

6. 敷地～敷地近傍の断層

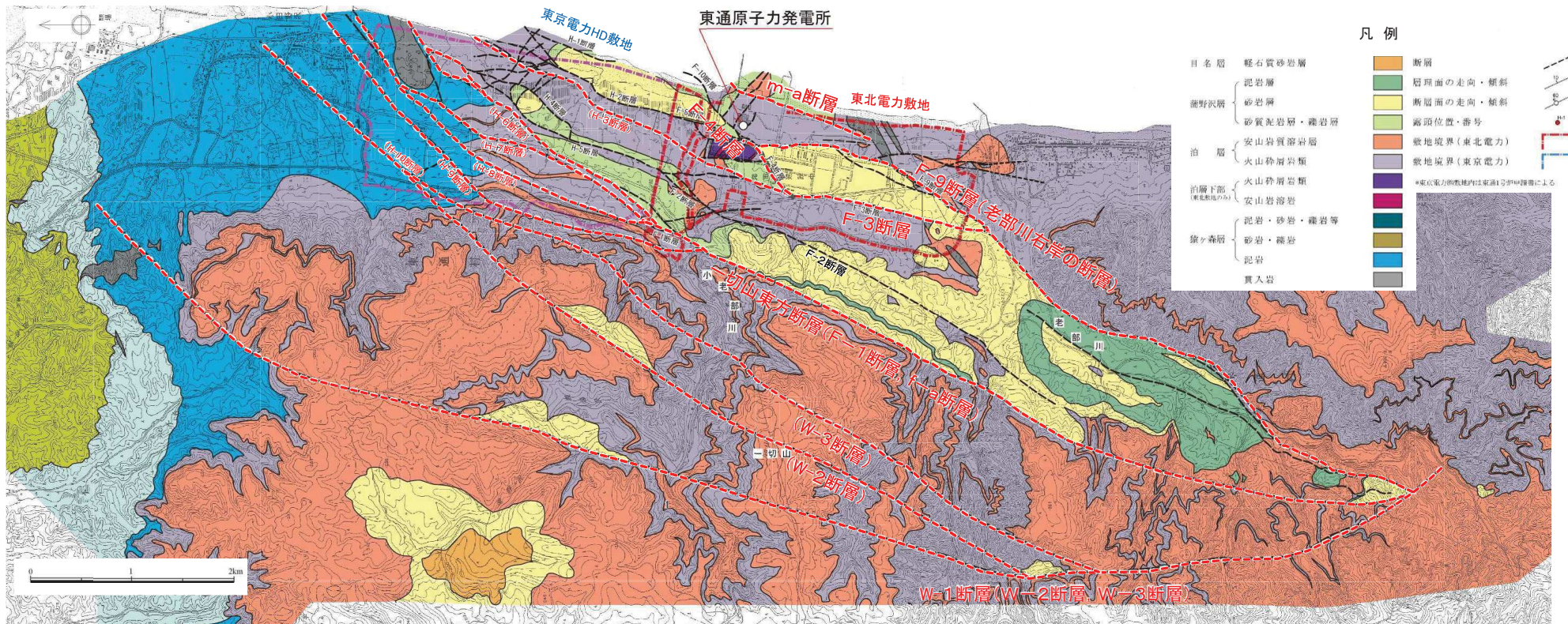
- 6.1 敷地～敷地近傍の地形, 地質・地質構造の概要
- 6.2 敷地～敷地近傍の断層と評価の概要
- 6.3 敷地～敷地近傍の震源として考慮する活断層の評価
 - 6.3.1 後期更新世以降の地形, 地層の変位・変形
 - 6.3.2 断層破碎部性状
 - 6.3.3 断層の切り切れ関係
 - 6.3.4 文献調査・変動地形学的調査
 - 6.3.5 断層の地下深部への連続性
 - 6.3.6 敷地～敷地近傍の地下深部地質構造
- 6.4 まとめ

6.3.1 後期更新世以降の地形、地層の変位・変形

評価の考え方

後期更新世以降の地形、地層の変位・変形について、6.2.2.2で選定したカテゴリーⅢの一切山東方断層(F-1断層、f-a断層)、W-1断層(W-2断層、W-3断層)、F-3断層、F-4断層、F-9断層(老部川右岸の断層)及びm-a断層を対象として、以下の考え方に基づき上載地層法にて検討を行った。

- 敷地周辺の段丘面は、高位面、中位面及び低位面に区分され、このうち敷地にはM₁面、M₁'面、M₂面、L₁面及びL₂面が分布することから、これらの段丘堆積物への断層による変位・変形の有無について検討を行う。
- 本項目における評価にあたり、各断層を被覆するMIS5eに対応する段丘堆積物(M₁面段丘堆積物、M₁'面段丘堆積物)に第四系の変状が認められるものについては、次項以降の活動性評価の検討を行うこととする。
- ✓ 第四系の変状は、断層の活動とは関連のない、地表付近に限られた局所的な現象と判断しているが、「後期更新世以降の活動はない」ことを確認する観点から、上載地層法により活動性を否定するデータとしては、単独で説明することが難しく総合的な判断を要するため、次項以降の検討を行う。
- また、MIS5eに対応するM₁面段丘堆積物及びM₁'面段丘堆積物との関係が直接確認できない断層についても、上載地層法によっては活動性が判断できないものとして、次項以降において検討を行うこととする。

