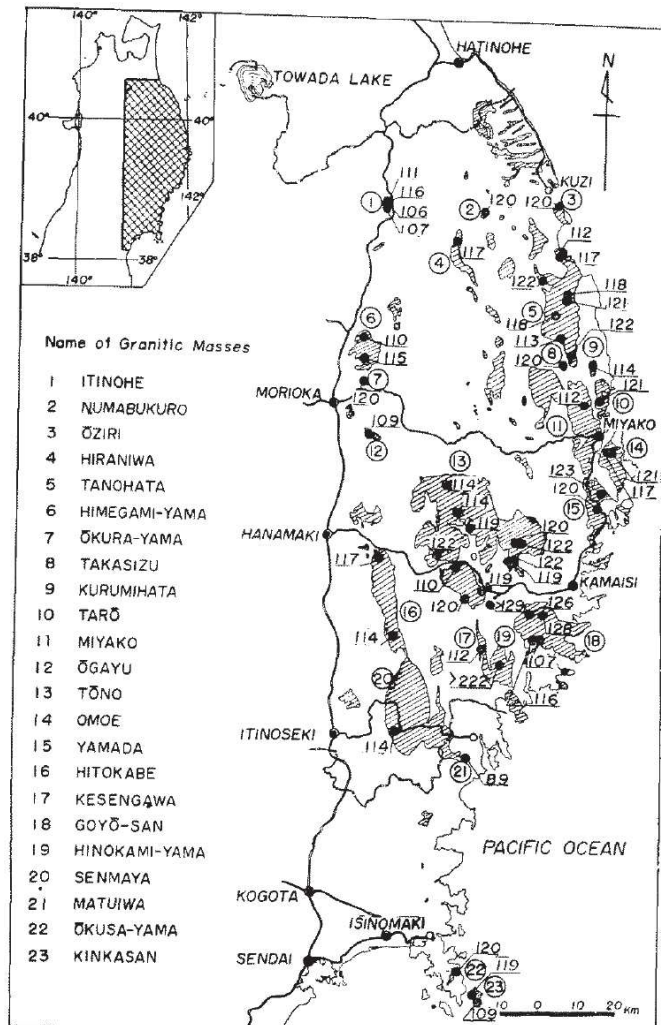
Okuma and Kanaya (2005)による石巻平野付近の地下構造断面の検討

中塚・大熊(2005)の磁気異常図(詳細エリア図B5150~5154, B5250~5254, B5350~5354)に地質構造図及び火成岩類の分布域を加筆

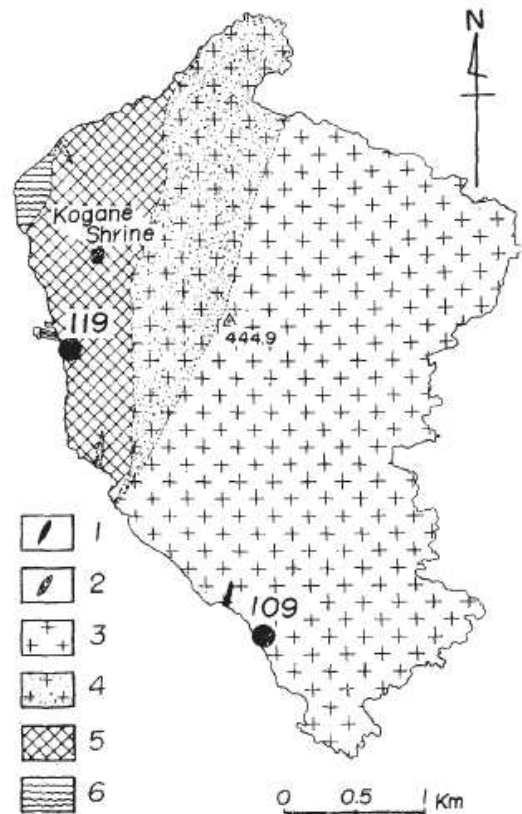
1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(15) 【熱史:(参考)花崗岩類の年代①(K-Ar年代測定値)】

- 北上山地の先第三系花崗岩類のK-Ar年代測定を行なっている河野・植田(1965)のデータによれば、北上山地の花崗岩類の年代について以下のことが読み取れる。
 - ✓ 年代測定結果は概ね110~120Maを示し、概ね前期白亜紀のAptian(113.0 ~ 125.0 Ma: International Commission on Stratigraphy(2018)による)に対応している。
 - ✓ 女川の敷地周辺においては、金華山の2箇所より109Ma, 119Ma, 大草山の1箇所より120Maの年代値が得られている。
 - ✓ なお、1980年代~1990年代に発行された旧地質調査所の地質図幅は河野・植田(1965)の年代測定値を引用、踏襲している。
- 一方、大槻ほか(2011)、永広・越谷(2012)などによれば、地質構造発達史の観点から、花崗岩類の貫入は宮古層群(Aptian後期~Albian前期)の堆積より以前とされている。

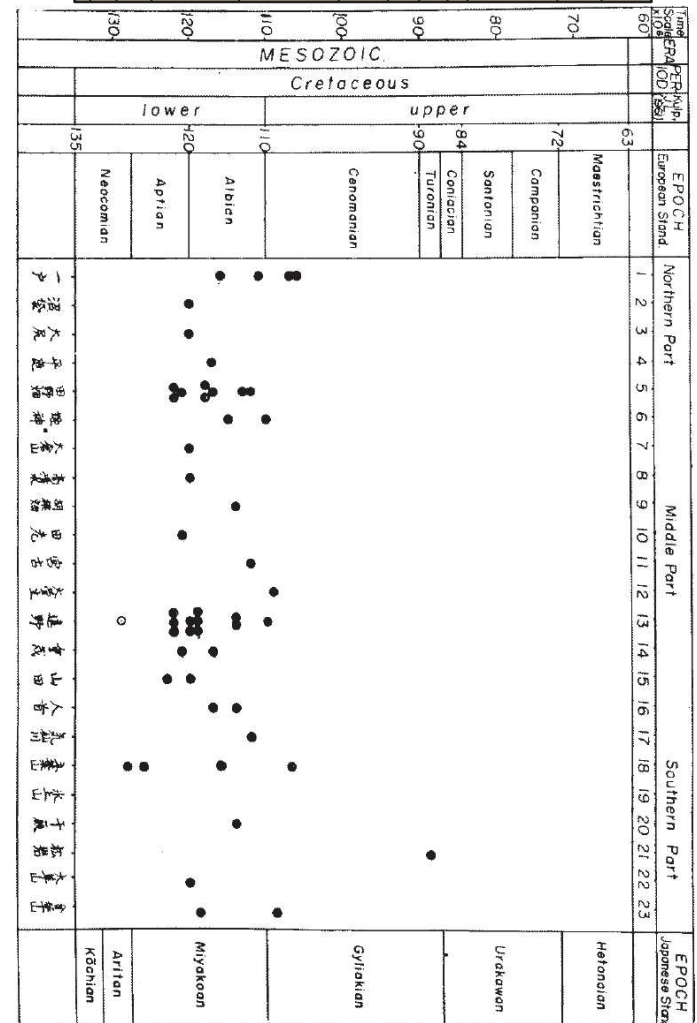
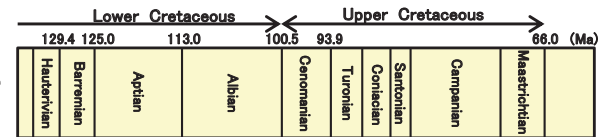


第1図 北上山脈における花崗岩体の位置とその K-A 年代



河野・植田(1965)による北上山地花崗岩類のK-Ar年代測定結果

ICS(2018)による
国際年代層序



第5図 北上山地白亜紀花崗岩類の K-A age

1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(15) 【熱史:(参考)花崗岩類の年代②(U-Pb年代測定値)】

➤ 北上山地の前期白亜紀アダカイト質花崗岩類及びその他の火成岩類の特徴, ジルコンのU-Pb年代, テクトニクスを議論している土谷ほか(2015)のデータによれば, 北上山地の花崗岩類等の年代について以下のことが読み取れる。

- ✓ 年代測定結果は113~127Maを示すが, 東列(117~127Ma)と西列(113~119Ma)で年代差が認められる。
- ✓ 女川敷地周辺を含む東列(117~127Ma)のものは, 概ね前期白亜紀のBarremian(125.0~129.4Ma: International Commission on Stratigraphy(2018)による)~Aptian(113.0~125.0 Ma: 同)に対応している。
- ✓ 女川の敷地周辺においては, 花崗岩類の年代値として金華山の2箇所より121Ma, 122Maの年代値が得られている。
- ✓ また貫入岩について, 高Sr安山岩類の年代値として金華山の1箇所より128Ma, 石英モンゾ閃緑岩の年代値として石巻市沼津の1箇所より128Maの年代値が得られている。
- ✓ 全体的に, 河野・植田(1965)のK-Ar年代測定値より5~10Ma程度古い値を示す傾向がみられる。

Table 1. Results of U-Pb age determination of zircon from the Early Cretaceous plutonic and dike rocks in the Kitakami Mountains

| Name | Sp.No. | rock facies | latitude (N) | longitude (E) | age | error | n |
|------------------|----------|---------------------------|--------------|---------------|-----|-------|----|
| Hashikami (M) | MK21 | bt-hbl granodiorite | 40°26'10.6" | 141°37'56.5" | 126 | 2 | 7 |
| Hashikami (C) | MK04 | bt-hbl tonalite | 40°13'51.3" | 141°40'45.3" | 125 | 1 | 9 |
| Tanohata (M) | TANO314 | bt-hbl tonalite | 39°57'51.0" | 141°48'00.5" | 127 | 2 | 10 |
| Tanaohata (M) | TANO133 | bt-hbl granodiorite | 39°59'24.2" | 141°52'21.5" | 125 | 1 | 8 |
| Tanaohata (C) | TANO337 | bt-hbl granodiorite | 39°54'24.4" | 141°47'12.8" | 122 | 2 | 15 |
| Tanaohata (C) | TANO260 | bt leucotonalite | 39°52'30.3" | 141°49'21.3" | 119 | 2 | 9 |
| Miyako (M) | SK478 | bt-hbl granodiorite | 39°43'01.7" | 141°49'54.2" | 125 | 2 | 8 |
| Miyako (C) | SK369 | bt-hbl granodiorite | 39°26'46.4" | 141°56'43.9" | 121 | 2 | 8 |
| Oura | 05102901 | bt-hbl granite | 39°36'45.5" | 141°58'42.0" | 127 | 2 | 8 |
| Ichinohe | IH255 | cpx-bear. hbl qtz syenite | 40°13'10.8" | 141°16'55.3" | 124 | 2 | 7 |
| Himekami | NS17 | bt-hbl granite | 39°50'53.1" | 141°13'32.0" | 124 | 1 | 11 |
| Tono (M) | TONO127 | bt-hbl granodiorite | 39°30'25.9" | 141°32'50.5" | 119 | 1 | 10 |
| Tono (C) | TONO146 | bt-hbl tonalite | 39°26'29.6" | 141°31'33.8" | 117 | 2 | 9 |
| Hitokabe (M) | HT15 | bt-hbl tonalite | 39°11'28.3" | 141°17'37.4" | 118 | 2 | 9 |
| Hitokabe (C) | HT38 | bt-hbl granodiorite | 39°16'55.6" | 141°17'03.7" | 116 | 1 | 9 |
| Senmaya (M) | SM43 | bt-hbl granodiorite | 39°02'00.1" | 141°24'10.9" | 119 | 2 | 9 |
| Senmaya (C) | SM72 | bt-hbl tonalite | 38°59'50.5" | 141°19'02.4" | 113 | 2 | 9 |
| Kinkasan (M) | KS105 | bt-hbl granodiorite | 38°17'32.9" | 141°33'09.8" | 121 | 2 | 8 |
| Kinkasan (C) | KS91 | bt-hbl tonalite | 38°16'38.9" | 141°35'08.4" | 122 | 2 | 8 |
| Kesengawa | HK12031 | bt-hbl qtz diorite | 39°11'16.9" | 141°34'05.5" | 125 | 2 | 9 |
| Numazu | NM0404 | bt-hbl qtz monzodiorite | 38°27'12.0" | 141°23'01.9" | 128 | 2 | 6 |
| high-Sr andesite | KS1228 | bt-hbl tonalite | 38°18'13.7" | 141°32'55.6" | 128 | 1 | 11 |

(C), central facies; (M), marginal facies.

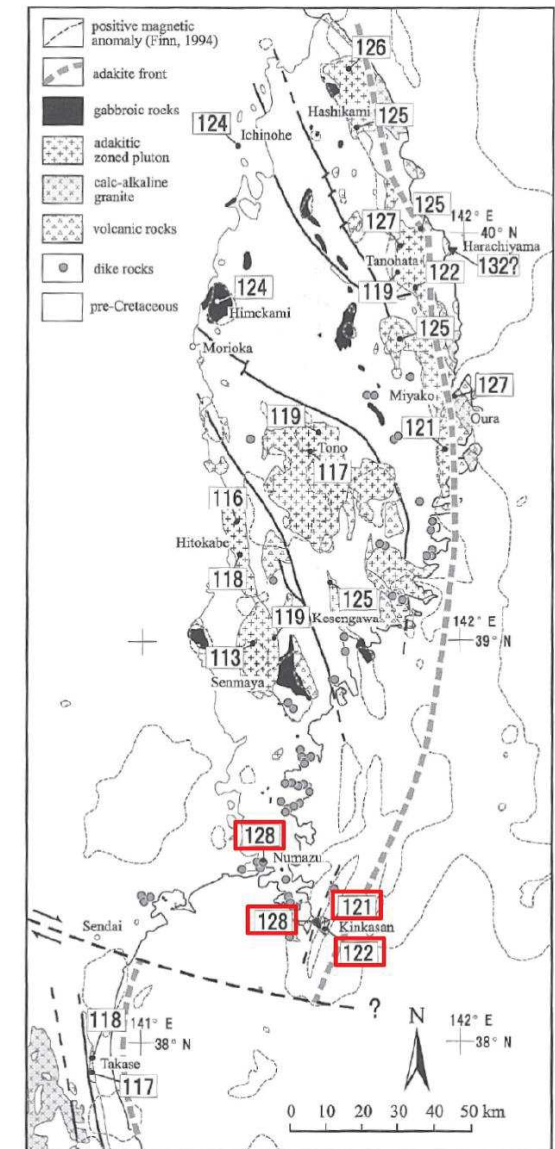


Fig. 14. Results of age determination plotted in a simplified geological map of the Early Cretaceous plutonic, dike and volcanic rocks in the Kitakami Mountains.

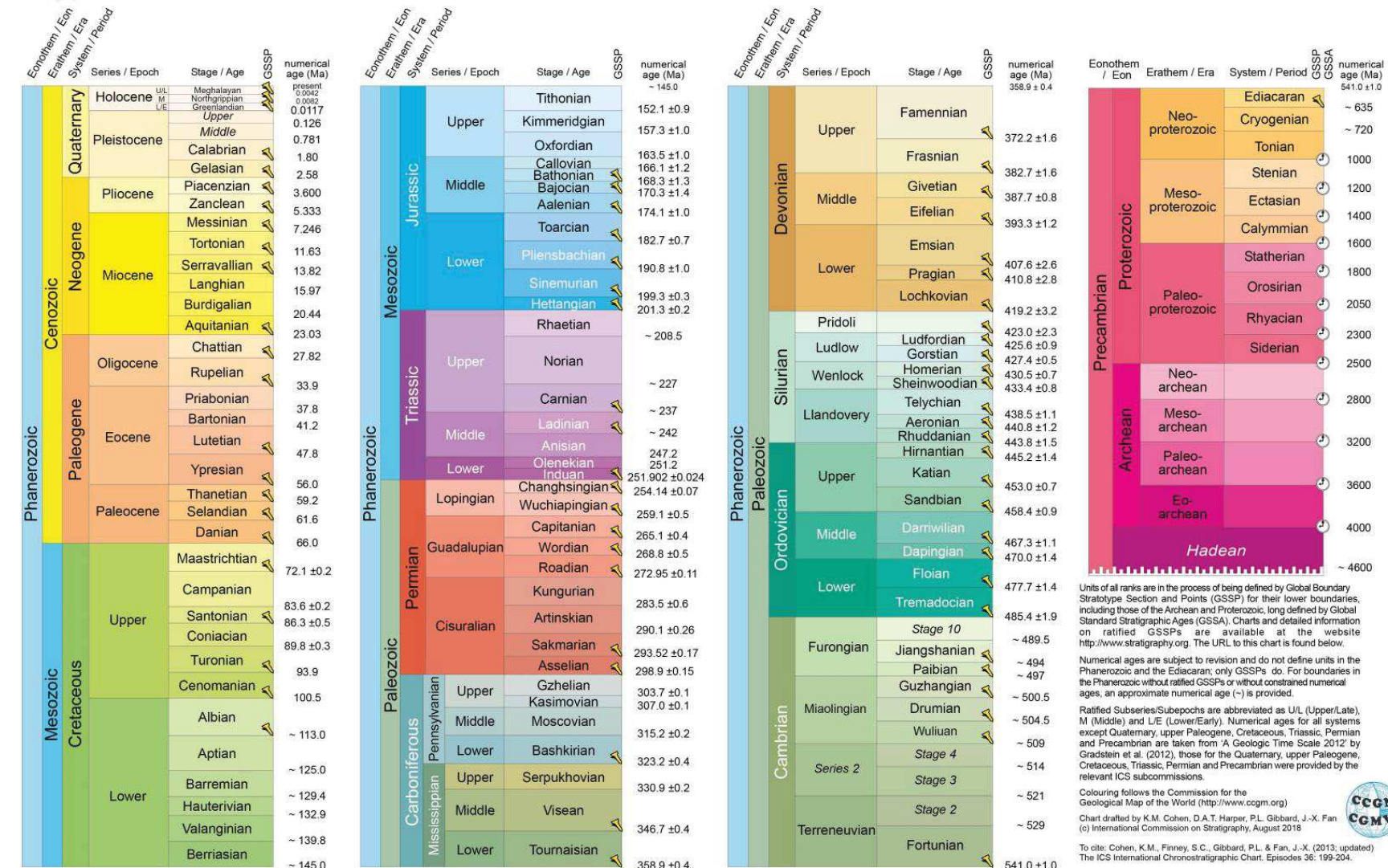
1. 敷地の地形及び地質・地質構造の概要

1.2 敷地の地質構造発達史(16) 【(参考)国際年代層序】

➤ 国際層序委員会 (International Commission on Stratigraphy) による, 2018年8月版の国際年代層序表を示す。

✓ 前期白亜紀と後期白亜紀の境界の年代は100.5 Maとされている。

INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART
International Commission on Stratigraphy v 2018/08