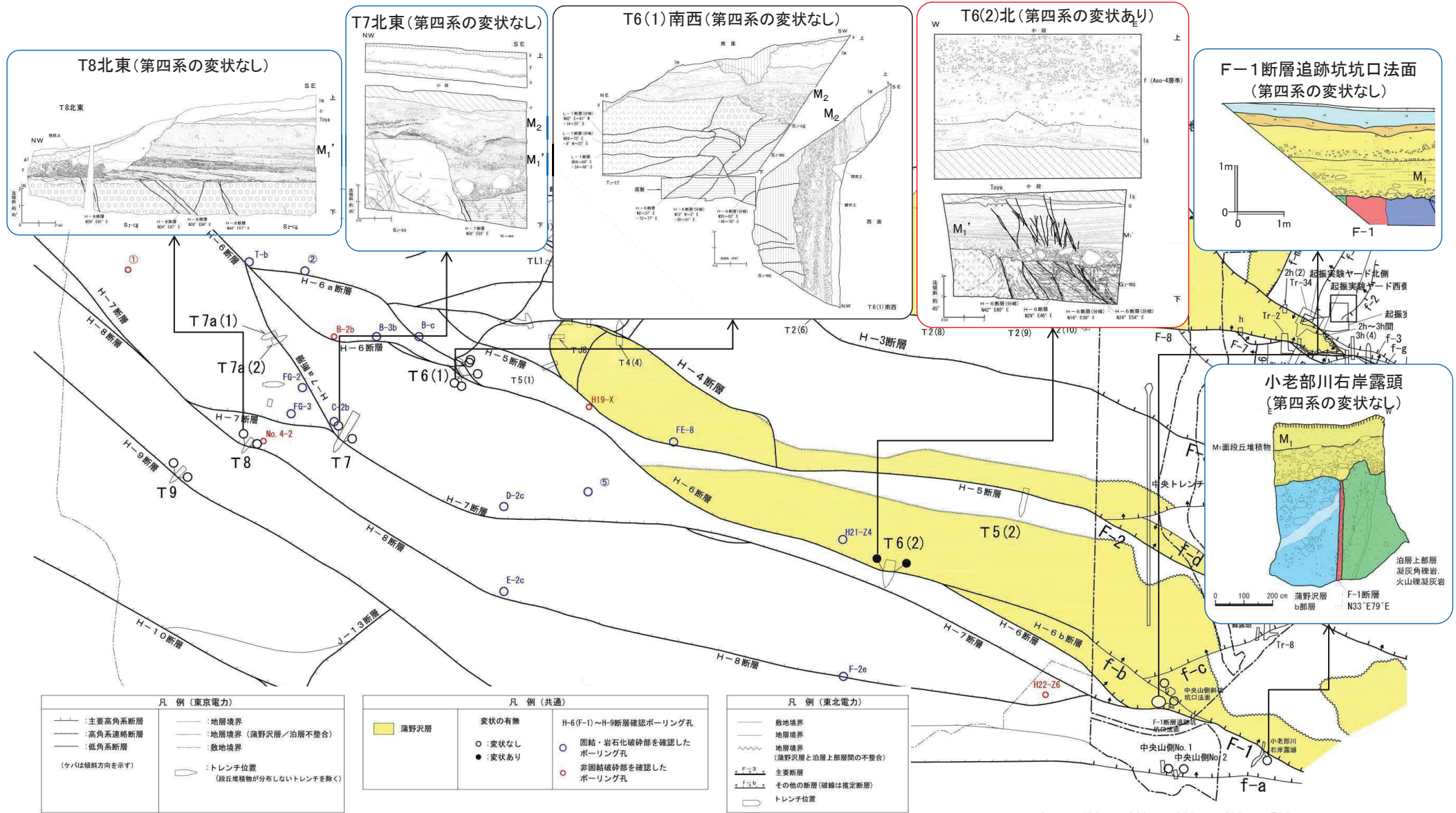


カテゴリーⅢの断層

6.3.1 後期更新世以降の地形、地層の変位・変形

一切山東方断層(F-1断層)トレンチ調査の状況

- 敷地のF-1断層にはM₁面段丘堆積物(MIS5e)、北方延長(東京電力HD敷地:H-6断層, H-7断層, H-8断層)にはM₁面段丘堆積物, M₁'面段丘堆積物(MIS5e), M₂面段丘堆積物(MIS5c)が分布している。
 - F-1断層南方延長部(一切山東方断層)の小老部川右岸露頭(H-2地点)ではM₁面段丘堆積物に、H-6断層, H-7断層, H-8断層においても、M₁'面, M₂面段丘堆積物に変位・変形は認められない。
 - H-6断層の1箇所(T6(2)トレンチ)において、第四系に正断層センスのずれを伴う小断層が認められるが、下方はM₁'面段丘堆積物(MIS5e)の砂層あるいは礫層の中で消滅し、岩盤上面に達するものはない。
- ⇒ F-1断層とその延長部において、後期更新世以降の地層に変位・変形を与えていない箇所が確認され、また、断層を挟んで岩盤上面に高度差は認められないことから、F-1断層の後期更新世以降の活動はないものと判断される。なお、一部に第四系の変位が認められるが、断層活動とは関連のない地表付近に限られた局所的な現象と判断される。

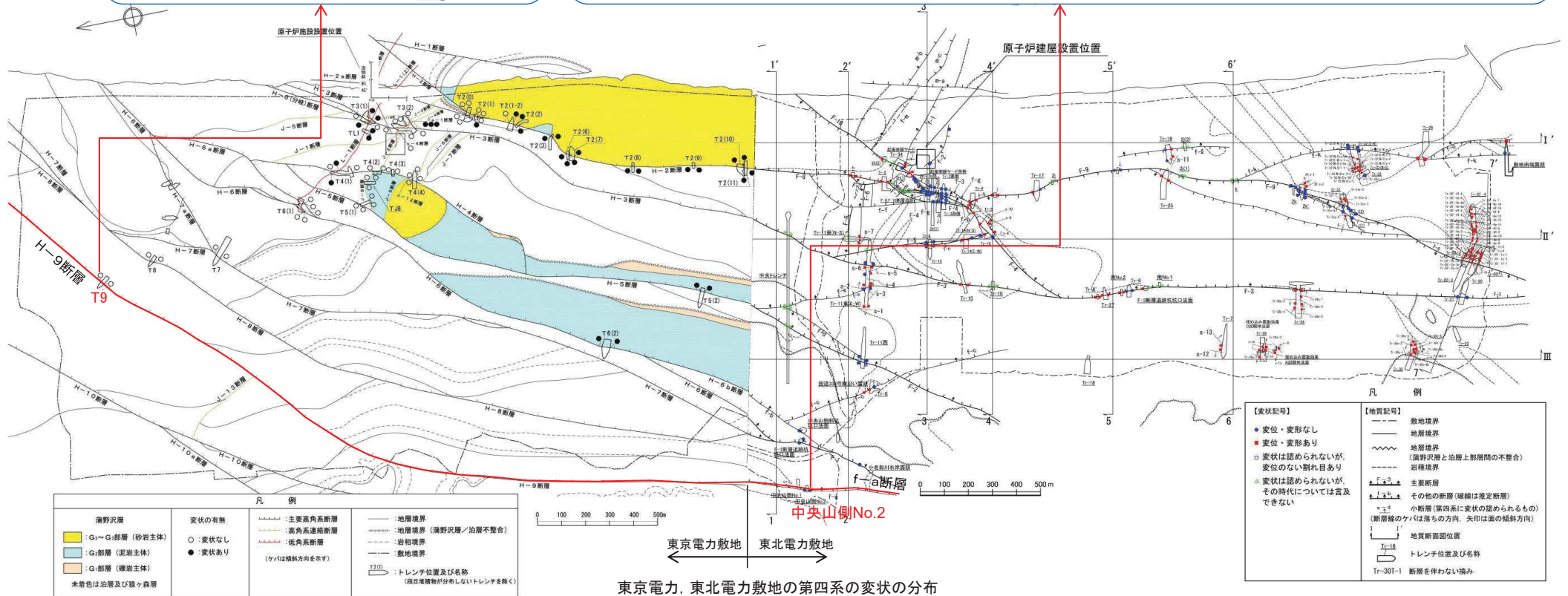
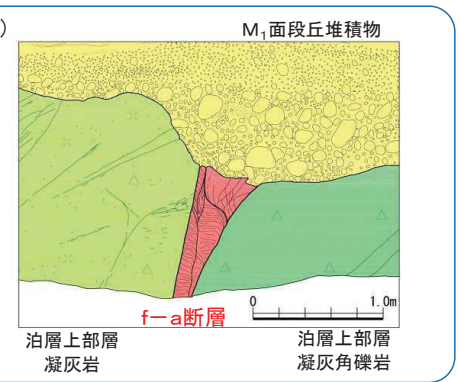
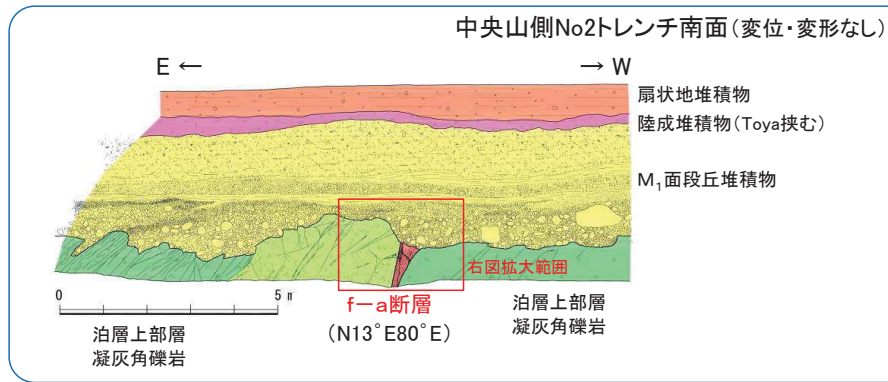
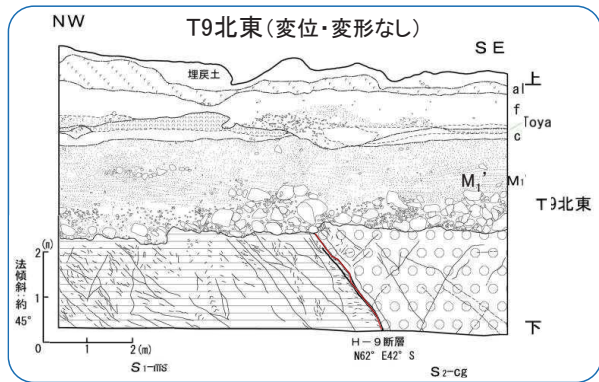


東京電力、東北電力敷地の第四系の変位の分布(東京電力(2010)に一部加筆)

6.3.1 後期更新世以降の地形、地層の変位・変形

一切山東方断層 (f-a断層) トレンチ調査の状況

- 敷地のf-a断層にはM₁面段丘堆積物、北方延長(東京電力敷地:H-9断層)にはM₁'面段丘堆積物が分布している。
 - f-a断層の中央山側トレンチではM₁面段丘堆積物に、H-9断層ではM₁'面段丘堆積物に変位・変形は認められない。
- ⇒ f-a断層は、後期更新世以降の地層に変位・変形を与えていないことから、f-a断層の後期更新世以降の活動はないものと判断される。



<p>【地質記号】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 変位・変形なし ■ 変位・変形あり □ 変位は認められないが、変位のない割れ目あり ▲ 変位は認められないが、その時代については言及できない 	<p>【地質記号】</p> <ul style="list-style-type: none"> — 敷地境界 — 地層境界 — 地層境界 (扇状地層/泊層不整合) — 地層境界 (扇状地層と泊層上部層間の不整合) — 岩相境界 — 主要断層 (破線は推定断層) — 小断層 (第四系に変位の認められるもの) — (断層線の付は流す方向、矢印は面の傾斜方向) — 地質断面位置 — トレンチ位置及び名称 Tr-301-1 断層を伴わない塊み
--	--

東京電力、東北電力敷地の第四系の変位の分布 (東京電力(2010), 原子力安全・保安院(2010)に一部加筆)

6.3.1 後期更新世以降の地形、地層の変位・変形

一切山東方断層(F-1断層, f-a断層)のまとめ(調査結果)

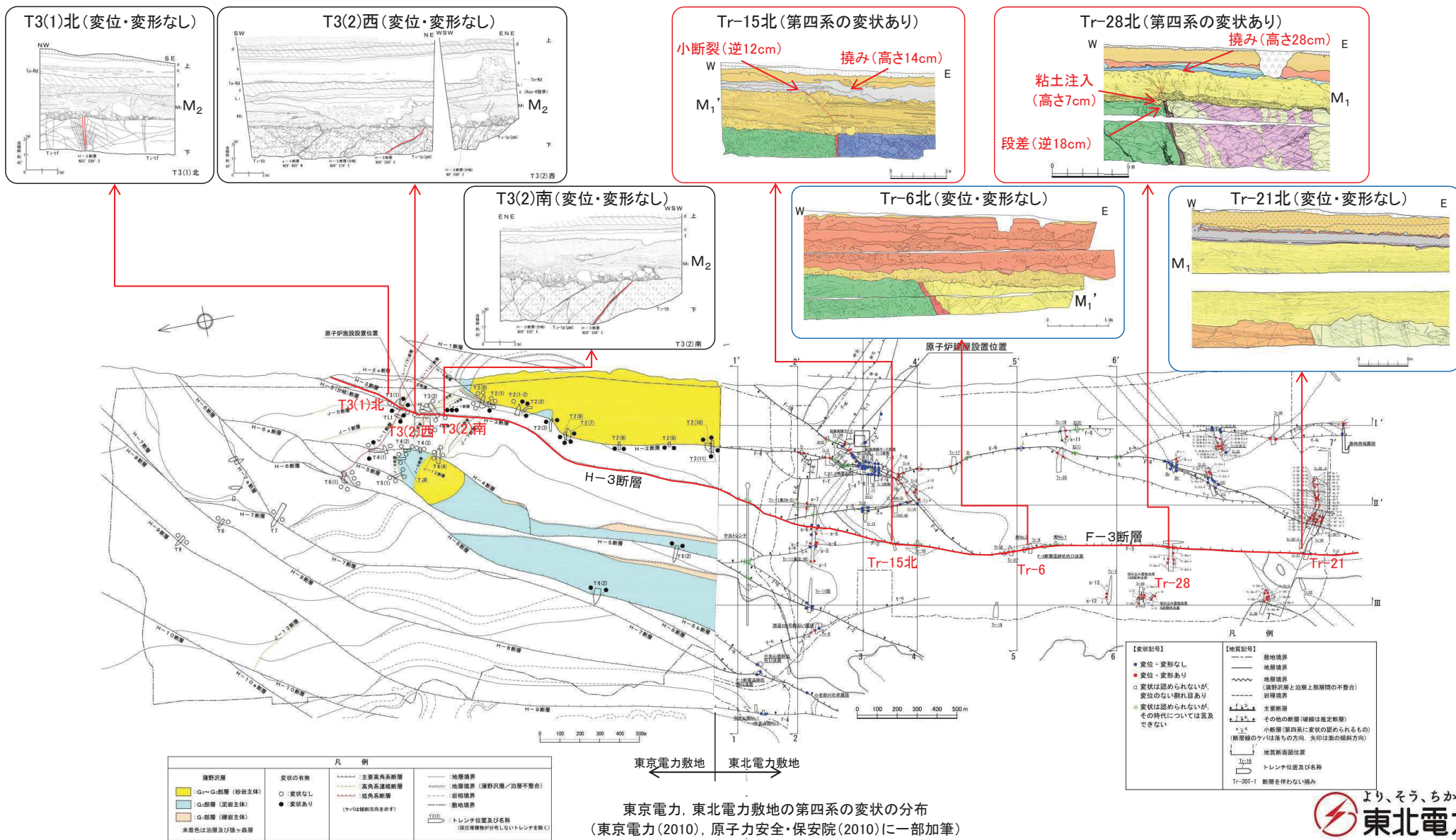
- 一切山東方断層とその延長部において、後期更新世以降の地層の変位・変形の有無を確認した結果、ほとんどの地点で後期更新世以降の地層に変位・変形を与えていない状況が確認され、また、断層を挟んで岩盤上面に高度差は認められないことから、F-1断層の後期更新世以降の活動はないものと判断される。
 - 一方で、1箇所(T6(2)トレンチ)において、第四系の変状が確認された。なお、T6(2)トレンチで確認された第四系の変状については、断層活動とは関連のない地表付近に限られた局所的な現象と判断される。(補足説明資料8章参照)
 - f-a断層は、後期更新世以降の地層に変位・変形を与えていないことから、f-a断層の後期更新世以降の活動はないものと判断される。
- ⇒ 一切山東方断層(F-1断層, f-a断層)は、トレンチ等の調査結果から上載地層法の観点で後期更新世以降の活動がないことの確認は難しい。

トレンチ等による調査結果一覧(一切山東方断層(F-1断層, f-a断層))