International Commission on Stratigraphy (2018)

2. 敷地の断層

- 2. 1 走向断層(SF系)
- 2. 2 斜交断層(OF系)
- 2. 3 横断断層(TF系)

2. 1 走向断層(SF系)

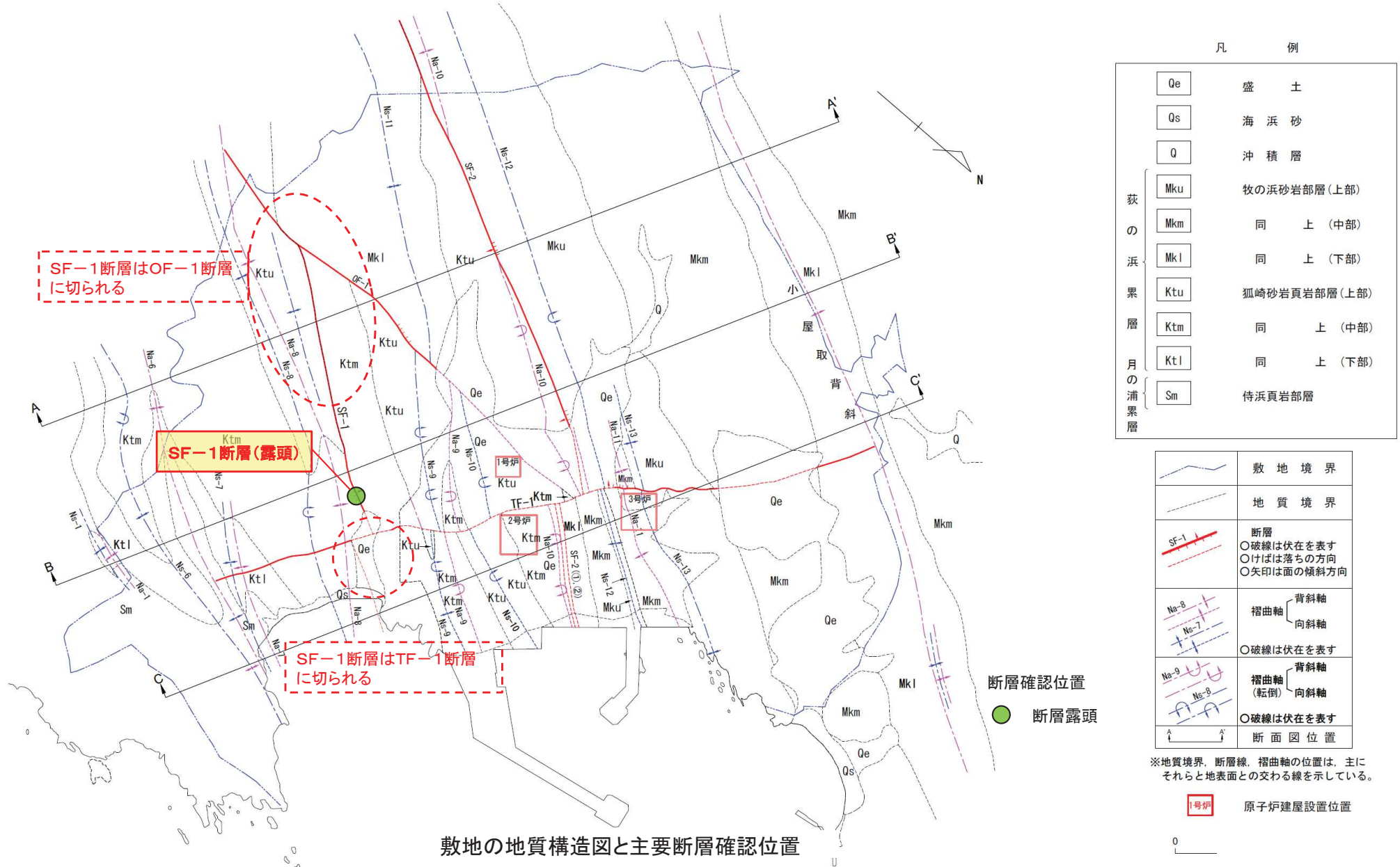
2. 1. 1 SF-1断層

2. 1. 2 SF-2断層

2. 敷地の断層 2.1 走向断層(SF系)

2.1.1 SF-1断層【確認位置】

➤ SF-1断層については、断層露頭にて、性状を観察している。



敷地の地質構造図と主要断層確認位置

2. 敷地の断層 2.1 走向断層(SF系)

2.1.1 SF-1断層【連続性・新旧関係①(北東延長：TF-1断層との関係)】

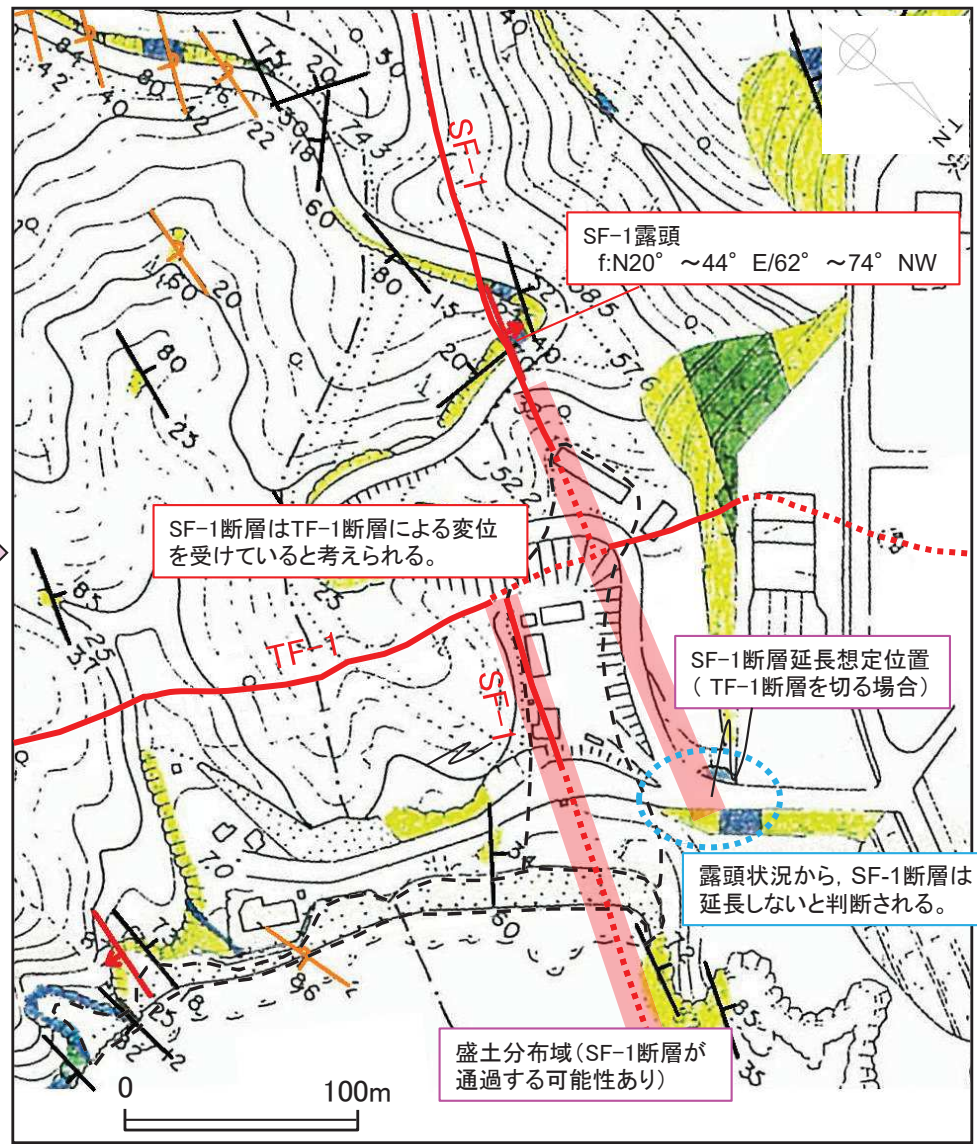
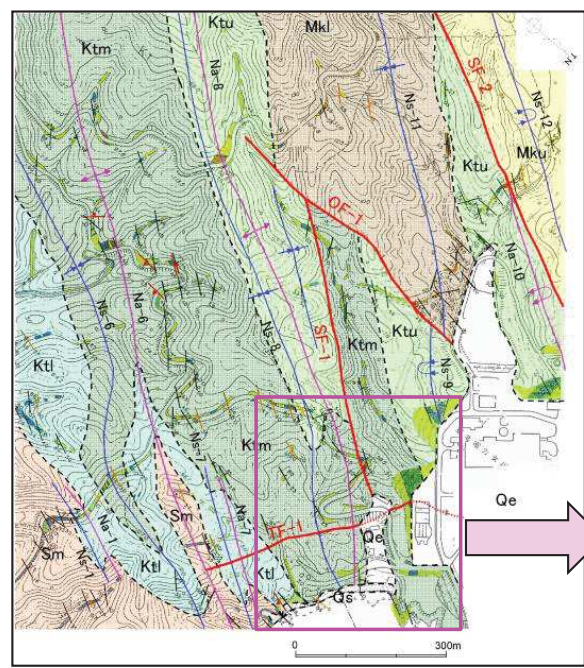
➤ SF-1断層の北東延長想定位置付近の連続的な露頭には、SF-1断層に対応するような断層は認められない。



➤ SF-1断層がTF-1断層を切って連続するとは考えられないことから、SF-1断層はTF-1断層による変位(右横ずれ)を受けているものと考えられる。

| 凡 例 | |
|-----|------------------|
| | Qe 盛土 |
| | Qs 海浜砂 |
| | Mku 牧の浜砂岩部層(上部) |
| | Mkm 同 上(中部) |
| | Mkl 同 上(下部) |
| | Ktu 狐崎砂岩真岩部層(上部) |
| | Ktm 同 上(中部) |
| | Ktl 同 上(下部) |
| | Sm 待浜真岩部層 |

| | |
|--|------|
| | 地質境界 |
| | 断層 |
| | 褶曲軸 |
| | |
| | 褶曲軸 |
| | |



SF-1露頭
f:N20° ~44° E/62° ~74° NW

SF-1断層はTF-1断層による変位を受けていると考えられる。

SF-1断層延長想定位置
(TF-1断層を切る場合)

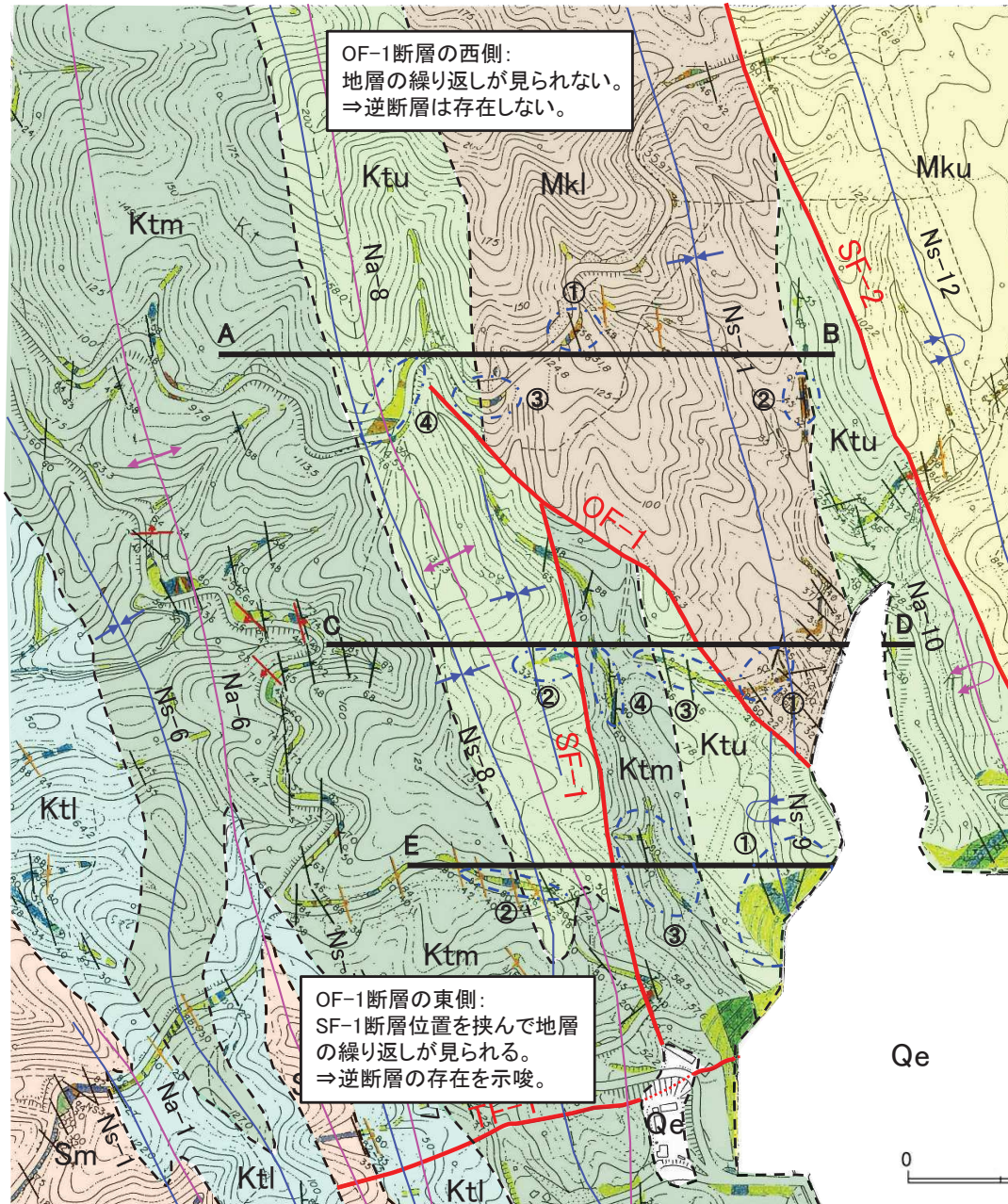
露頭状況から、SF-1断層は延長しないと判断される。

盛土分布域(SF-1断層が通過する可能性あり)

| | | | |
|--|---------------------|--|----------|
| | 真岩 | | 真岩 |
| | 砂岩・真岩互層 | | 砂岩・真岩互層 |
| | 砂岩 | | 砂岩 |
| | 真岩 | | 砂岩・真岩互層 |
| | 砂岩・真岩互層 | | 砂岩 |
| | 細粒砂岩 | | 砂岩 |
| | アルコース | | ひん岩 |
| | 真岩 | | 閃緑岩 |
| | 砂岩・真岩互層 | | 結晶 |
| | 砂岩(ワッケ質、一部アテナイトを含む) | | 電向 |
| | 礫岩(礫を含む) | | 断層の走向・傾斜 |

2.1.1 SF-1断層

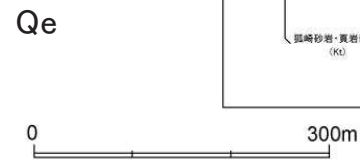
【連続性・新旧関係②(南西延長 : OF-1断層との関係(ルートマップと地質分布))】



| 凡 例 | |
|-------|------------------|
| 盛土 | Ge |
| 萩の浜累層 | Mku 牧の浜砂岩部層(上部) |
| | Mkm 同上(中部) |
| | Mkl 同上(下部) |
| 月の浦累層 | Ktu 狐崎砂岩頁岩部層(上部) |
| | Ktm 同上(中部) |
| | Ktl 同上(下部) |
| 待浜累層 | Sm 待浜頁岩部層 |