断層名	確認箇所	後期更新世以降の地形、 地層の変位・変形 ^{※1}		備考	
		上載地層	第四系の変状の有無		
一切山東方断層	H-9断層	T9	M ₁ '	なし	
	f-a断層	中央山側No.2	M ₁	なし	
	H-8断層	T8	M ₁ '	なし	
	H-7断層	T7	M ₁ '	なし	
	H-6断層	T6(1)	M ₂	なし	
		T6(2)北面	M ₁ '	あり	
	F-1断層	F-1断層追跡坑 坑口法面	M ₁	なし	
一切山東方断層	小老部川右岸露頭・ H-2	M ₁	なし	蒲野沢層中に正断層センスの地層の変形	

6.3.1 後期更新世以降の地形、地層の変位・変形 F-3断層トレンチ調査の状況

- 敷地のF-3断層にはM₁面、M₁'面段丘堆積物、北方延長(東京電力敷地:H-3断層)にはM₂面段丘堆積物が分布している。
- F-3断層のTr-21トレンチではM₁面段丘堆積物に、Tr-6トレンチ等ではM₁'面段丘堆積物に、H-3断層ではM₂面段丘堆積物に変位・変形は認められない。
- 敷地のF-3断層には第四系の変状が認められるが、H-3断層では認められない。



6.3.1 後期更新世以降の地形, 地層の変位・変形

F-3断層のまとめ(調査結果)

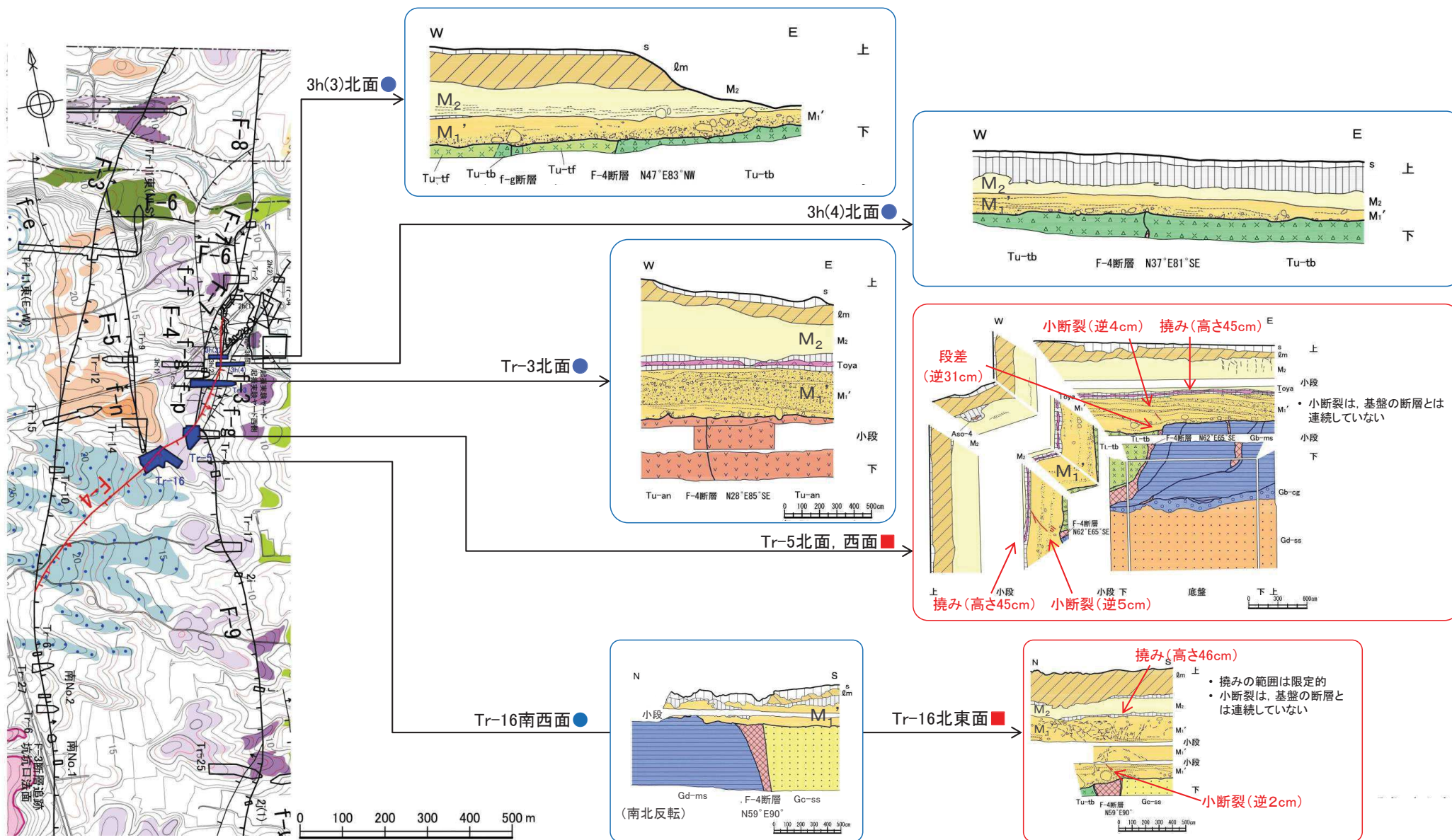
➤ F-3断層は, トレンチ等の調査結果から上載地層法の観点で後期更新世以降の活動がないことの確認は難しい。

トレンチ等による調査結果一覧(F-3断層(H-3断層))

確認箇所	後期更新世以降の地形, 地層の変位・変形		備考	
	上載地層	第四系の変位の有無		
H-3断層	T3(1)	M ₂	なし	
	T3(2)西	M ₂	なし	
	T3(2)南	M ₂	なし	
F-3断層	中央	F ₁	なし	
	Tr-11東(E-W)	M ₁ '	なし	セピオライト化した破砕部中に玉髄脈が形成(6.3.2参照)
	Tr-15	M ₁ '	あり	
	Tr-10	F ₃	なし	
	Tr-6'	F ₁	あり	
	Tr-27	M ₁ '	あり	
	南No.2	M ₁ '	あり	
	Tr-6	M ₁ '	なし	
	F-3断層追跡坑坑口	M ₁ '(北面) F ₃ (南面)	あり(北面) なし(南面)	
	南No.1	M ₁ '	なし	
	Tr-28	M ₁	あり	破砕部のSEM観察でセピオライト結晶が破砕していないことを確認(H27B-F3-7孔)
	Tr-21	M ₁	なし	

6.3.1 後期更新世以降の地形、地層の変位・変形 F-4断層トレンチ調査の状況

- F-4断層にはM₁'面, M₂面段丘堆積物が分布している。
- F-4断層のTr-16トレンチ南西面, Tr-3トレンチ等では, M₁'面段丘堆積物に変位・変形は認められない。
- F-4断層は断層中央部でのみ第四系の変状が認められるが, その両側では変状は認められず, 変状のある箇所の分布は局所的である。



6.3.1 後期更新世以降の地形, 地層の変位・変形

F-4断層のまとめ(調査結果)

➤ F-4断層は, トレンチ等の調査結果から上載地層法の観点で後期更新世以降の活動がないことの確認は難しい。

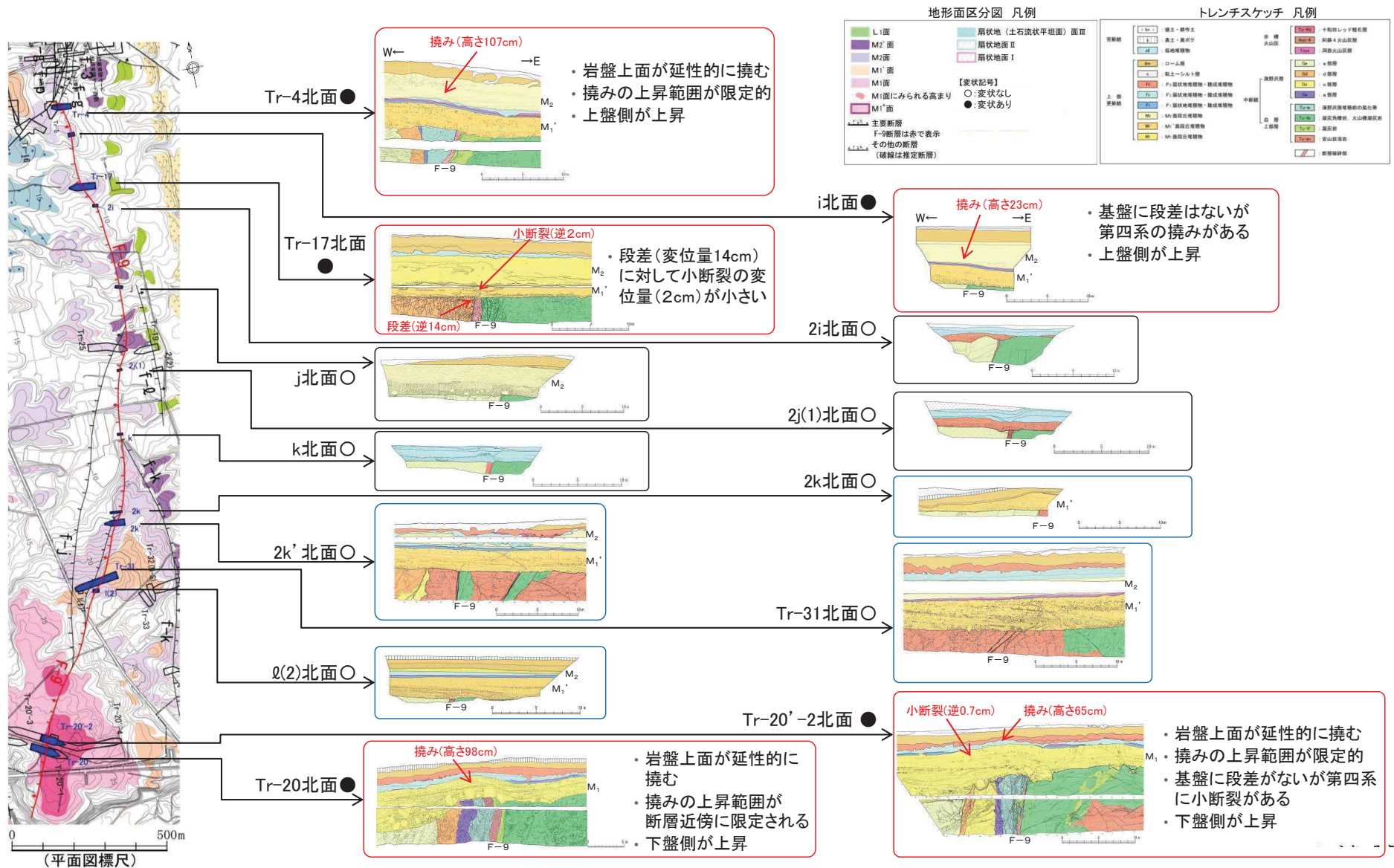
トレンチ等による調査結果一覧(F-4断層)

確認箇所	後期更新世以降の地形, 地層 の変位・変形		断層破碎部の性状	備考
	上載地層	第四系の変位の有無		
3h(3)	M ₁ '	なし	セピオライトを伴い固結	
3h(4)	M ₁ '	なし	セピオライトを伴い固結	
Tr-3	M ₁ '	なし	セピオライトを伴い固結	
Tr-5	M ₁ '	あり	固結・非固結混在	上盤側(蒲野沢層)が高いが範囲は限定的 M ₁ '面段丘堆積物に撓みが確認されるが, これを覆うM ₂ 面段丘堆積物には変位・変形が認められない
Tr-16	M ₁ '	あり(北東面) なし(南西面)	非固結	北東面では, 上盤側(蒲野沢層)が高いが範囲は限定的 M ₁ '面段丘堆積物に撓みが確認されるが, これを覆うM ₂ 面段丘堆積物には変位・変形が認められない

6.3.1 後期更新世以降の地形、地層の変位・変形

F-9断層トレンチ調査の状況

- 敷地内においてはF-9断層を被覆し、M₁面、M₁'面、M₂面段丘堆積物が分布している。
- F-9断層の2k'トレンチ、Tr-31トレンチ等ではM₁'面段丘堆積物に、jトレンチではM₂面段丘堆積物に変位・変形は認められない。
- F-9断層には、第四系の変位が確認されるが、変位は断層の北側と南側に限られ中央部では認められない。断層の北側と南側では変位のセンスが逆(北側は上盤側が上昇、南側は下盤側が上昇)となっていること、変位の形態が多様であること等の特徴が認められる。



6.3.1 後期更新世以降の地形, 地層の変位・変形 F-9断層のまとめ(調査結果)

➤ F-9断層は, トレンチ等の調査結果から上載地層法の観点で後期更新世以降の活動がないことの確認は難しい。

トレンチ等による調査結果一覧(F-9断層)

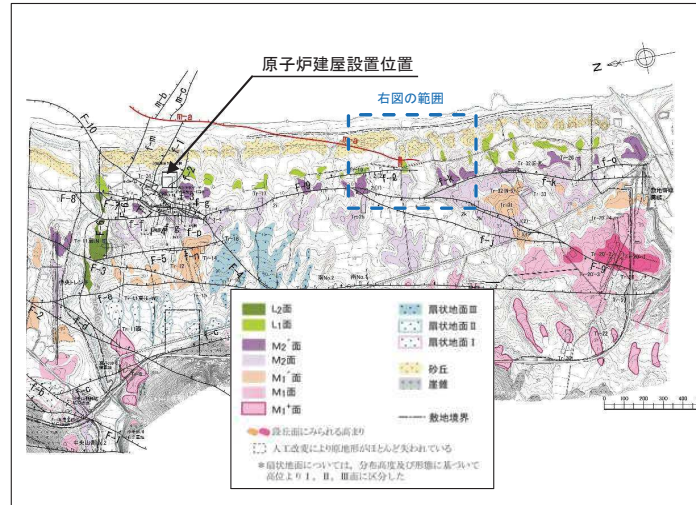
確認箇所	後期更新世以降の地形, 地層 の変位・変形		備考
	上載地層	第四系の変位の有無	
Tr-4	M ₂	あり	
i	M ₂	あり	
Tr-17	M ₁ '	あり(北面) なし(南面)	
2i	F ₃	なし	
j	M ₂	なし	
2j(1)	F ₃	なし	
k	a _l	なし	
2k	M ₁ '	なし	
2k'	M ₁ '	なし	
Tr-31	M ₁ '	なし	
l(2)	M ₁ '	なし	
Tr-20'-2	M ₁	あり	
Tr-20	M ₁	あり	