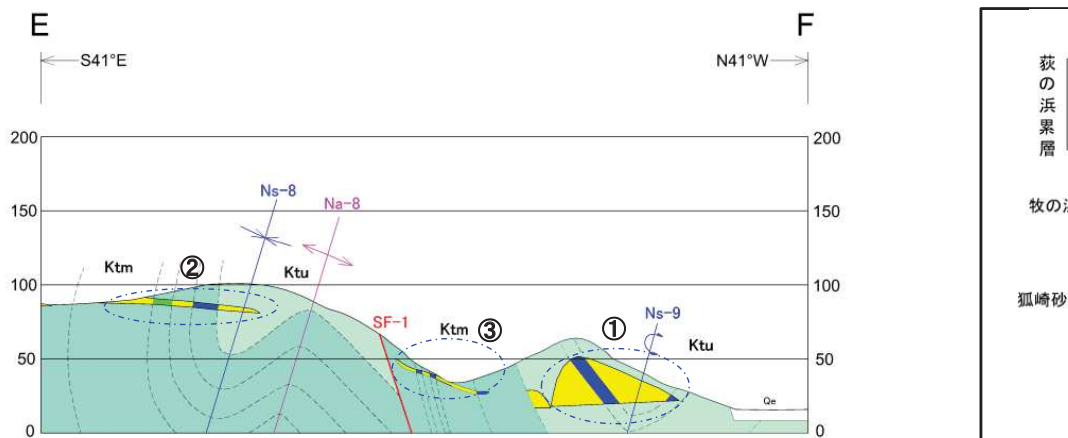
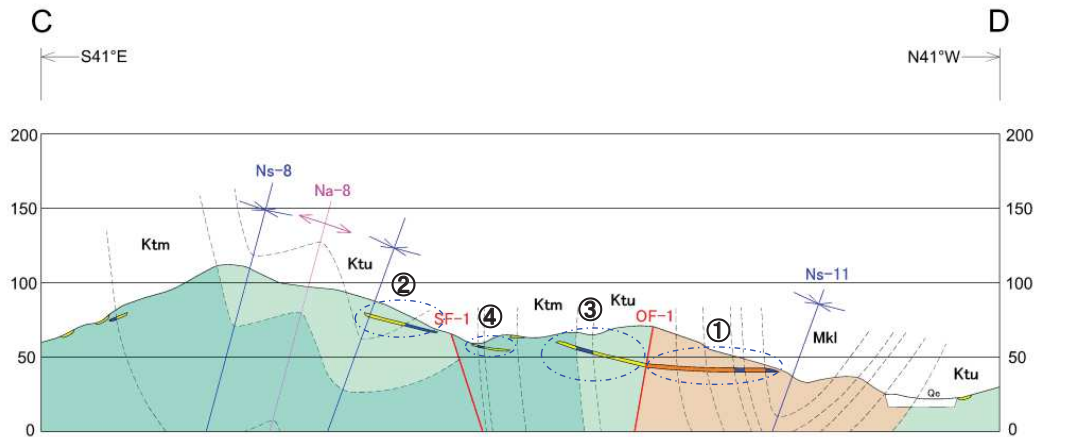
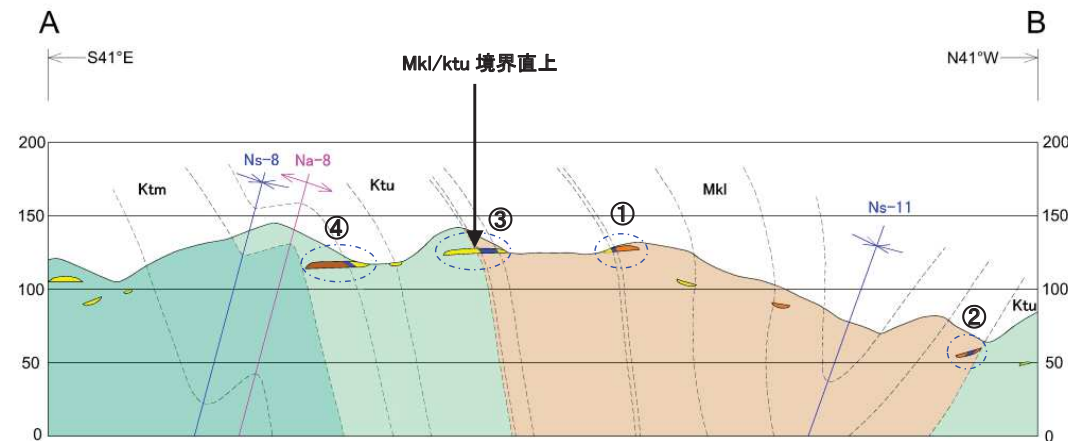
| | |
|-------------|---------------------------|
| --- | 地質境界 |
| --- | 断層 |
| Na-8 / Na-7 | 褶曲軸 背斜軸 向斜軸 |
| Na-9 / Na-8 | 褶曲軸 (転倒) 背斜軸 向斜軸 |

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 真岩 砂岩・頁岩互層 砂岩 頁岩 砂岩・頁岩互層 細粒砂岩 アルコウス 真岩 砂岩・頁岩互層 砂岩(ワッケ質、一部アレナトを含む) 礫岩(礫を含む) | <ul style="list-style-type: none"> 真岩 砂岩・頁岩互層 砂岩 砂岩・頁岩互層 砂岩 ひん岩 閃緑岩 |
| <ul style="list-style-type: none"> 福貴満頁岩砂岩部層 (Fk) 萩の浜砂岩部層 (Mk) 狐崎砂岩・頁岩部層 (Kd) | <ul style="list-style-type: none"> 待浜頁岩部層 (Sm) 月の浦砂岩部層 (Ts) 貫入岩類 |

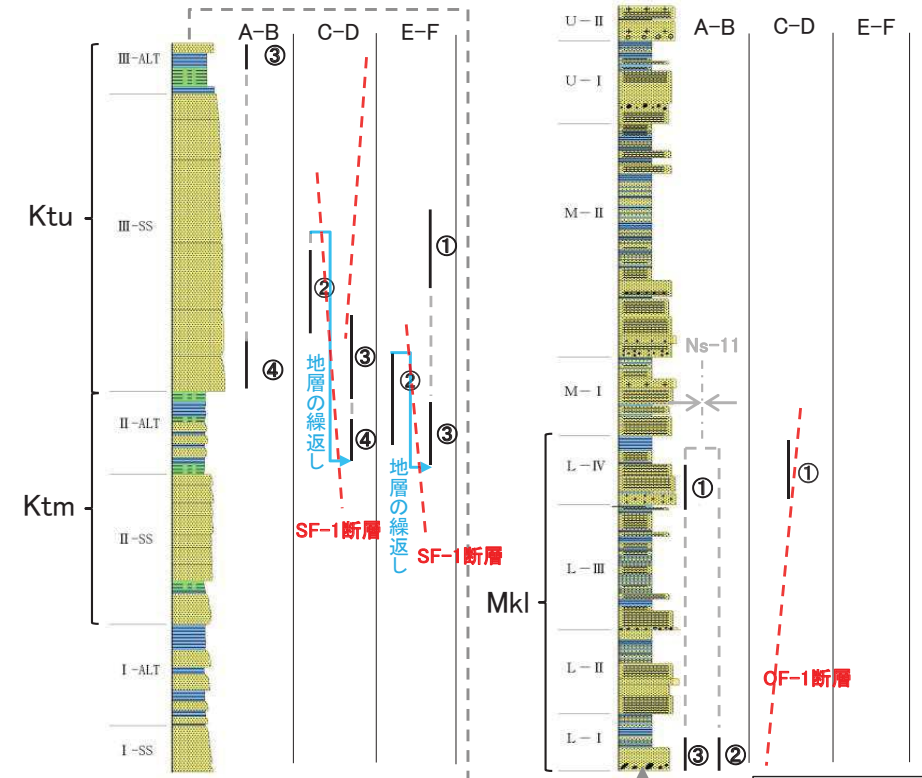


2.1.1 SF-1断層

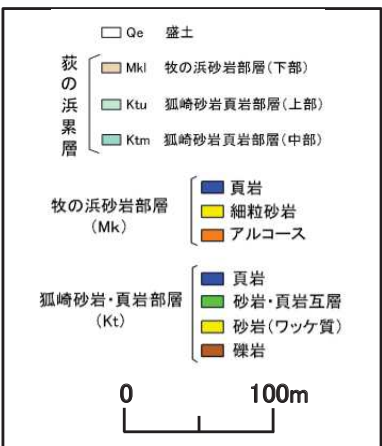
【連続性・新旧関係②(南西延長：OF-1断層との関係(断面図と地質の繰り返し))】



地層の堆積様式(岩相の特徴と積み重なり方), 分布の連続性等から, ユニットを区分・認定し, 各地点ごとに層準(全体の地層中のどの位置の地層か)を決定している。



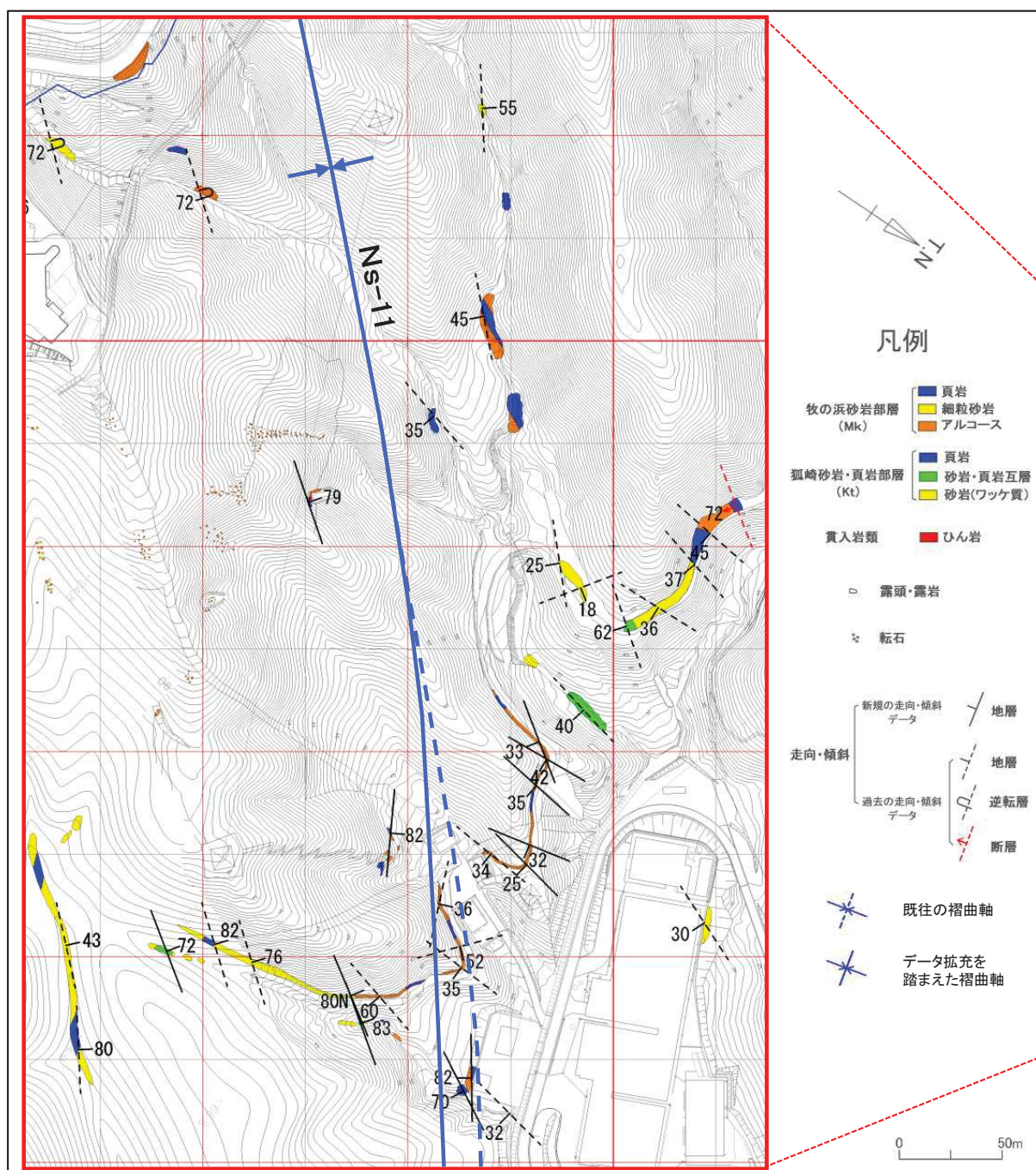
凡例<狐崎砂岩頁岩部層と牧の浜砂岩部層の模式柱状図> ①: 露頭番号



- OF-1断層の東側(C-D断面, E-F断面)では, SF-1断層位置を挟んで, 地層の繰返し(南東側からKtm→Ktu→Ktm→Ktu)が見られることから, 逆断層が存在すると考えられる。
- 一方, OF-1断層の西側(A-B断面)では, 上記のような地層の繰返しが見られない(同Ktm→Ktu→Mkl)ことから, 逆断層(SF-1断層)は存在しないと判断される。
- 従って, SF-1断層はOF-1断層より西側には連続せず, SF-1断層はOF-1断層に切られていると判断している。

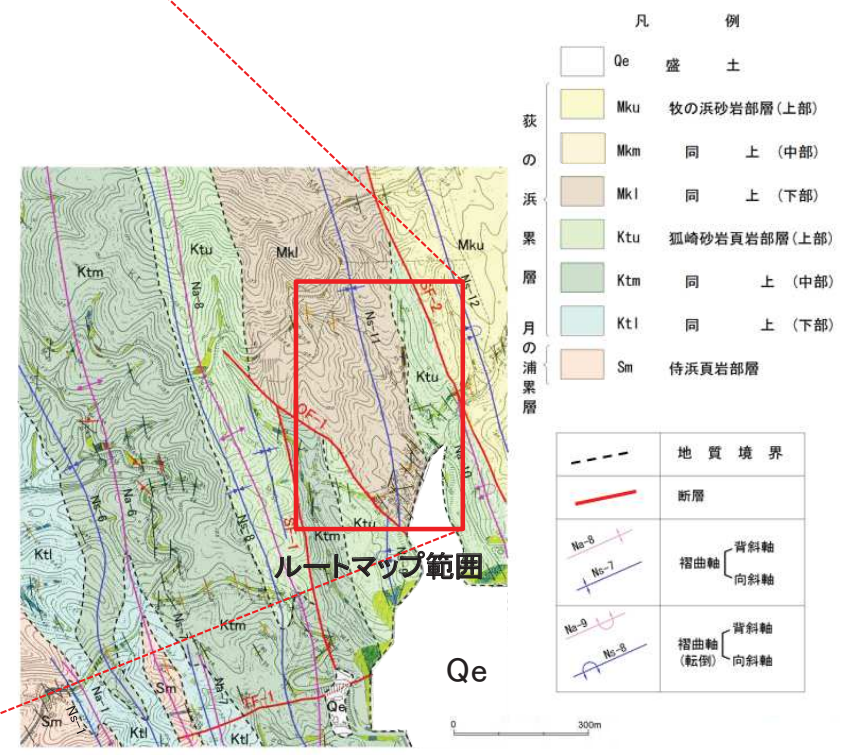
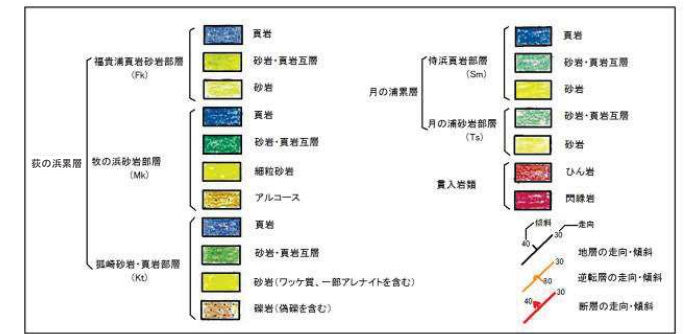
2.1.1 SF-1断層

【連続性・新旧関係②(南西延長：OF-1断層との関係(Ns-11向斜構造の位置))】



- 凡例**
- 頁岩
 - 砂岩・頁岩互層
 - 砂岩
 - 頁岩
 - 砂岩・頁岩互層
 - 細粒砂岩
 - アルコース
 - 頁岩
 - 砂岩・頁岩互層
 - 砂岩(ワッケ質)
 - 礫岩(礫を含む)
 - ひん岩
 - 露頭・露岩
 - 転石
 - 新規の走向・傾斜データ
 - 過去の走向・傾斜データ
 - 既往の褶曲軸
 - データ拡充を踏まえた褶曲軸

➤ OF-1断層周辺において、走向・傾斜のデータ拡充を行い、Ns-11向斜軸を変更した。



2. 1 走向断層(SF系)

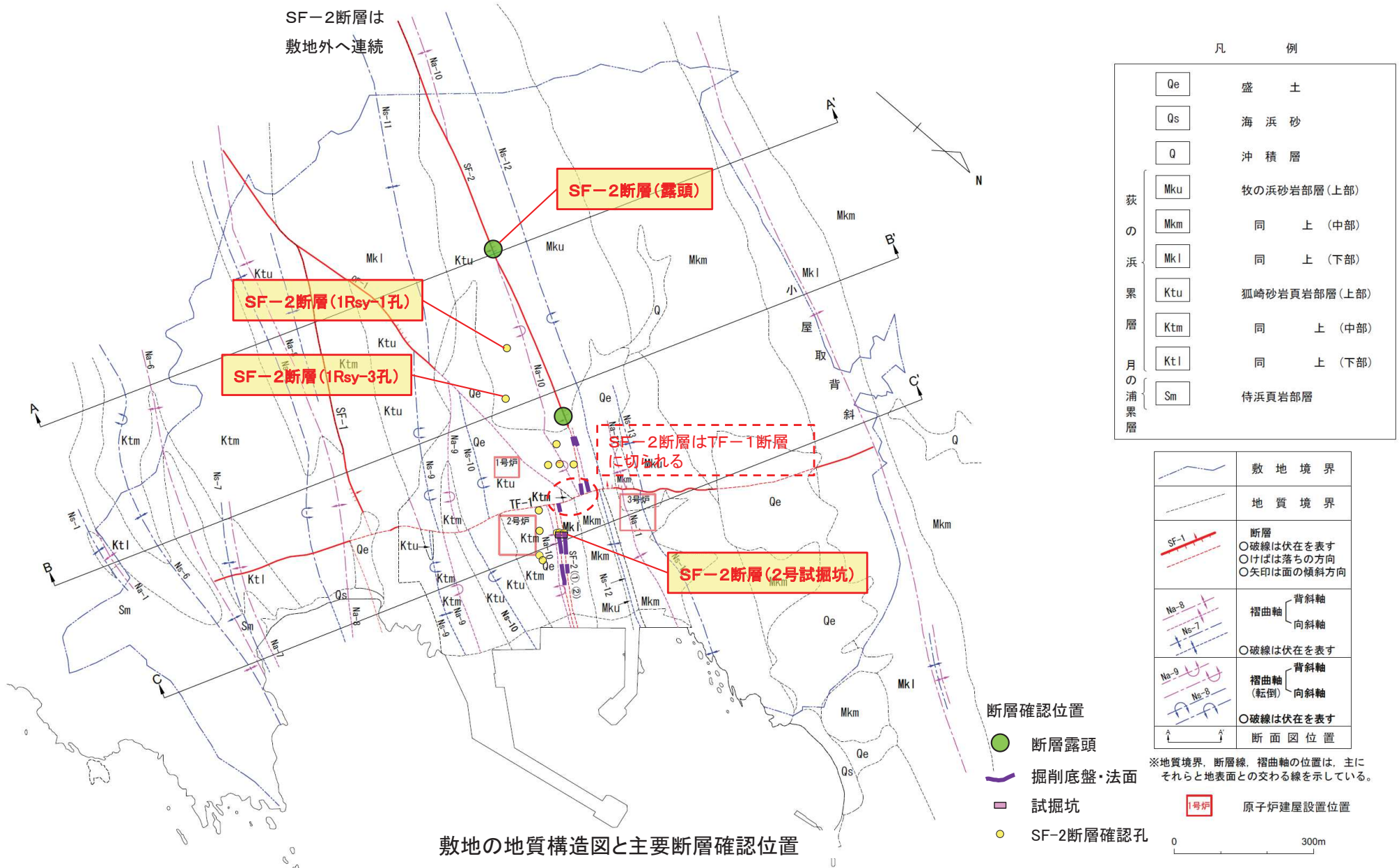
2. 1. 1 SF-1断層

2. 1. 2 SF-2断層

2. 敷地の断層 2.1 走向断層(SF系)