6.3.1 後期更新世以降の地形、地層の変位・変形

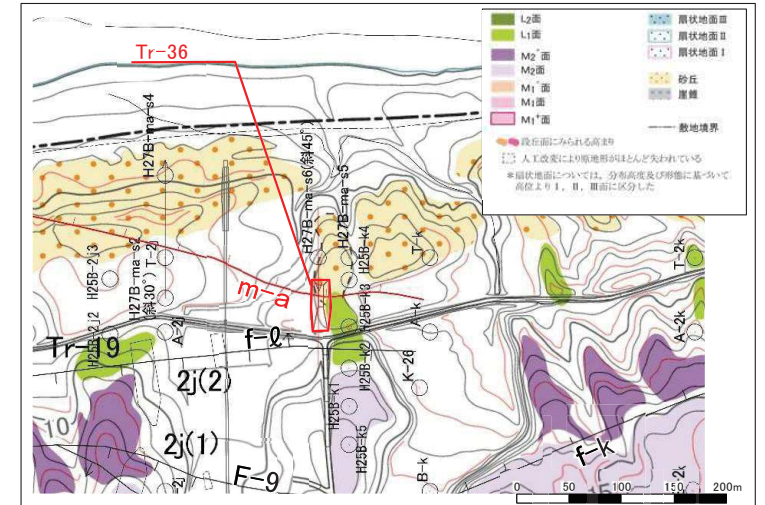
m-a断層のトレンチ調査結果

- Tr-36トレンチは、泊層上部層を被覆するM₂面段丘堆積物、F₂扇状地堆積物、L₁面段丘堆積物、F₃扇状地堆積物、ローム層、表土、盛土からなる。
- m-a断層は、泊層上部層の凝灰角礫岩と溶岩の境界に見られ、西側の凝灰角礫岩中に断層と概ね同方向で破碎幅が小さいm-a(分岐)断層が見られる。
- m-a断層、m-a(分岐)断層を覆うM₂面段丘堆積物の砂礫層は成層しており、変位、変形は認められない。

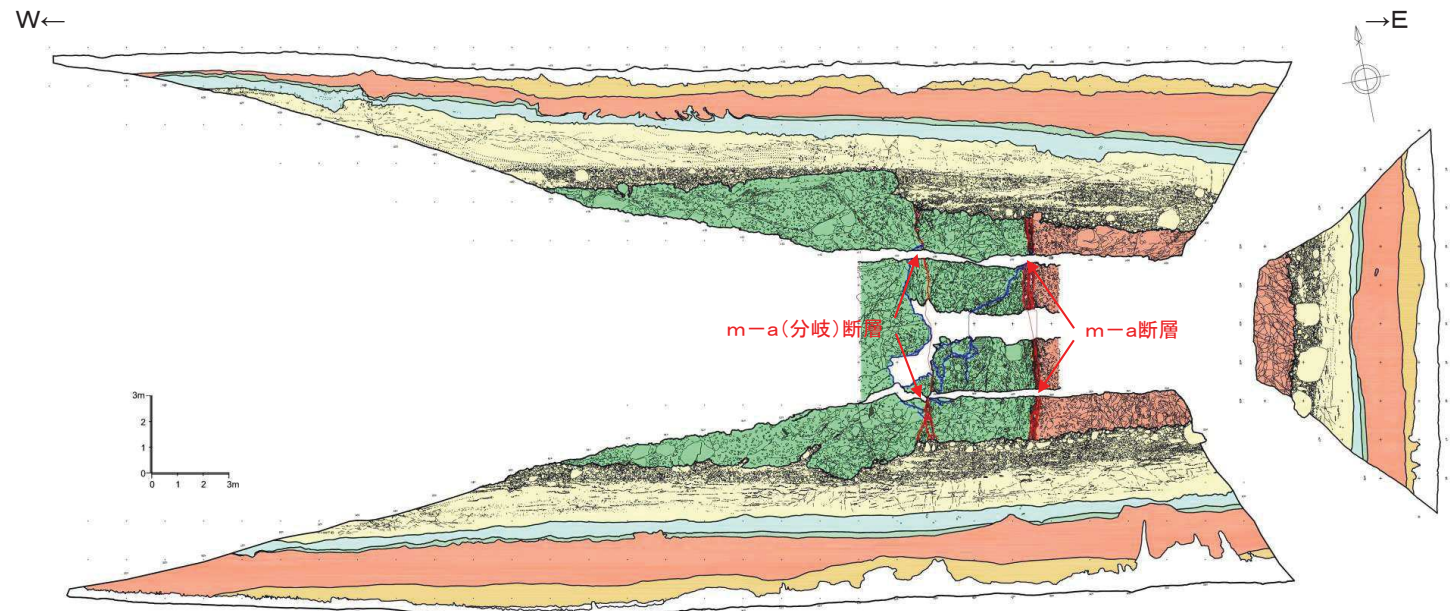
⇒ m-a断層の上載地層には、MIS5eの段丘堆積物が確認されておらず、トレンチ調査の結果から上載地層法の観点で後期更新世以降の活動がないとの確認は難しい。



m-a断層 トレンチ調査位置図



トレンチ調査詳細位置図



【第四系】

完新世

- bn : 埋土・盛土
- s : 表土・黒ボク

後期更新世

- Qm : ローム層
- F₃ : F₃扇状地堆積物・陸成堆積物
- To-Rd : 十和田レッド軽石層
- L₁ : L₁面段丘堆積物
- F₂ : F₂扇状地堆積物・陸成堆積物 (Aso-4含む)
- M₂ : M₂面段丘堆積物

【新第三系中新統】

泊層

- Tu-tb : 凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩

上部層

- Tu-an : 安山岩溶岩

【層相】

- : 表土・盛土・埋土
- : 砂
- : 砂礫
- : 節理
- : 巨礫
- : 葉理
- : m-a断層破碎部
- : 低角度断層
- : 断層面

【地質境界】

- : 新第三系と第四系境界
- : 地層境界

【第四系中の小断裂】

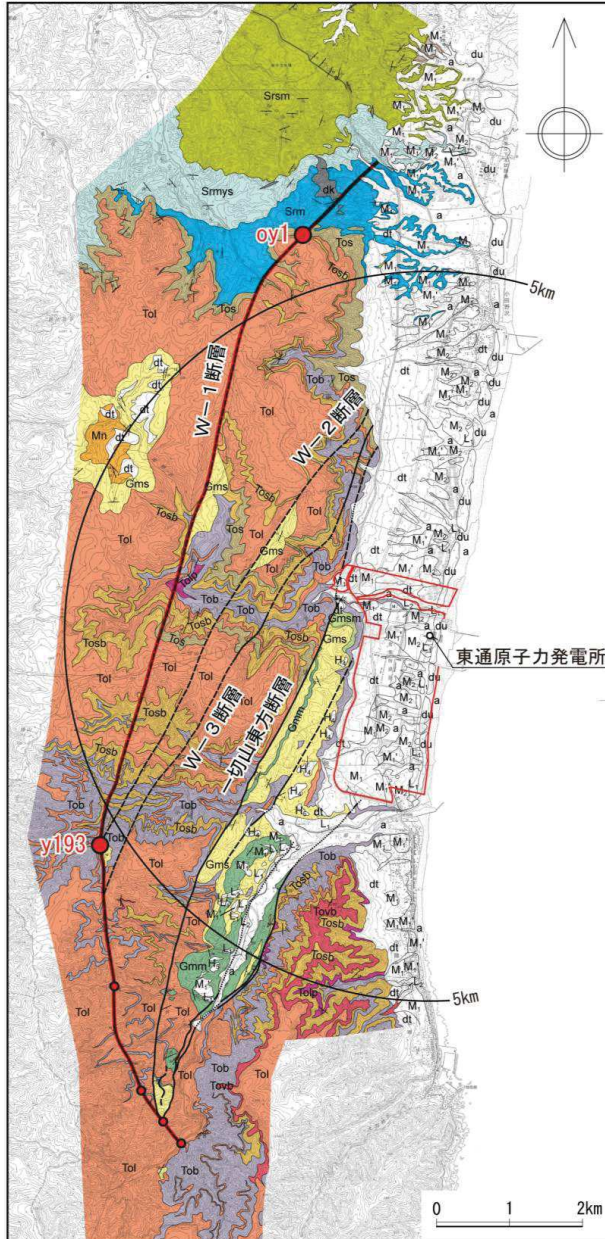
- : 変位が認められない第四系中の節理

6.3.1 後期更新世以降の地形、地層の変位・変形

一切山東方断層の西側の断層(W-1断層)の調査結果

- 一切山東方断層(F-1断層)の西側には、NNE-SSW~NW-SE走向で東傾斜の正断層が3条(W-1断層、W-2断層及びW-3断層)認められ、敷地と同様に半地溝状の地質構造を呈する。
- このうち最も西側の断層(W-1断層)は、北部において、西側の猿ヶ森層と東側の泊層を境する断層露頭が確認され、中央部においてセピオライトを伴い、西側の泊層と東側の蒲野沢層を境する断層露頭が確認される。
- W-1断層と後期更新世の地層との関係は、確認できない。(補足説明資料10章参照)

⇒ 西側の断層は、上載地層法の観点で、後期更新世以降の活動がないことの確認は難しい。



凡	例
地層名	記号
新砂丘堆積物	du
沖積層	a
土石流状扇状地堆積物(時代未詳)	dt
L ₂ 面段丘堆積物	L ₂
L ₁ 面段丘堆積物	L ₁
M ₂ 面段丘堆積物	M ₂
M ₁ 面段丘堆積物	M ₁
M ₀ 面段丘堆積物	M ₀
H ₅ 面段丘堆積物	H ₅
H ₄ 面段丘堆積物	H ₄
目名層	
軽石質砂岩層	Mn
泥岩層	Gmm
砂岩層	Gms
蒲野沢層	Gmsm
礫岩層	Gmg
安山岩質溶岩層	Tol
火山角礫岩層	Tovb
砂質凝灰角礫岩層	Tosb
火山礫凝灰岩層	Tos
凝灰角礫岩層	Tob
凝灰質砂岩層	Tos
泊層	
泥岩層	Smm
猿ヶ森層	Srsm
礫質砂岩層	Srsm
泥質砂岩優勢	Srmys
砂岩泥岩互層	Srsm
砂岩泥岩互層	Srsm
尻屋層群	Sy
貫入岩	dk
断層	—
推定断層	—
伏在断層	—
層理面の走向・傾斜	—
断層面の走向・傾斜	—
断面線	—
敷地境界	—



Loc. oy1 東通村小田野沢西方
東側の泊層砂岩と西側の猿ヶ森層泥岩とを境する断層。断層面沿いには幅3cm程度以下のやや軟質な粘土がみられる。



Loc. y193 東通村中ノ又沢支流
西側の泊層凝灰角礫岩と東側の蒲野沢層礫混じり砂岩とを境する断層。

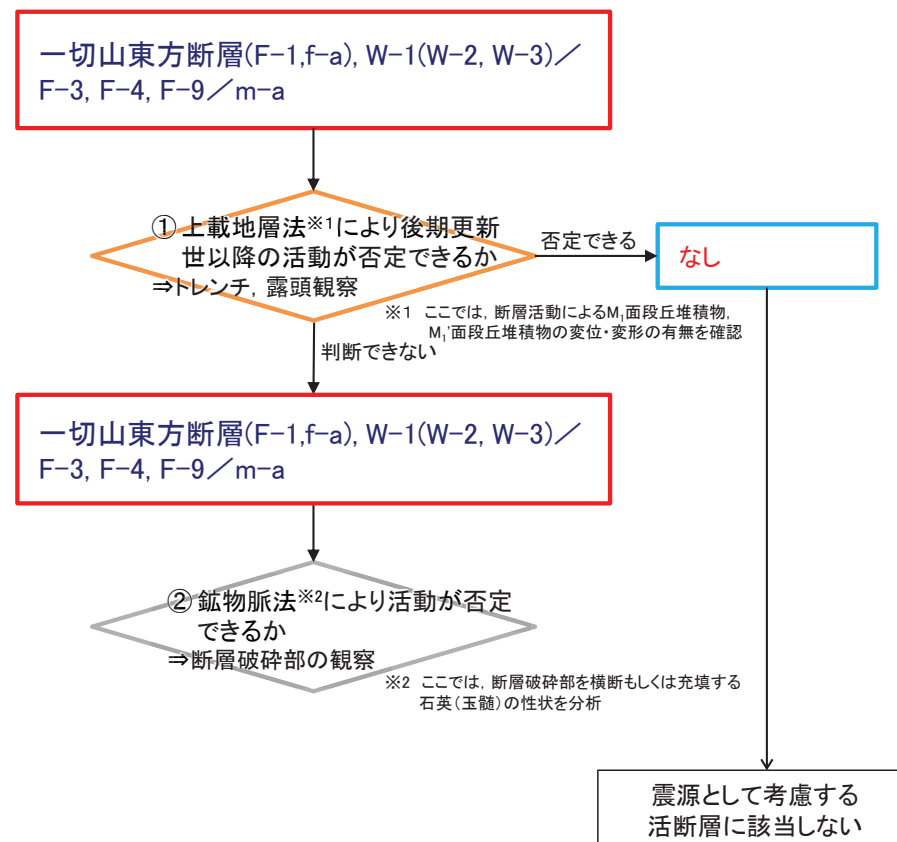
余 白

6.3.1 後期更新世以降の地形、地層の変位・変形

後期更新世以降の地形、地層の変位・変形 まとめ

- 上載地層法による活動性評価の結果、一切山東方断層(F-1断層, f-a断層), F-3断層, F-4断層, F-9断層について、後期更新世以降の断層活動はないものと判断されるものの、MIS5eに対応する段丘堆積物(M₁面段丘堆積物, M₁'面段丘堆積物)に第四系の変状が認められることから、トレンチ等の調査結果から上載地層法の観点で後期更新世以降の活動がないことの確認は難しい。
- m-a断層, W-1~3断層については、MIS5eに対応する地層との関係が直接確認できないことから、トレンチ等の調査結果から上載地層法の観点で後期更新世以降の活動がないと判断することは難しい。
- ⇒ これらの断層については、上載地層法では活動性が判断できないと評価し、次項以降の検討を行う。

断層名	MIS5eの地層の変位の有無	備考	上載地層法による評価
一切山東方断層 (F-1断層, f-a断層)	一部にあり	•M ₁ '面段丘堆積物に第四系の変状が認められるため、「判断できない」と評価する。	判断できない
W-1断層 (W-2断層, W-3断層)	確認できない	•後期更新世の地層との関係を直接確認できないことから、「判断できない」と評価する。	判断できない
F-3断層	一部にあり	•M ₁ '面段丘堆積物に第四系の変状が認められるため、「判断できない」と評価する。	判断できない
F-4断層	一部にあり	•M ₁ '面段丘堆積物に第四系の変状が認められるため、「判断できない」と評価する。	判断できない
F-9断層 (老部川右岸の断層)	一部にあり	•M ₁ 面段丘堆積物等に第四系の変状が認められるため、「判断できない」と評価する。	判断できない
m-a断層	確認できない	•M ₁ 面・M ₁ '面段丘堆積物との関係は確認できない。 •m-a断層, m-a(分岐)断層を覆うM ₂ 面段丘堆積物の砂礫層は成層しており、変位、変形は認められないものの、MIS5eの地層の変位・変形が確認できないことから、「判断できない」と評価する。	判断できない