2.1.2 SF-2断層【確認位置】

➤ SF-2断層については、断層露頭、試掘坑、ボーリング、掘削底盤・法面にて、性状を観察するとともに、分布・連続性を確認している。



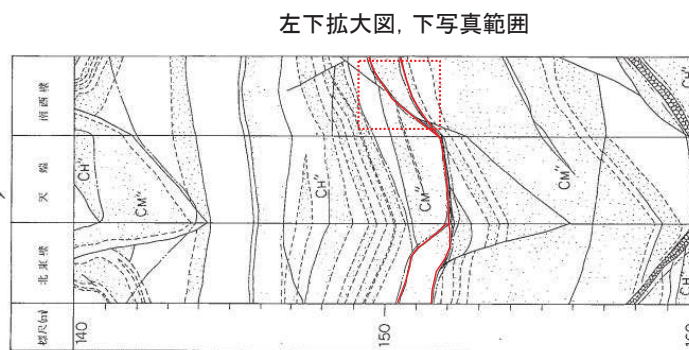
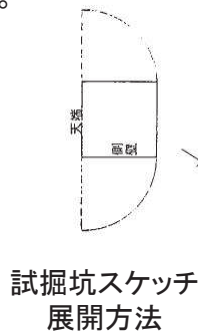
敷地の地質構造図と主要断層確認位置

2. 敷地の断層 2.1 走向断層(SF系)

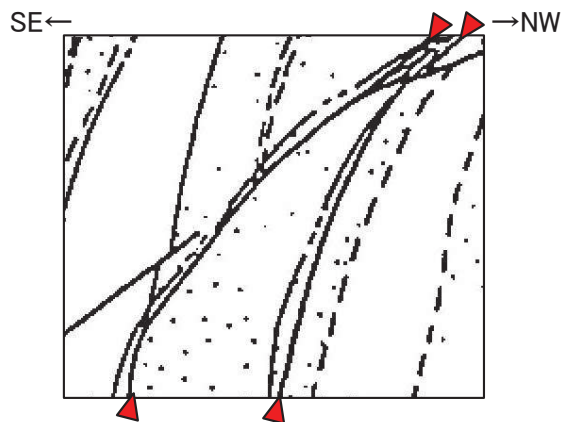
2.1.2 SF-2断層【断層の性状(SF-2①断層 : 2号炉試掘坑)】

- 2号試掘坑内の露頭において、SF-2①断層を確認。
- ✓ 幅1~5cmの2条の破碎部がみられる。
- ✓ 上盤、下盤ともに、褶曲翼部で地層が急傾斜している。

SF-2①断層
(2号炉試掘坑A坑南西壁)



| | | | |
|--|------|--|---------------|
| | 砂岩 | | N20E30E 走向・傾斜 |
| | 頁岩 | | シーム |
| | ひん岩 | | 破碎部 |
| | 頁岩偽礫 | | 岩級境界 |
| | 地質境界 | | Cn'級 |
| | 断層 | | Cm'級 |
| | | | Cl'級 |



| 断層名 | 断層のタイプ | センス | 走向/傾斜 | 最大破碎幅 (cm) | 性状 |
|-------|--------|----------------|-------------------------------|------------|----------------------------|
| SF-2① | 走向断層 | 東側上がり (逆断層) | N25° ~58° E/ 40° SE~85° NW | 80 | 角礫・砂・粘土を含む。 固結状破碎部30cm。 |

2. 敷地の断層 2.1 走向断層(SF系)

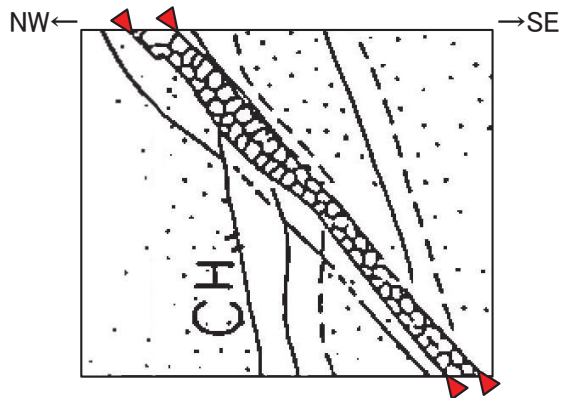
2.1.2 SF-2断層【断層の性状(SF-2②断層 : 2号炉試掘坑)】

- 2号試掘坑内の露頭において、SF-2②断層を確認。
- ✓ 幅20~30cmの破碎部がみられる。
- ✓ 上盤、下盤ともに、褶曲翼部で地層が急傾斜している。

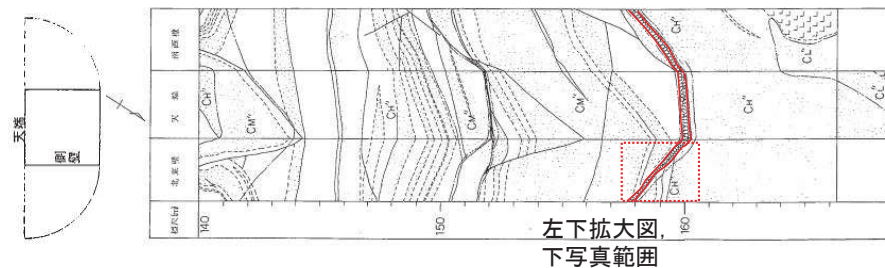
SF-2②断層
(2号炉試掘坑A坑北東壁)



試掘坑配置図



SF-2②断層近傍
2号炉試掘坑A坑北東壁スケッチ
(展開図を反転)



試掘坑スケッチ
展開方法

SF-2②断層周辺 2号炉試掘坑A坑展開図



SF-2②断層 2号炉試掘坑A坑北東壁写真

| 断層名 | 断層のタイプ | センス | 走向／傾斜 | 最大破碎幅 (cm) | 性状 |
|-------|--------|-------------|--------------------------|------------|--------------------------------------|
| SF-2② | 走向断層 | 東側上がり (逆断層) | N8° ~50° E / 23° ~54° SE | 200 | 角礫・砂・粘土を含む。試掘坑内で下盤の黒色頁岩が幅10~30cm粘土化。 |

2. 敷地の断層 2.1 走向断層(SF系)

2.1.2 SF-2断層【断層の性状(ボーリングコア例：1Rsy-1孔, 1Rsy-3孔)】

- 敷地西部等のボーリングコアにおいて、SF-2断層を確認。
- ✓ SF-2①断層はSF-2②断層の分岐断層であることから、1Rsy-1孔, 1Rsy-3孔でSF-2断層が確認される深度170m付近においては、SF-2②断層の延長として1枚の断層で確認されている。
- ✓ 明瞭なせん断面を伴い破碎物質からなる数10cmの顕著な破碎部と破碎の影響を受けた弱破碎部がみられる。

| 断層名 | 断層のタイプ | センス | 走向/傾斜 | 最大破碎幅 (cm) | 性状 |
|-------|--------|-------------|----------------------------|------------|--------------------------------------|
| SF-2② | 走向断層 | 東側上がり (逆断層) | N8° ~50° E/ 23° ~54° SE | 200 | 角礫・砂・粘土を含む。試掘坑内で下盤の黒色頁岩が幅10~30cm粘土化。 |

(深度172.03~172.28m)
粘土状、砂状及び角礫~細片状物質からなる。厚さは18cm。
傾斜は40° ~50°。鏡肌・条線あり。

(深度172.65~173.37m)
粘土混り角礫状、粘土混り砂状~細片状物質からなる。厚さは38cm。
傾斜は55° ~60°。鏡肌・条線あり。

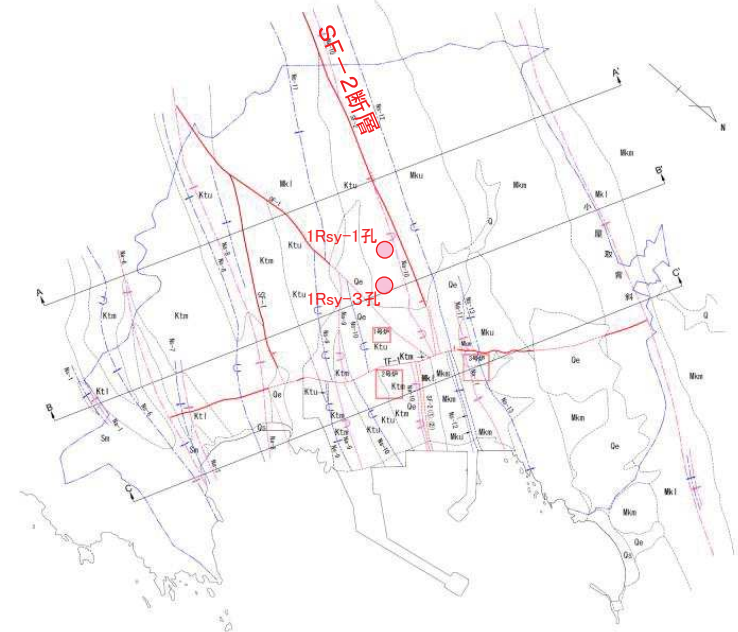
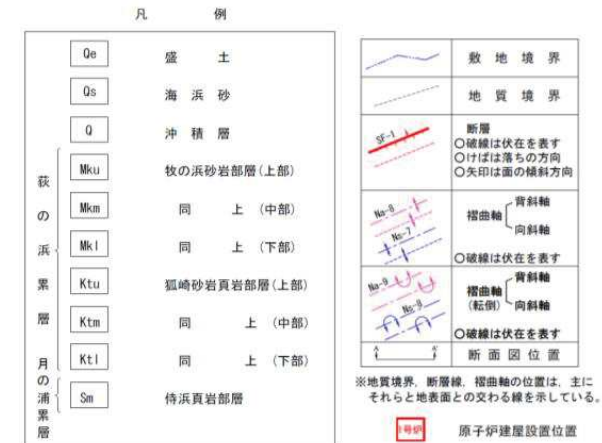


1Rsy-1孔コア写真

(深度173.15~174.10m)
葉片状、鱗片状及び角礫状の固結部、粘土状、砂状及び岩片状物質からなる。厚さは61cm。
傾斜は50°。鏡肌・条線あり。



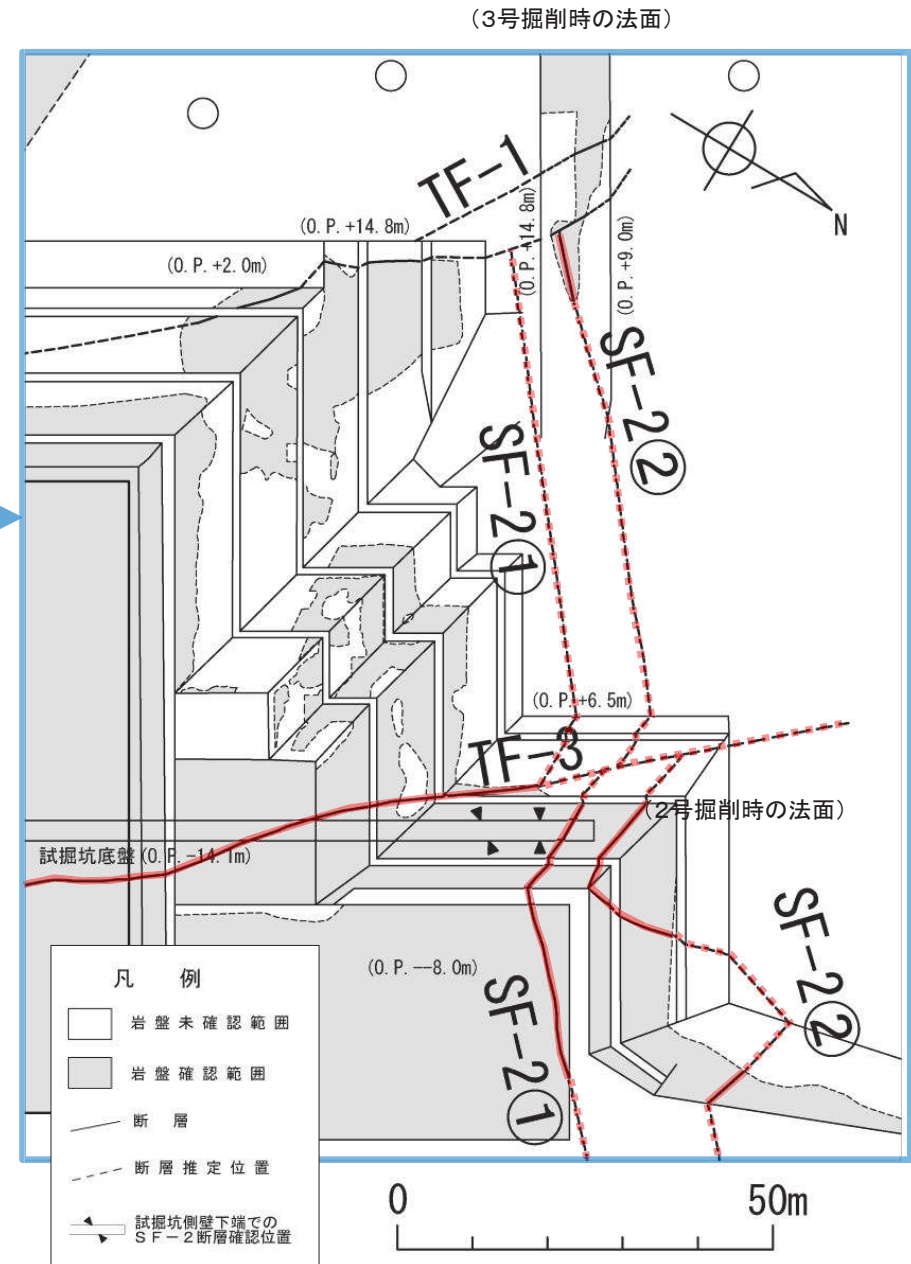
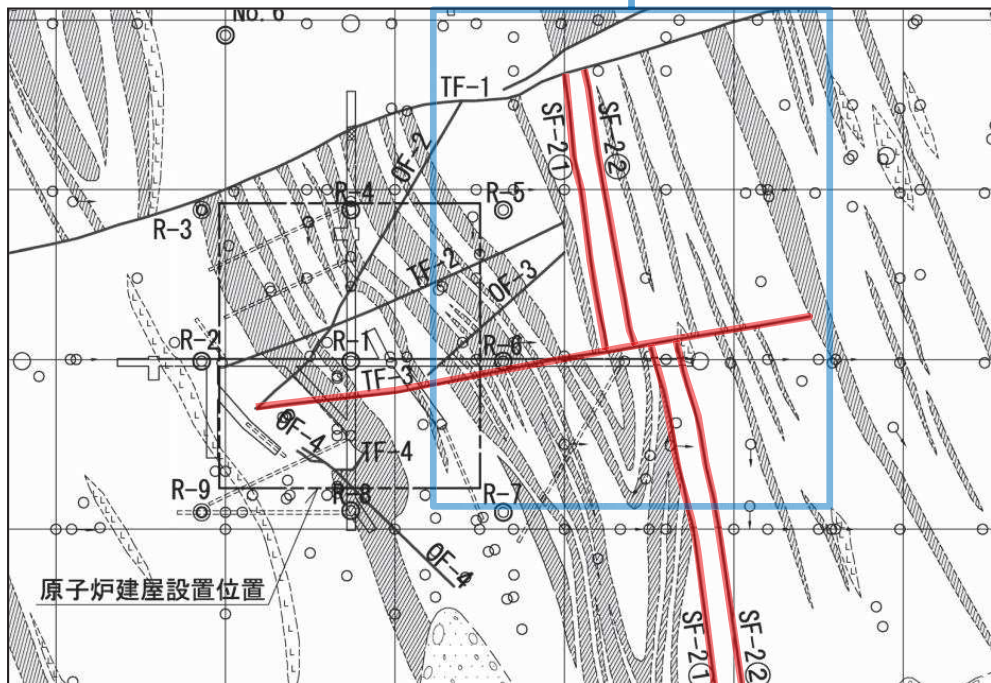
1Rsy-3孔コア写真



2. 敷地の断層 2.1 走向断層(SF系)

2.1.2 SF-2断層【TF-3断層との関係】

➤ TF-3断層(延長想定線)を挟んで、3号掘削時の法面で確認されたSF-2②断層の延長想定位置(南西側)に対して、2号掘削時の法面で確認されたSF-2②断層の位置(北西側)にずれが認められることから、SF-2断層はTF-3断層に切られているものと推定。



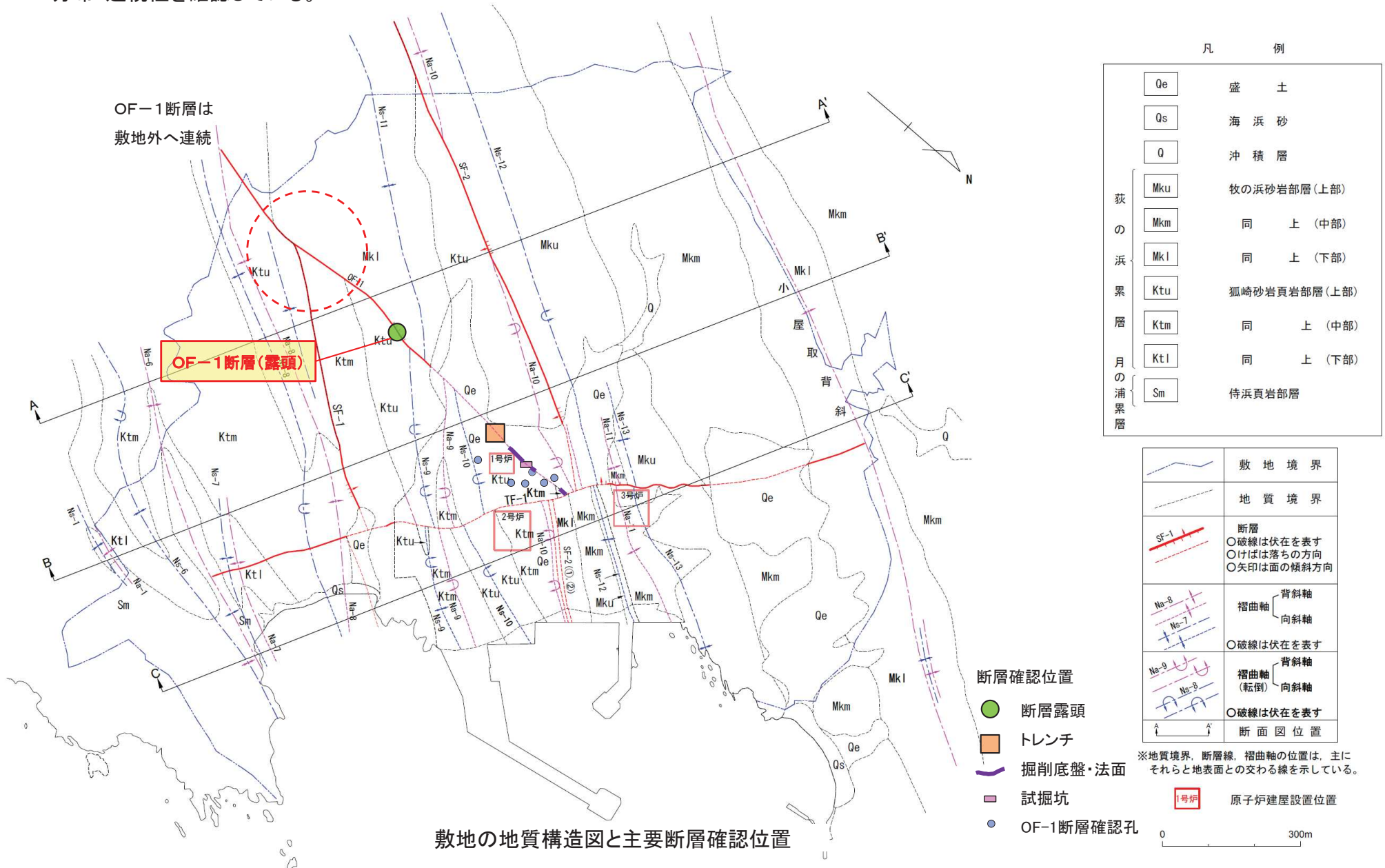
2. 2 斜交断層(OF系)

- 2. 2. 1 OF-1断層
- 2. 2. 2 OF-2断層
- 2. 2. 3 OF-3断層
- 2. 2. 4 OF-4断層
- 2. 2. 5 OF-5断層
- 2. 2. 6 OF-6断層
- 2. 2. 7 OF-7断層

2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

2.2.1 OF-1断層【確認位置】

➤ OF-1断層については、断層露頭、トレンチ、試掘坑、ボーリング、掘削底盤・法面にて、性状を観察するとともに、分布・連続性を確認している。



2. 2 斜交断層(OF系)

- 2. 2. 1 OF-1断層
- 2. 2. 2 OF-2断層
- 2. 2. 3 OF-3断層
- 2. 2. 4 OF-4断層
- 2. 2. 5 OF-5断層
- 2. 2. 6 OF-6断層
- 2. 2. 7 OF-7断層

2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

2.2.2 OF-2断層【確認位置, 性状及び連続性】

【OF-2断層の性状】

- 2号炉試掘坑内において, OF-2断層を確認。(①)
- ✓ 試掘坑, 試験坑で確認。
- ✓ 概ねE-W走向, 70° N~90° 傾斜。
- ✓ 破碎幅は, 最大で約5cm。

【鉛直方向の連続性】

- 深部方向には連続しない。
- ✓ 非常に連続性の良い頁岩層に顕著な変位が想定されないことを確認。(X-X'断面, Y-Y'断面)(②, ③)

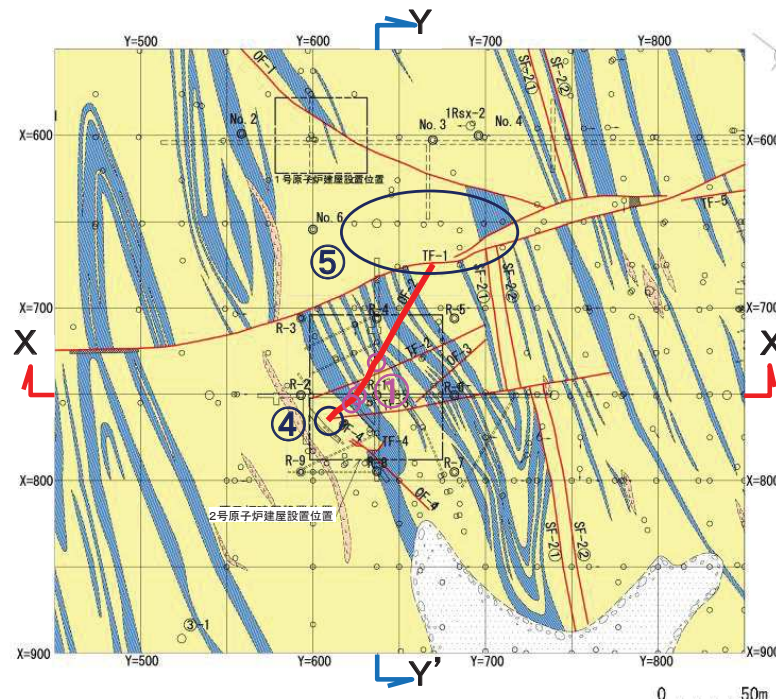
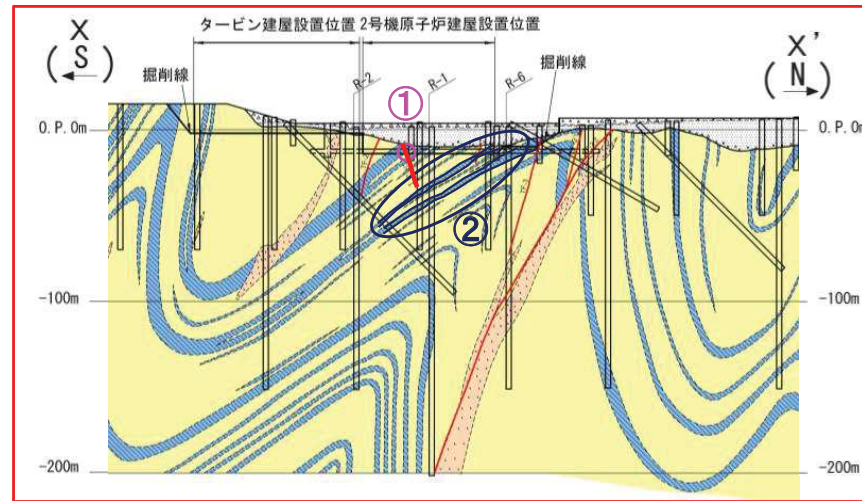
【水平方向の連続性】

- 断層の東端は, 原子炉建屋範囲内(東側)で消滅。(④)
- ✓ T-1'試験坑(後述)には連続しないことを確認。
- ✓ 掘削基礎底盤内で, 末端部付近でTF-3断層を切りつつ消滅していることを確認。
- 断層の西端は, TF-1断層に切られていると判断している。(⑤)
- ✓ TF-1断層上盤側において, OF-2断層延長想定位置付近で, 対応する破碎部が認められないこと, 非常に連続性の良い頁岩層に顕著な変位が想定されないこと等から, TF-1断層を切って連続することはないことを確認。

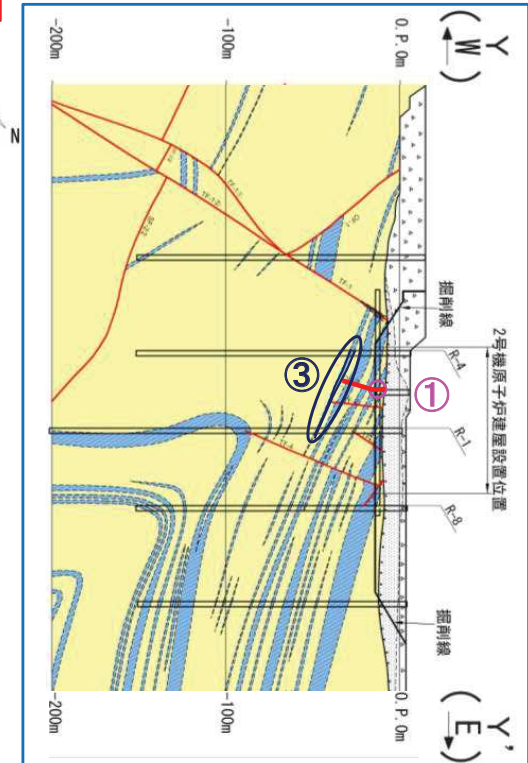
【他の断層との関係】

- 掘削基礎底盤にて, OF-2断層はTF-2断層及びTF-3断層を切っている状況を確認している。

地質鉛直断面図(X-X')



2号原子炉建屋設置位置周辺の地質水平断面図(O.P.約14m)



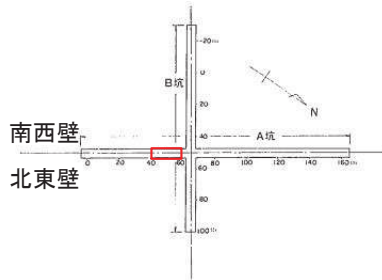
地質鉛直断面図(Y-Y')

2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

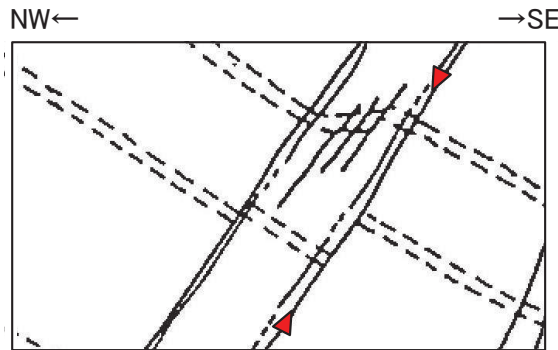
2.2.2 OF-2断層【断層の性状(2号炉試掘坑)】

- 2号炉試掘坑内の露頭において、OF-2断層を確認。
- ✓ 幅0.5~1.5cmの破碎部がみられる。
- ✓ 上盤側(北西側)下がりの正断層センスの動きを示す地層の変形及び落差約15~40cmのずれがみられる。

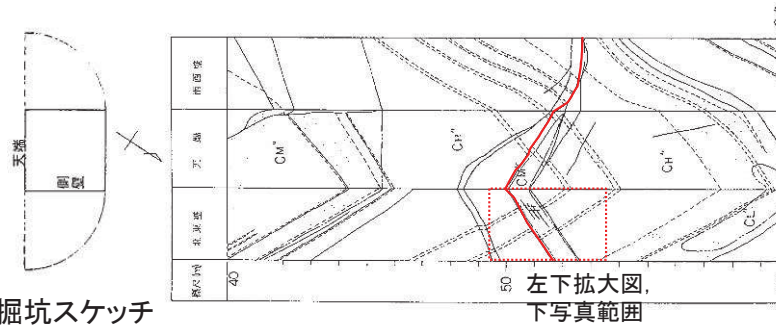
OF-2断層(2号炉試掘坑A坑北東壁)



試掘坑配置図

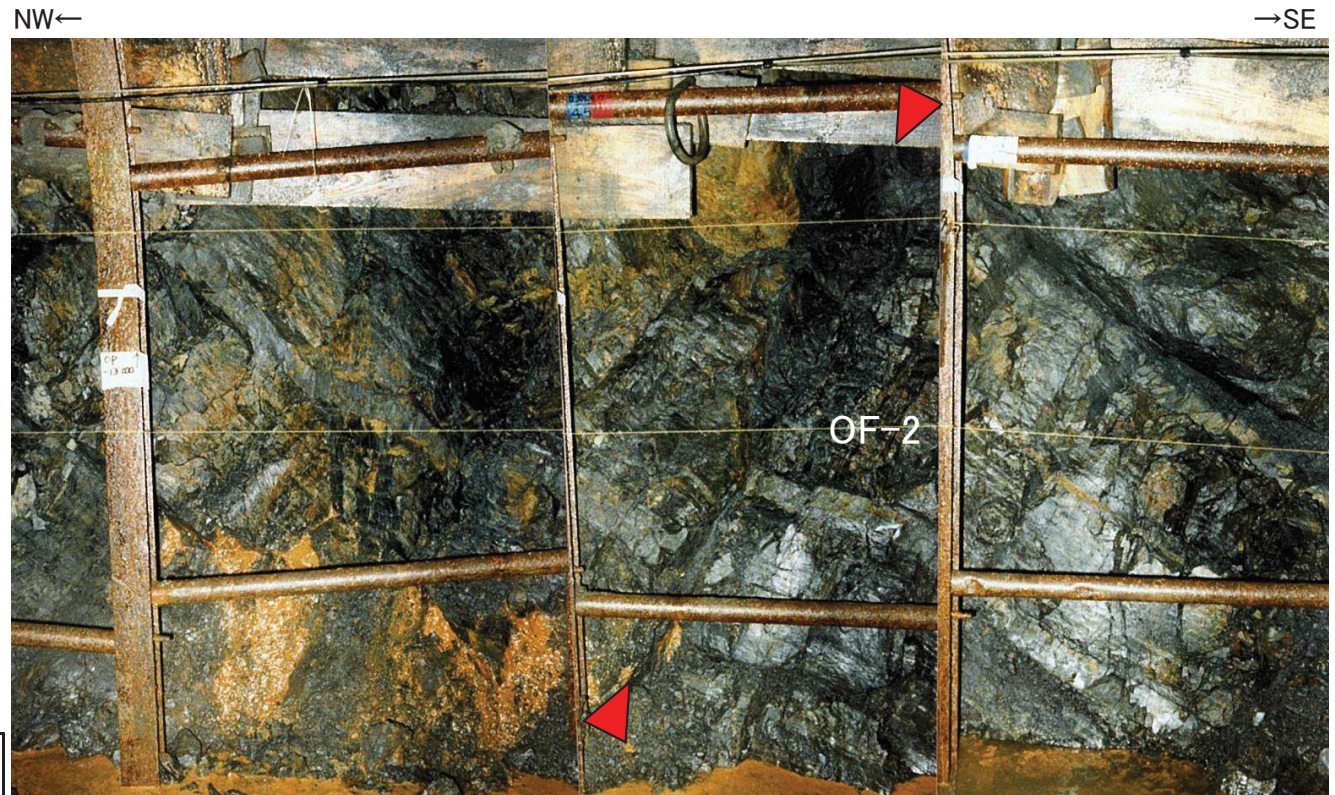
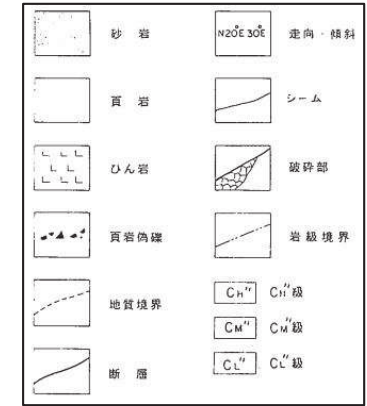


OF-2断層近傍
2号炉試掘坑A坑北東壁スケッチ
(展開図を反転)



試掘坑スケッチ
展開方法

OF-2断層周辺 2号炉試掘坑A坑展開図



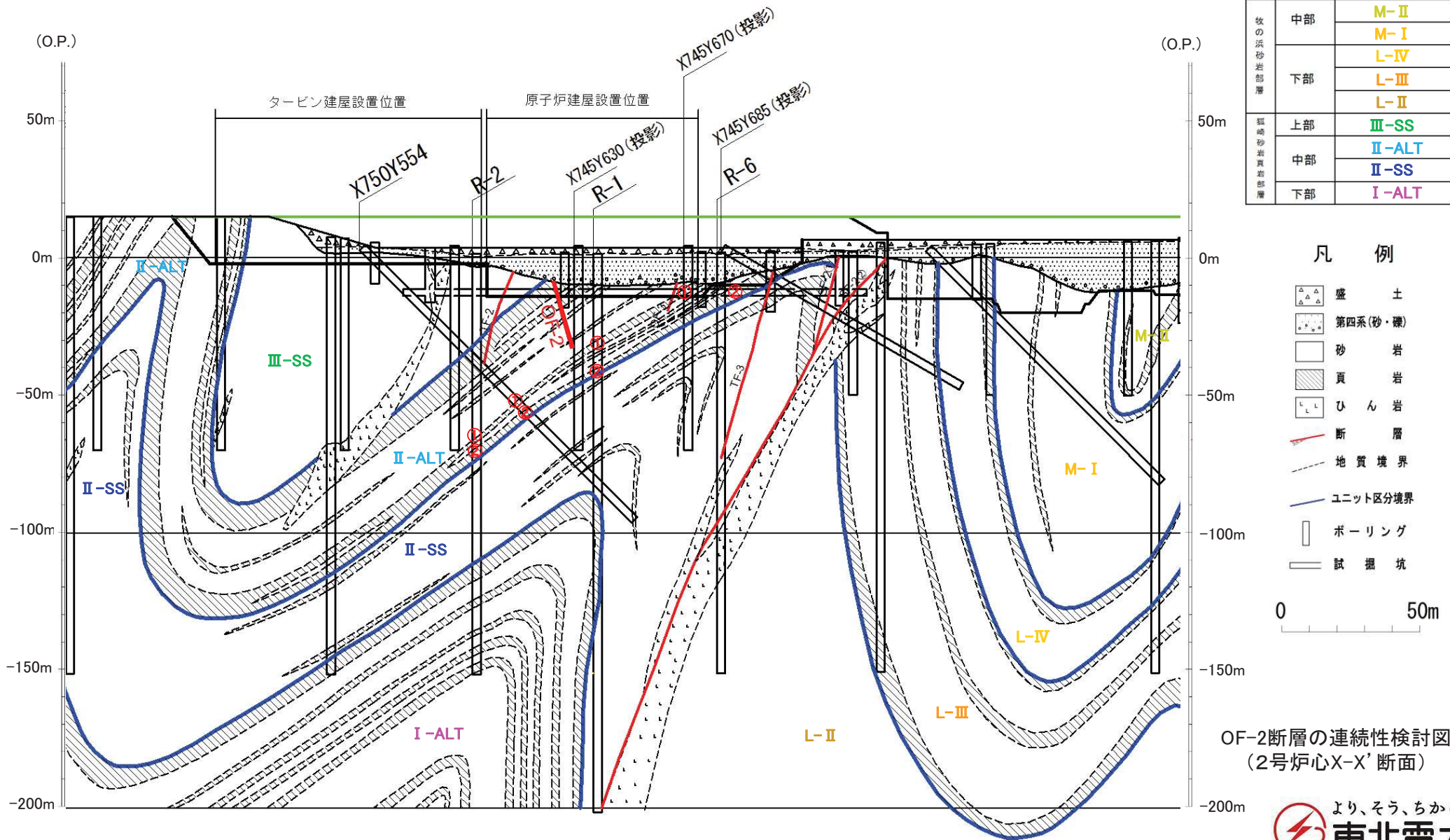
OF-2断層 2号炉試掘坑A坑北東壁写真

| 断層名 | 断層のタイプ | センス | 走向/傾斜 | 最大破碎幅(cm) | 性状 |
|------|--------|----------------|----------------------------|-----------|-------------|
| OF-2 | 斜交断層 | 北側下がり (正断層) | N68° W~80° E/ 70° N~90° | 5 | 角礫・砂・粘土を含む。 |

2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

2.2.2 OF-2断層【深部方向の連続性(X-X'断面①)】

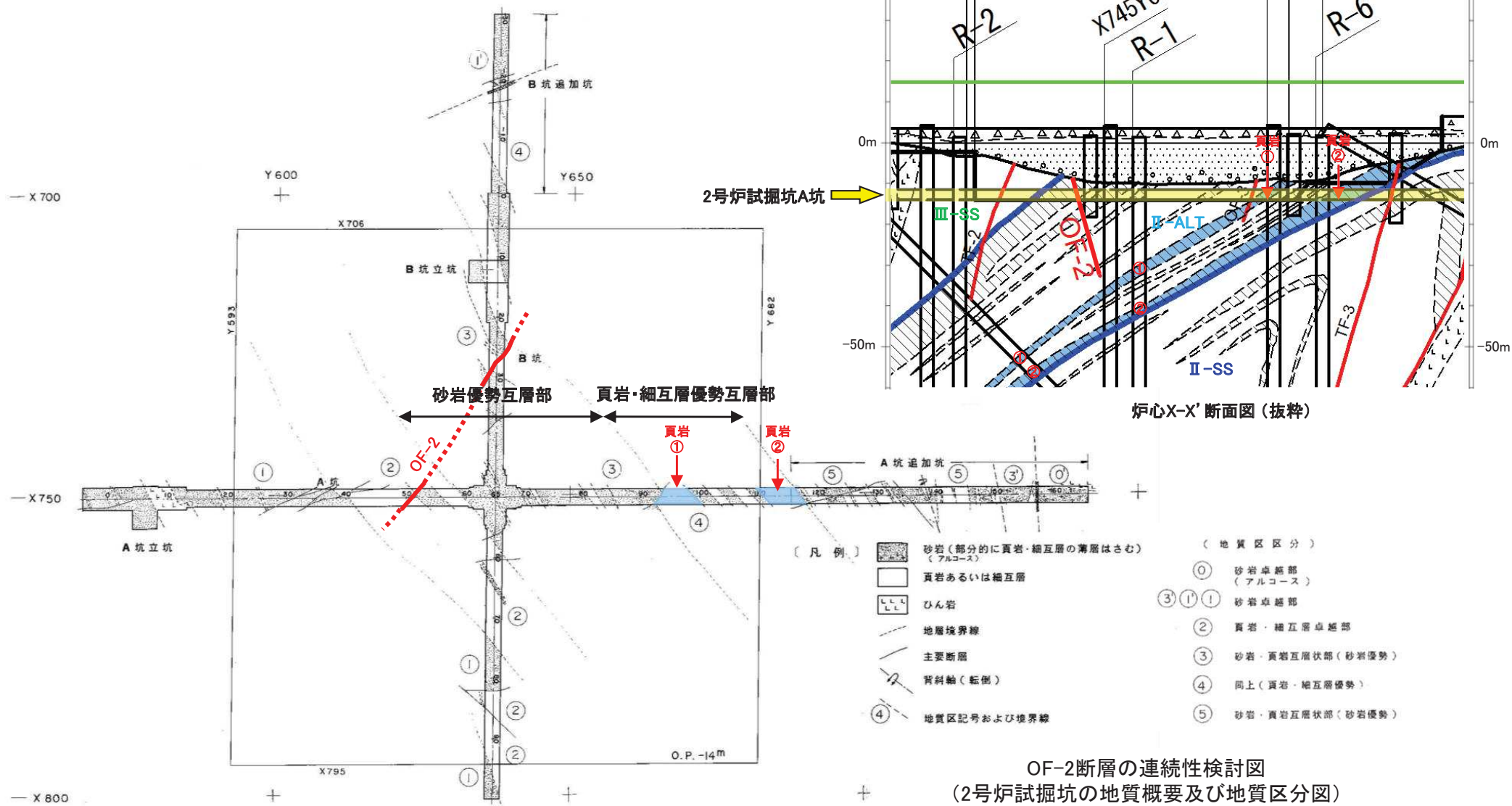
- ▶ 深部方向には連続しない。
- ✓ 試掘坑から連続する2枚の頁岩層が断層を挟む2孔間等で、非常に良く連続し、断層による顕著な変位が想定されないことを確認。



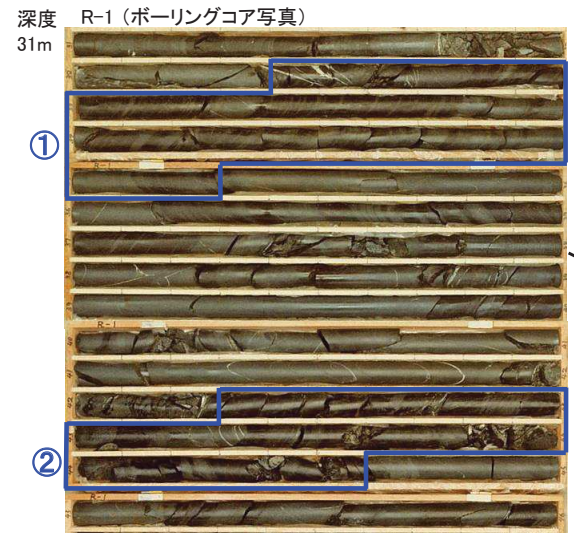
2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

2.2.2 OF-2断層【深部方向の連続性(X-X'断面②)】

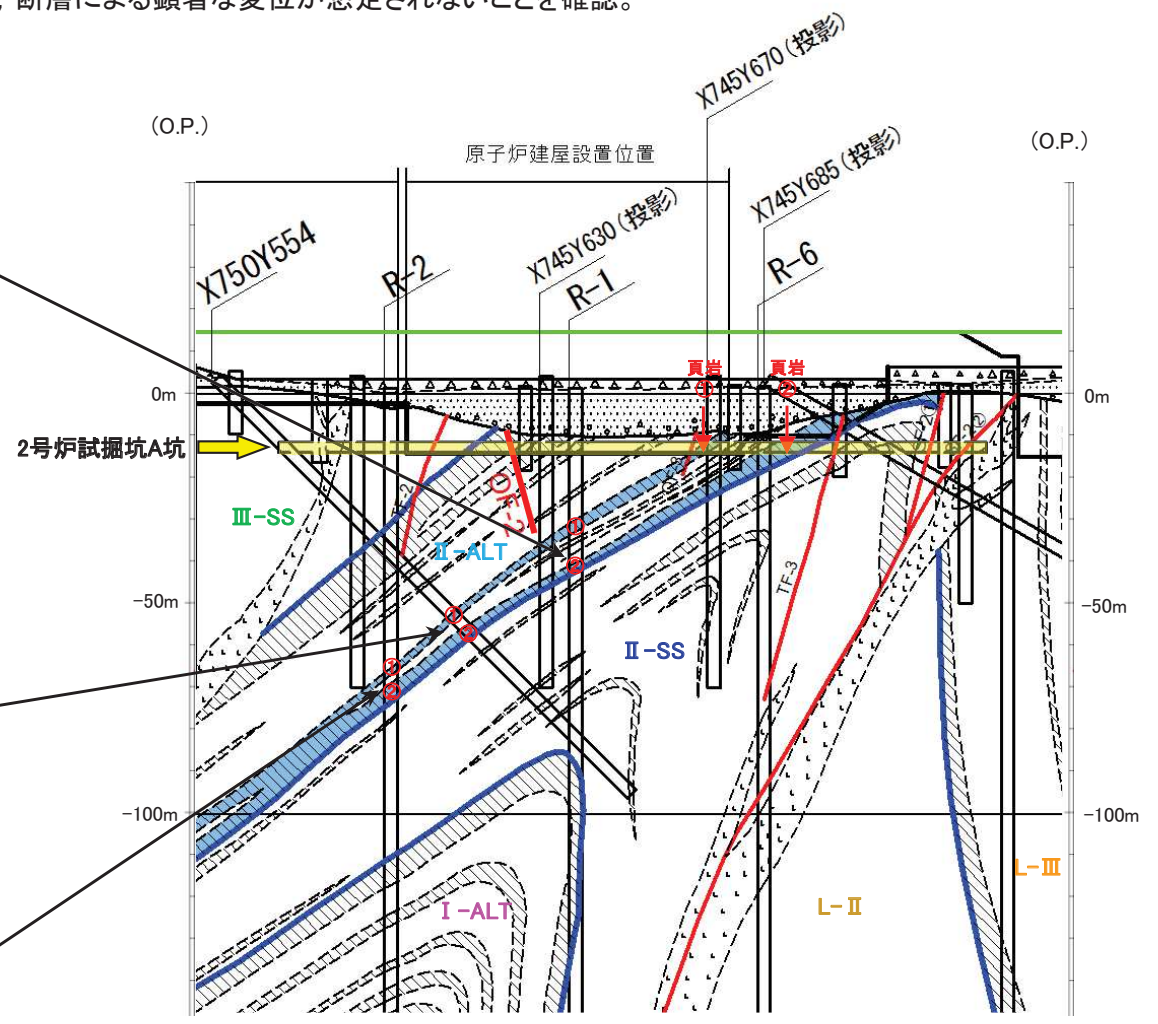
- 深部方向には連続しない。
- ✓ 試掘坑から連続する2枚の頁岩層が断層を挟む2孔間で、非常に良く連続し、断層による顕著な変位が想定されないことを確認。



2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)
2.2.2 OF-2断層【深部方向の連続性(X-X'断面③)】



➤ 試掘坑から連続する2枚の頁岩層が、R-1孔からX750Y554孔、R-2孔にかけて、非常に良く連続し、断層による顕著な変位が想定されないことを確認。

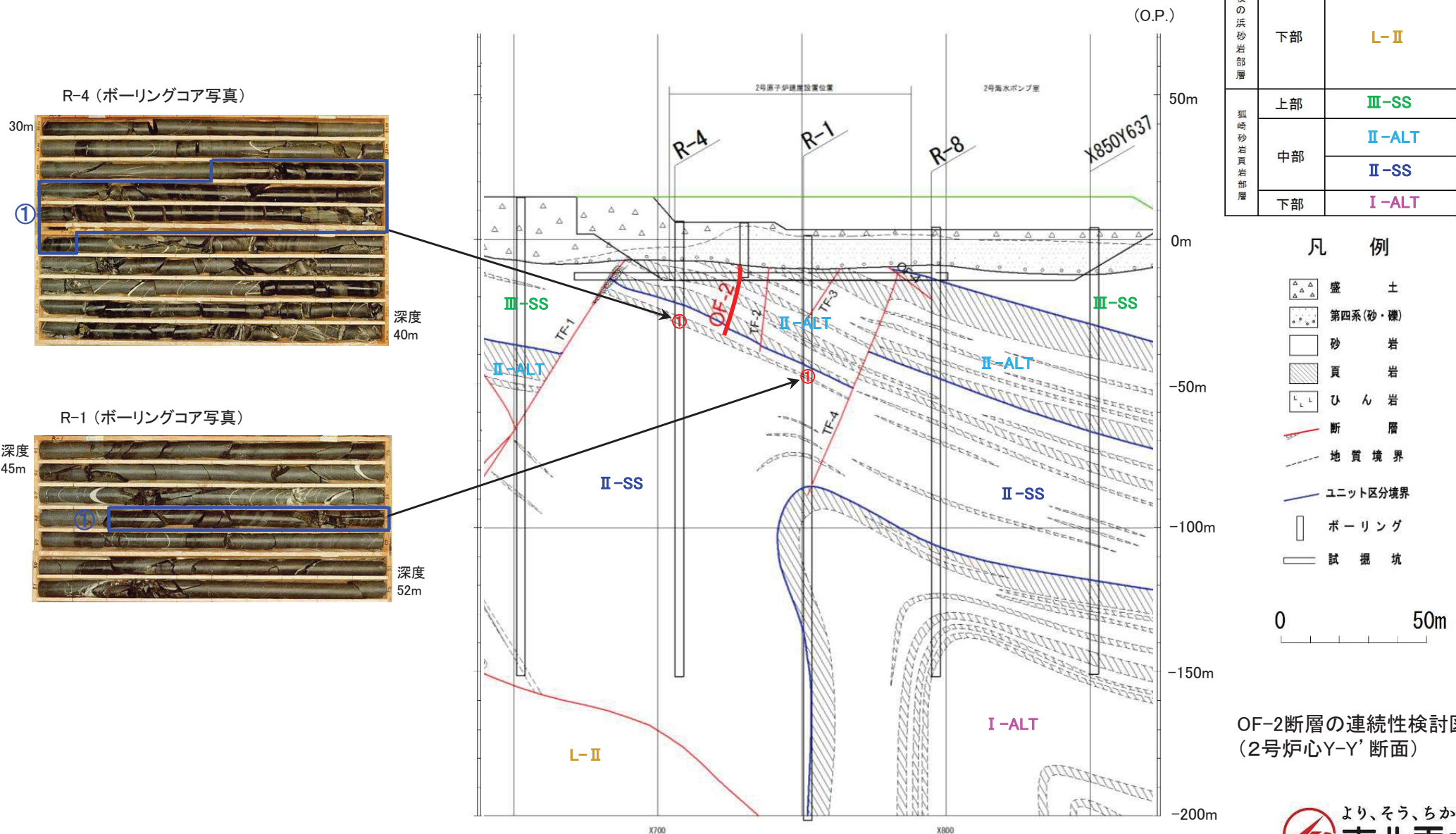


2号炉心X-X'断面図(抜粋)

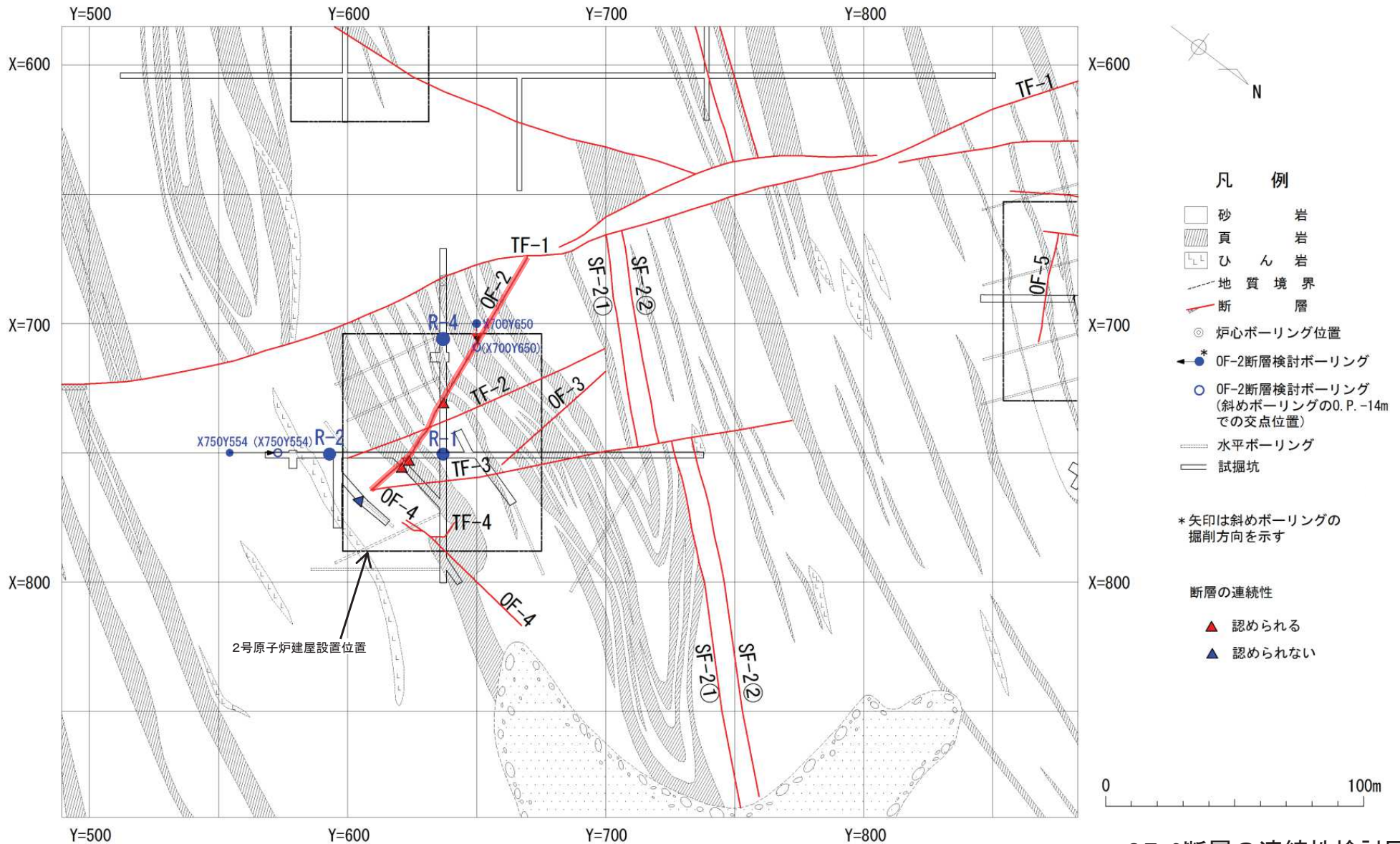
2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

2.2.2 OF-2断層【深部方向の連続性(Y-Y'断面)】

- 深部方向には連続しない。
- ✓ 断層を挟む2孔間で、頁岩層が非常に良く連続し、断層による顕著な変位が想定されないことを確認。



2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)
2.2.2 OF-2断層【水平方向の連続性】

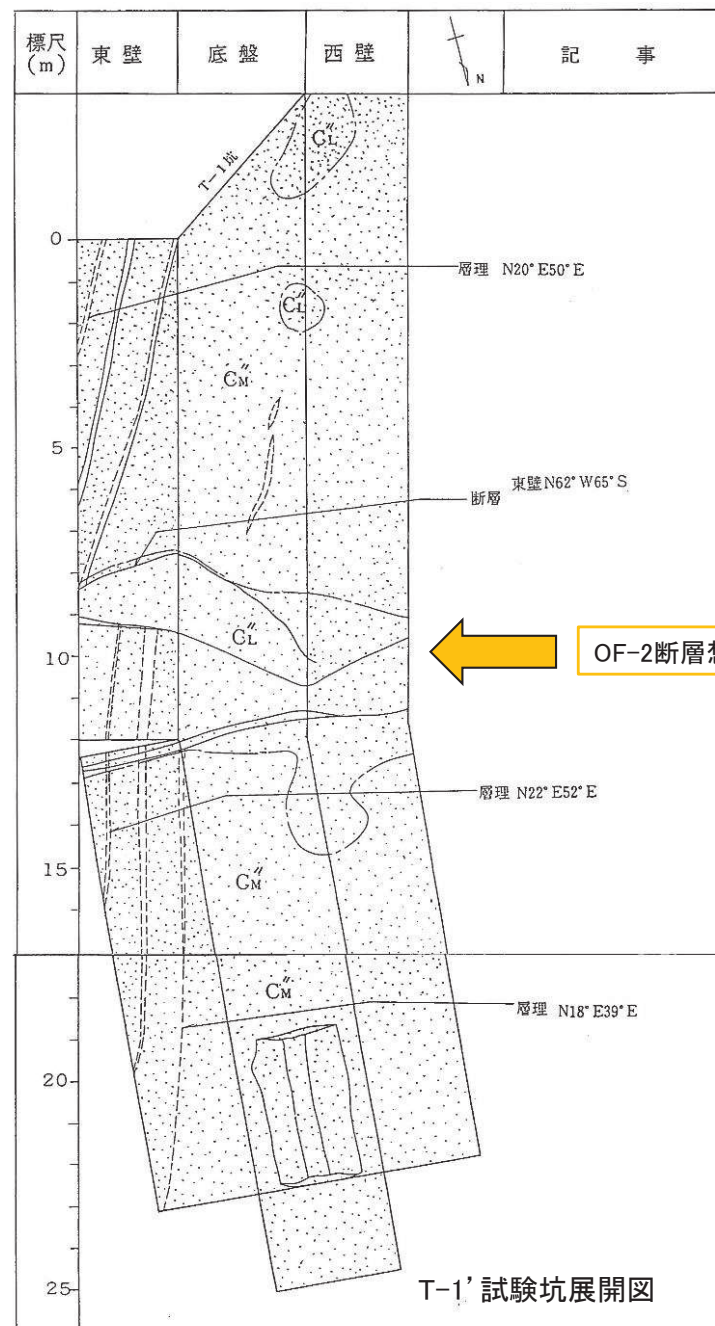
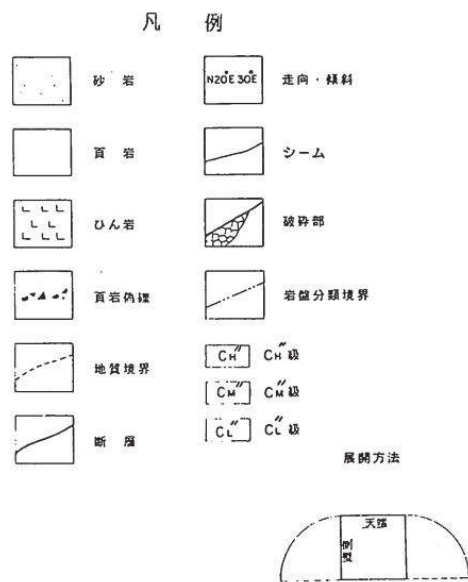
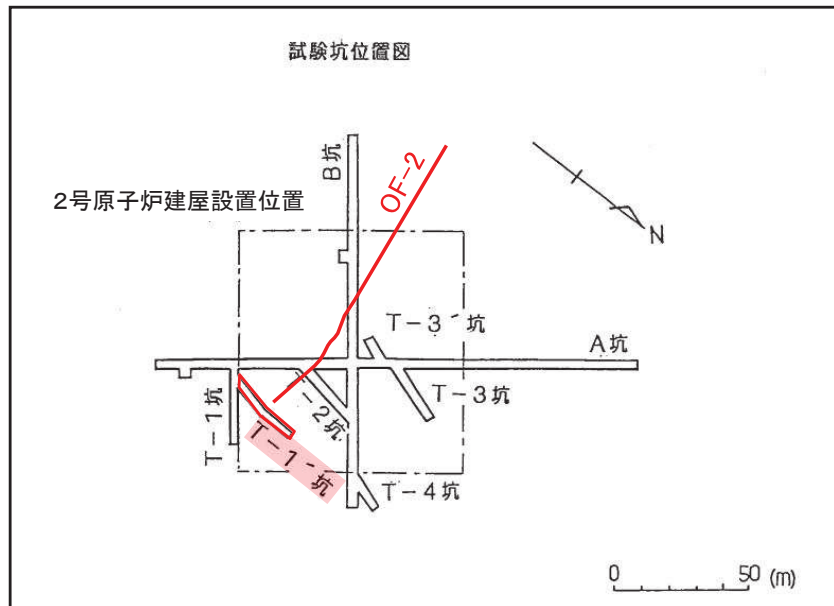


OF-2断層の連続性検討図
(地質平面図:O.P.約-14m)

2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

2.2.2 OF-2断層【水平方向の連続性(東端部①): 2号炉T-1'試験坑】

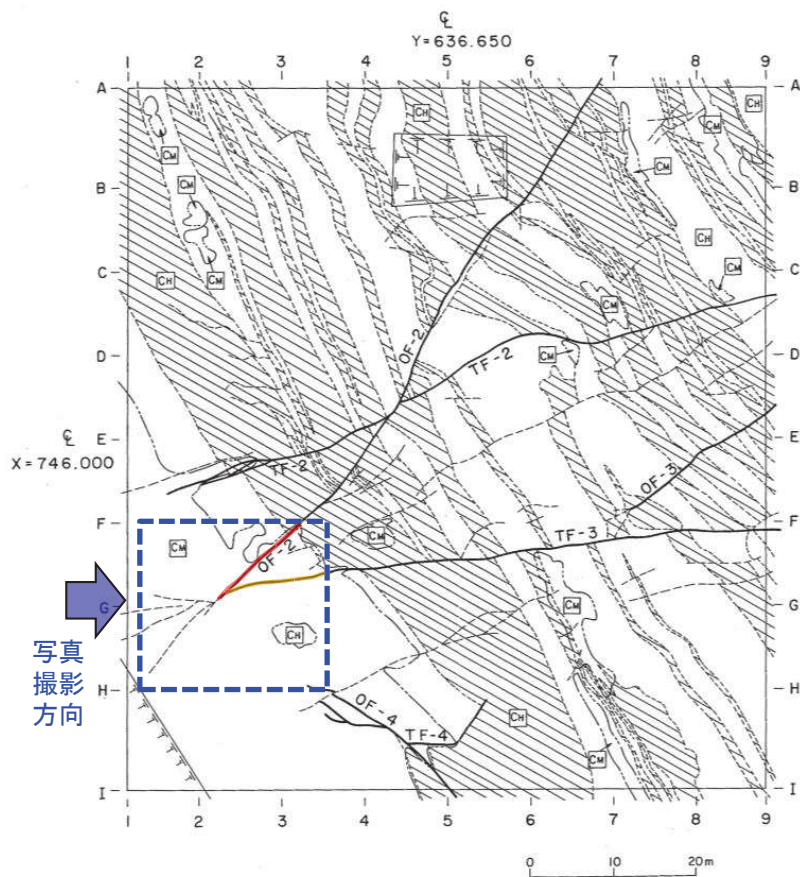
- 断層の東端は、原子炉建屋範囲内(東側)で消滅。
- ✓ OF-2断層想定延長位置付近について、T-1'試験坑に断層は認められない。



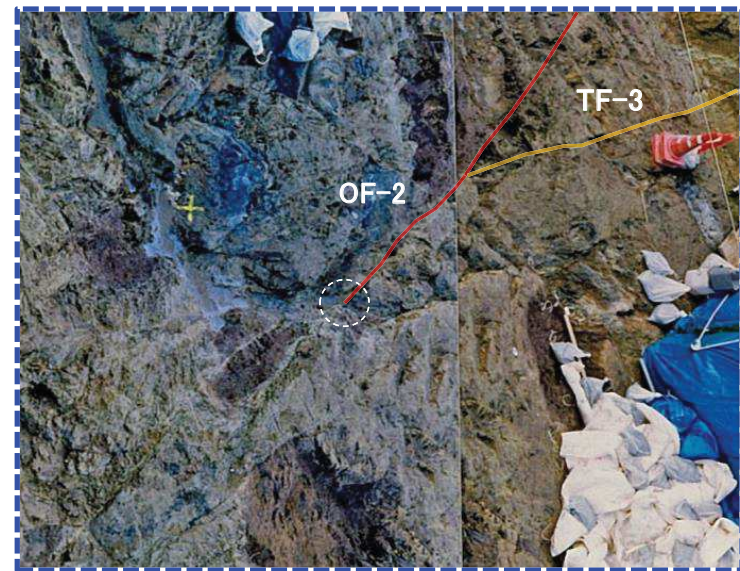
2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

2.2.2 OF-2断層【水平方向の連続性(東端部②:2号原子炉掘削底盤)】

- 断層の東端は、2号原子炉建屋範囲内で消滅。
- ✓ OF-2断層の東端は、掘削基礎底盤内で消滅していることを確認。
- OF-2断層がTF-3断層を切っている状況を確認。



2号原子炉建屋掘削底盤スケッチ

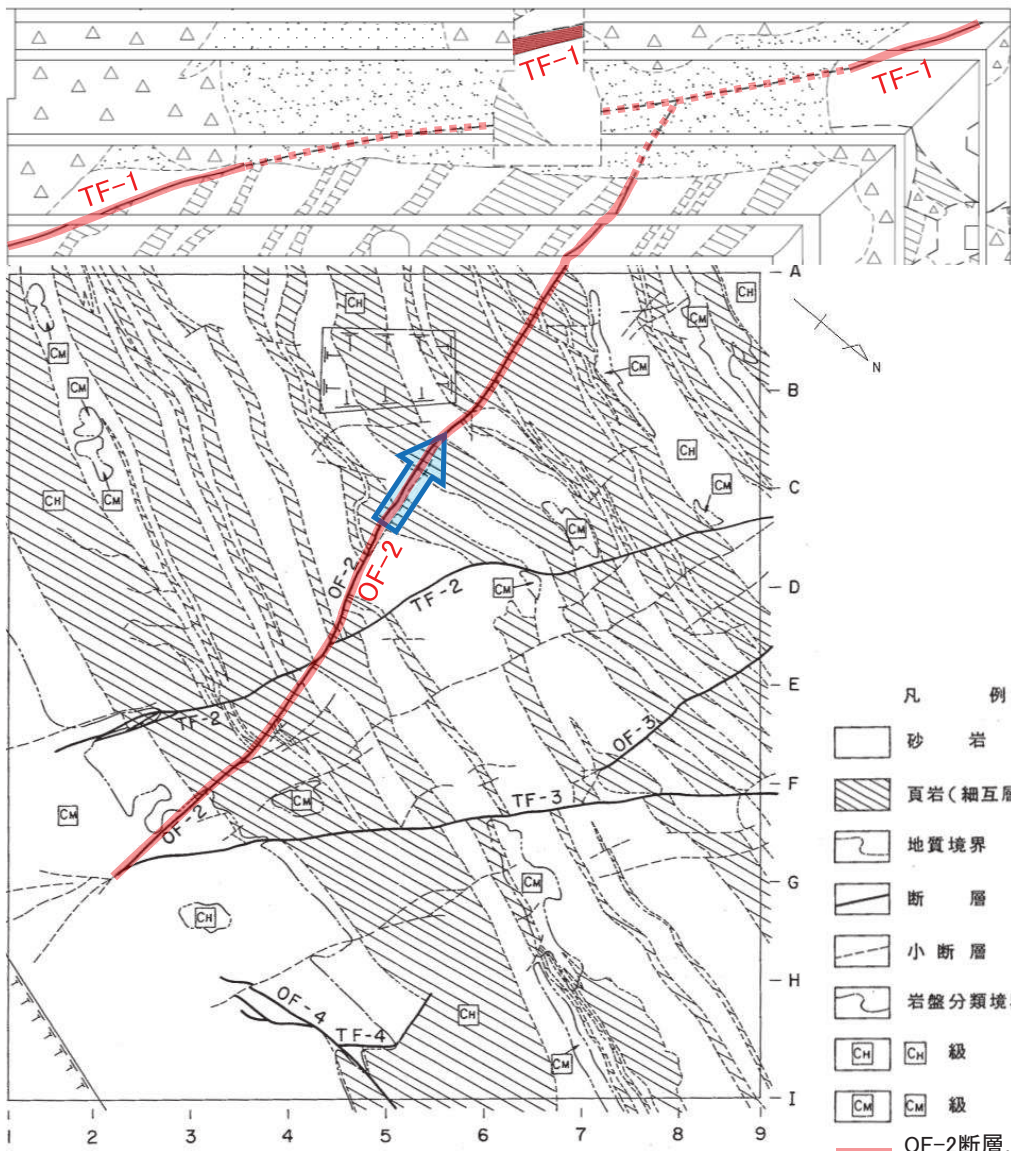


2号原子炉建屋掘削時の岩盤状況写真

2. 敷地の断層 2.2 斜交断層 (OF系)

2.2.2 OF-2断層 【水平方向の連続性 (西端部①:2号原子炉掘削西壁法面)】

➤ 2号原子炉掘削西壁法面にて、OF-2断層とTF-1断層が近接して分布するものの、接合関係は不整合により上位の沖積層に削剥され確認されない。

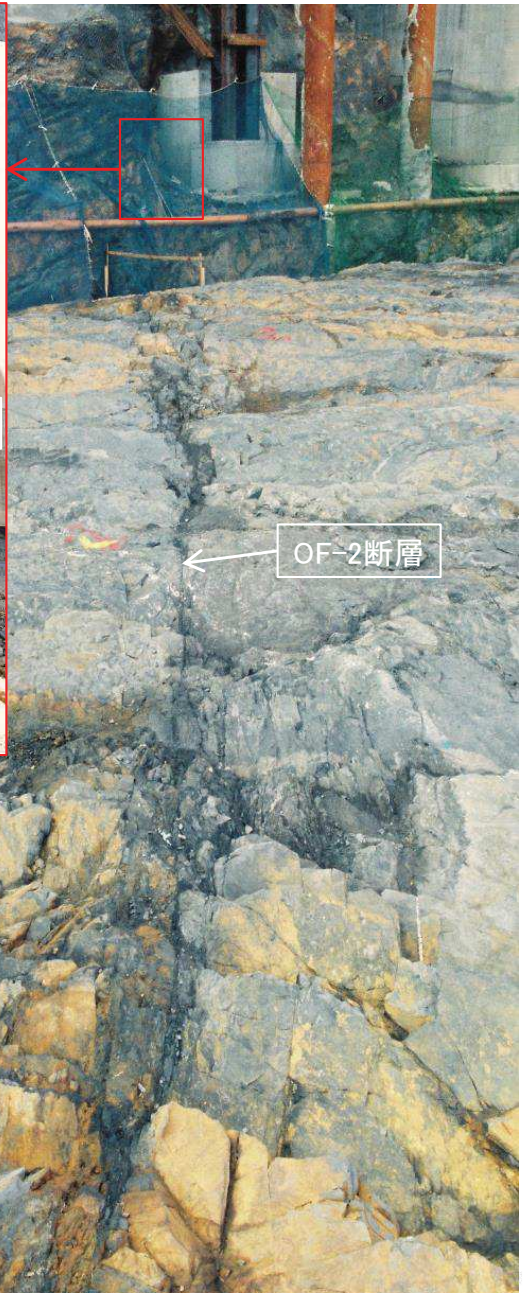


2号原子炉建屋掘削底盤スケッチ
(上:掘削法面のスケッチ)

- 凡 例
- 砂 岩
 - 頁岩 (細互層を含む)
 - 地質境界
 - 断 層
 - 小断層
 - 岩盤分類境界
 - CH 級
 - CM 級
 - OF-2断層, TF-1断層 (点線は推定)
 - 写真撮影方向



拡大写真

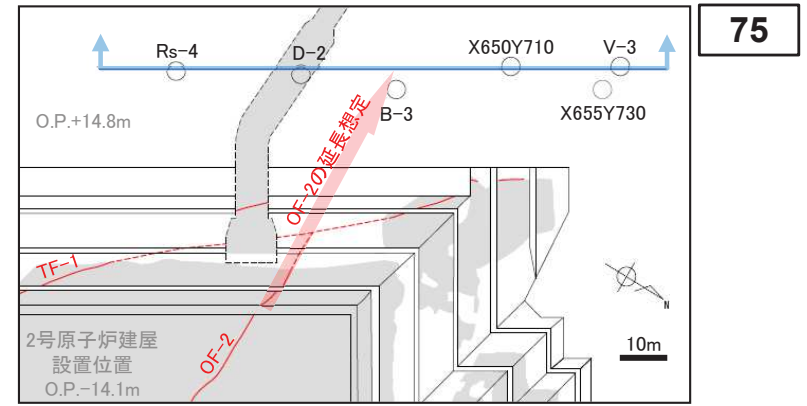


2号原子炉建屋底盤写真 (OF-2断層:東から西を望む)

2.2.2 OF-2断層

【水平方向の連続性(西端部②:X650断面)】

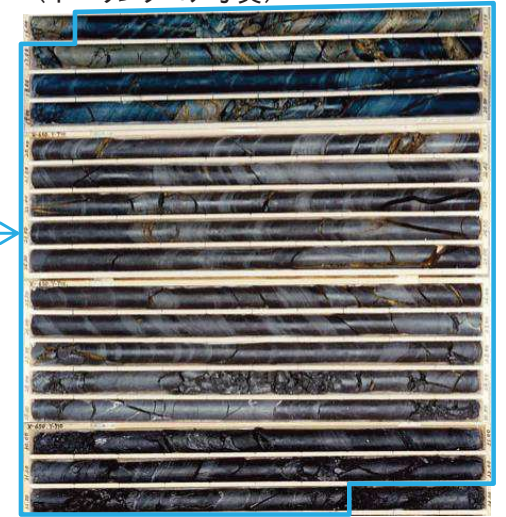
- OF-2断層の西端は、TF-1断層を越えた上盤側で、延長想定位置に連続しないことから、TF-1断層に切られていると判断している。
- ✓ OF-2断層延長想定位置付近のB-3孔には、OF-2断層の対応する破砕部は認められないことを確認。
- ✓ OF-2断層延長想定位置を挟むボーリング孔の間で、頁岩層が非常に良く連続し、断層による顕著な変位が想定されないことを確認。



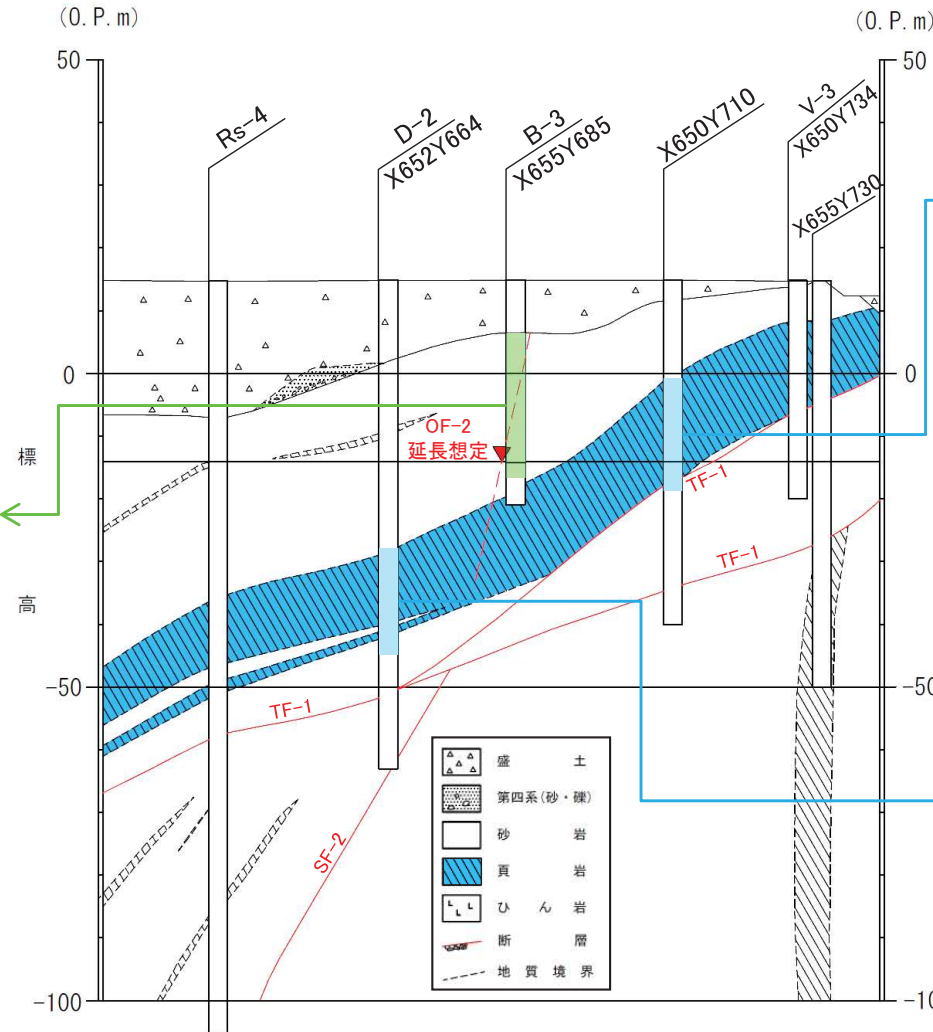
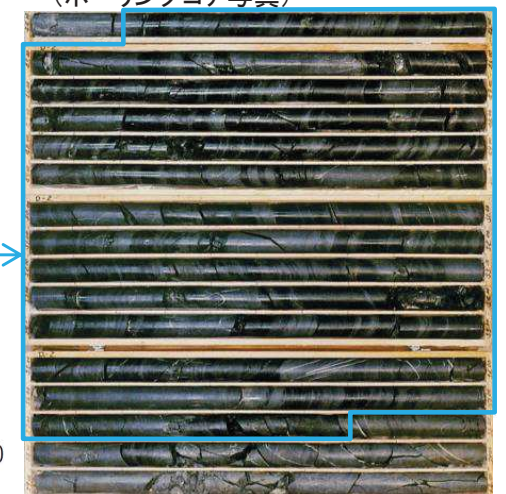
X655Y685(B-3)
(ボーリングコア写真) 深度:8~30m



X650Y710
(ボーリングコア写真) 深度:16~33m



X652Y664(D-2)
(ボーリングコア写真) 深度:44~60m



2. 2 斜交断層(OF系)

- 2. 2. 1 OF-1断層
- 2. 2. 2 OF-2断層
- 2. 2. 3 OF-3断層**
- 2. 2. 4 OF-4断層
- 2. 2. 5 OF-5断層
- 2. 2. 6 OF-6断層
- 2. 2. 7 OF-7断層

2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

2.2.3 OF-3断層【確認位置, 性状及び連続性】

【OF-3断層の性状】

- 2号炉試掘坑内において, OF-3断層を確認。(①)
- ✓ 試掘坑, ボーリングで確認。
- ✓ 概ねE-W走向, 60° S~85° N傾斜。
- ✓ 破碎幅は, 最大で約12cm。

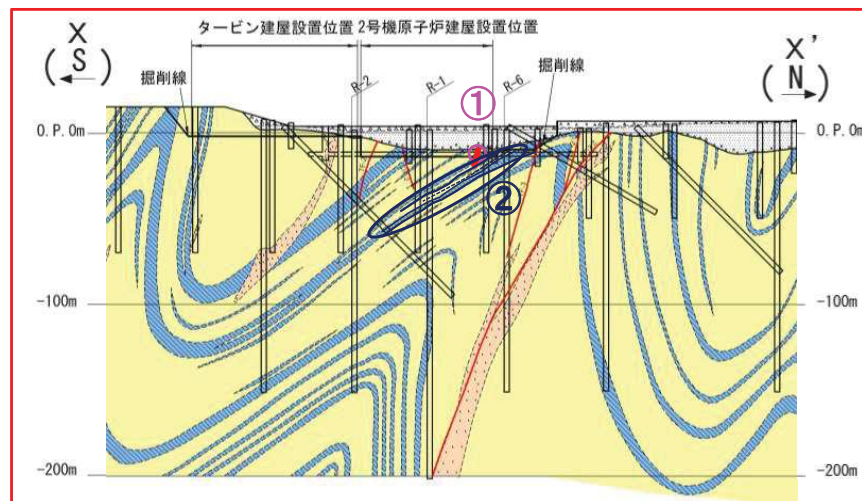
【鉛直方向の連続性】

- 深部方向に連続しない。
- ✓ 非常に連続性の良い頁岩層に顕著な変位が想定されないことを確認。(X-X'断面)(②)

【水平方向の連続性】

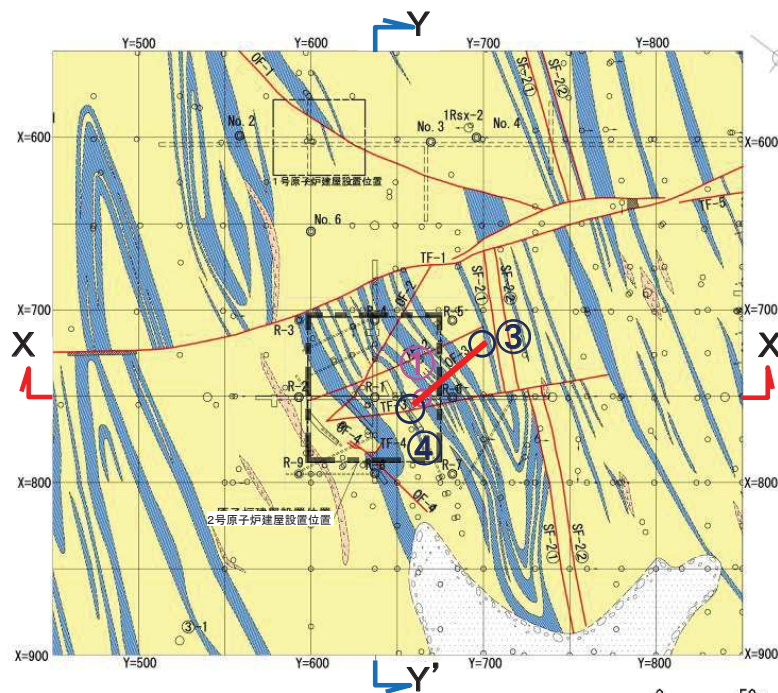
- 断層の西端は, 原子炉建屋北西側法面付近で消滅。(③)
- ✓ 掘削法面データにより, 断層想定延長部には断層が存在しないことを確認。
- 断層の東端は, 原子炉建屋範囲内(北西部)で消滅。(④)
- ✓ T-3試験坑(後述)には連続しないことを確認。
- ✓ 掘削基礎底盤内で消滅していることを確認。

地質鉛直断面図(X-X')

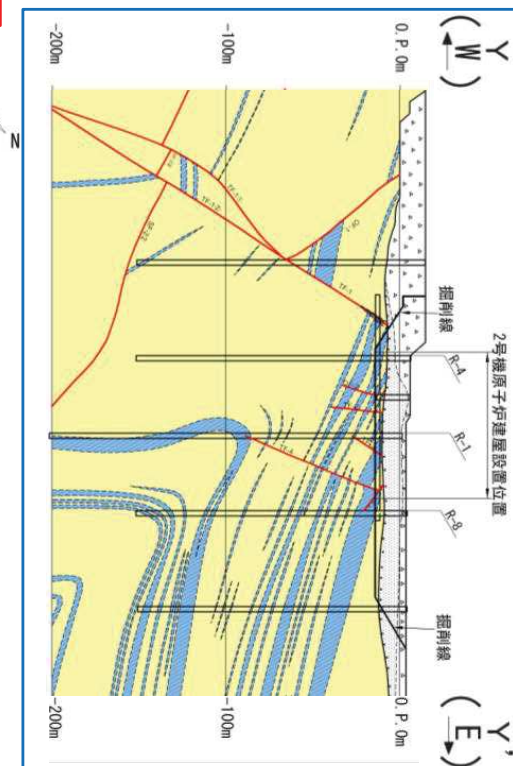


凡例

- 盛土
- 第四系(砂礫)
- 砂岩
- 頁岩
- ひん岩
- 地質境界
- 断層
- 炉心ボーリング位置
- ボーリング位置
- 水平ボーリング
- 試掘坑
- 試掘坑(1, 3号炉関連)
- *矢印は斜めボーリングの掘削方向を示す



2号原子炉建屋設置位置周辺の地質水平断面図(O.P.約14m)



地質鉛直断面図(Y-Y')

2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

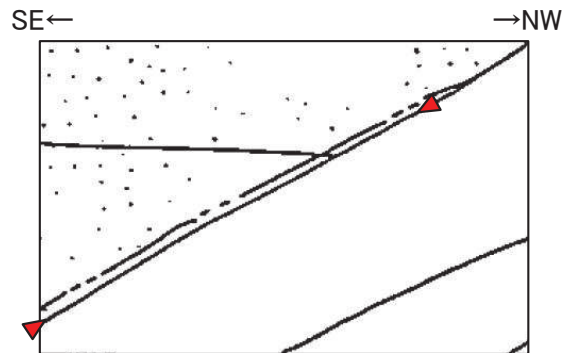
2.2.3 OF-3断層【断層の性状(2号炉試掘坑)】

- 2号炉試掘坑内の露頭において、OF-3断層を確認。
- ✓ 幅1~12cmの破碎部がみられる。

OF-3断層 (2号炉試掘坑A坑南西壁)

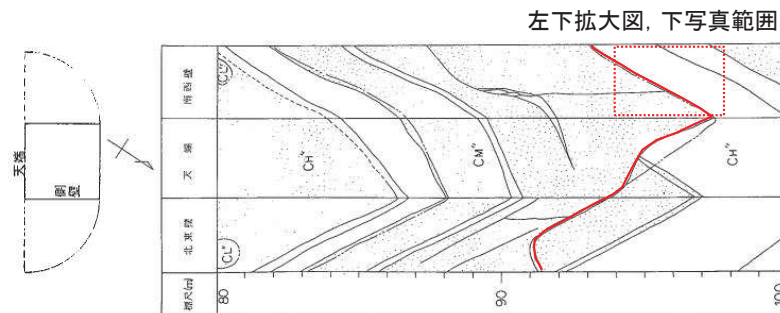


試掘坑配置図

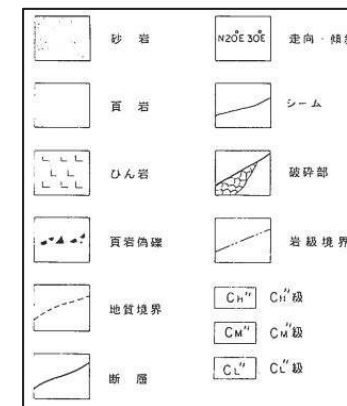


OF-3断層近傍
2号炉試掘坑A坑南西壁スケッチ
(展開図を反転)

試掘坑スケッチ
展開方法



OF-3断層周辺 2号炉試掘坑A坑展開図



| 断層名 | 断層のタイプ | センス | 走向/傾斜 | 最大破碎幅 (cm) | 性状 |
|------|--------|-------------|---------------------------|------------|-------------|
| OF-3 | 斜交断層 | 南側下がり (正断層) | N70° ~75° W / 60° S~85° N | 12 | 角礫・砂・粘土を含む。 |

OF-3断層 2号炉試掘坑A坑南西壁写真

2. 敷地の断層 2.2 斜交断層(OF系)

2.2.3 OF-3断層【深部方向の連続性(X-X'断面①)】

- ▶ 深部方向には連続しない。
- ✓ 断層を挟む試掘坑とボーリング孔の間で、3枚の頁岩層が非常に良く連続し、断層による顕著な変位が想定されないことを確認。