余 白

6. 敷地～敷地近傍の断層

- 6.1 敷地～敷地近傍の地形, 地質・地質構造の概要
- 6.2 敷地～敷地近傍の断層と評価の概要
- 6.3 敷地～敷地近傍の震源として考慮する活断層の評価
 - 6.3.1 後期更新世以降の地形, 地層の変位・変形
 - 6.3.2 断層破碎部性状
 - 6.3.3 断層の切り切れ関係
 - 6.3.4 文献調査・変動地形学的調査
 - 6.3.5 断層の地下深部への連続性
 - 6.3.6 敷地～敷地近傍の地下深部地質構造
- 6.4 まとめ

余 白

6.3.2 断層破碎部性状

断層破碎部の固結・岩石化と活動性評価

- 断層破碎部は、固結の状況により、①非固結、②固結・非固結混在、③固結及び固結・岩石化に区分した。
- このうち固結・岩石化した破碎部は、同一地層中の断層に多く認められ、熱水変質によりセピオライト、石英が晶出して岩石化した「熱水変質型」と、続成作用により岩石化した「続成型」に区分でき、ハンマーの打診等により周囲の母岩と同等に固結・岩石化していることが確認できる。
- 一方、破碎部の固結・岩石化には相当程度の時間を要するものと考えられるが、本地点においては、熱水変質時期(セピオライトの形成)として約10Maの年代値が得られている。また、蒲野沢層中の断層破碎部は、中期中新世以降の続成作用を受けて固結・岩石化したと考えられる。
 - ⇒ 固結・岩石化している破碎部が複数個所認められる断層は、非固結の破碎部が部分的に認められる場合でも、断層全体としては破碎部が固結・岩石化して以降の断層活動はないと判断される。

断層破碎部の区分

断層破碎部の区分	定義	変質		代表的な鉱物	性状	ボーリングコア写真	X線CT画像
非固結	軟質部が主体。指圧で変形。 蒲野沢層と泊層の境界をなす断層に多い。	熱水変質は軽微。 地下水による変質及び地表付近での風化を受けている可能性がある。		モンモリロナイトを主体とし、母岩の岩片に由来する輝石族、長石族、スピネル族を含む。	粘土、シルト状、砂状、鱗片～葉片葉、細片状。 せん断面を伴うことが多い。	粘土主体の非固結破碎部 せん断面あり、鏡肌、条線認められる F-10断層: A-h25孔	非固結破碎部 F-10断層: A-h25孔
固結・非固結混在	非固結部と固結部が共存する。 蒲野沢層と泊層の境界をなす断層に多い。	固結と非固結の各々で熱水変質を受けている可能性もある。		非固結部、固結部でそれぞれ両者に特徴的な鉱物を含む。	非固結部と固結部が共存する。	粘土化する非固結破碎部 ← セピオライト主体破碎部 半固結～固結 非固結部にせん断面あり F-3断層: H27B-F3-7孔	非固結破碎部 ← 半固結～固結 F-3断層: H27B-F3-7孔
固結及び固結・岩石化	軟質部を伴わず指圧では変形しない。 周囲の岩石と同等に固結・岩石化する。 同一地層中の断層に多い。	熱水変質型	母岩に含まれない熱水変質鉱物を主体とする。 泊層中の断層に多い。	変質鉱物(セピオライト、パリゴルスカイト、石英)と母岩の岩片に由来するスメクタイト、斜長石、スピネル族を含む。	塊状。 顕著な開口割れ目はない。	セピオライト等主体の固結破碎部 潜在的な劈開状の割れ目を伴うことが多いが、顕著な開口割れ目はない F-8断層: H27B-F8-1孔 セピオライトを主体とした破碎部に石英(玉髄)が晶出 F-8断層: O2-10孔	固結破碎部: 内部に流動状構造あり F-8断層: H27B-F8-1孔 密着するせん断面 セピオライトを主体とした破碎部に石英(玉髄)が晶出 F-8断層: O2-10孔
		続成型	母岩と概ね同一の鉱物組成からなる。 蒲野沢層中の断層で顕著。	主に母岩と同じスメクタイト、斜長石、スピネル族を主体とする。	塊状。 せん断面は癒着する。	母岩と同質の固結破碎部(シルト岩状) 分離面及び軟質部を伴わない F-3断層: C211-21195孔	固結破碎部 癒着したせん断面(高密度) F-3断層: C211-21195孔

6.3.2 断層破碎部性状

断層破碎部の熱水変質

熱水変質によるセピオライトの形成

- 敷地の断層の破碎部には、熱水変質により形成されたセピオライトが広く認められる。
- 敷地の断層は、断層に沿って上昇した熱水によって破碎部が変質鉱物(セピオライト)に置換され、固結・岩石化に至ったと考えられる。
- 破碎部には、セピオライト化作用後の珪化作用により、石英脈や玉髄で充填され、固結・岩石化したのも認められている。
- 非固結の破碎部にも一部にセピオライトが確認されている。

セピオライトの形成時期

- セピオライトの形成年代として、約10Maの年代値が得られている。
- 下北半島東部では、セピオライト変質以降の顕著な熱水変質活動はない。
- 青函トンネルで新第三系中の断層を埋めて産出したセピオライトの報告事例がある(Sakamoto, et al.1980)。

石英(玉髄)の形成時期

- 石英脈はセピオライト中に分布しており、セピオライト形成後に晶出した。
- 石英脈は、高温の熱水により、泊層・蒲野沢層堆積後に形成されたと考えられる。

破碎部の性状と断層の活動性評価

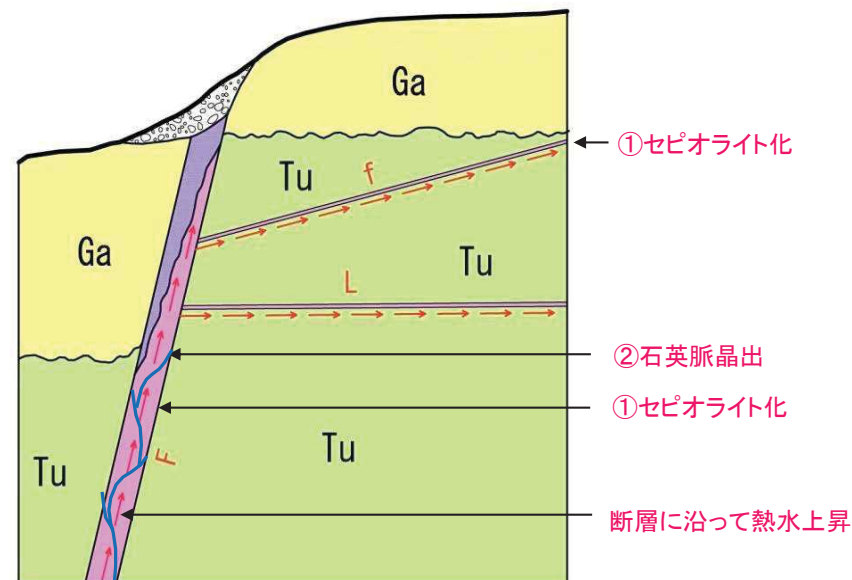
- 断層破碎部が固結・岩石化していることは、固結・岩石化して以降の断層活動はないことを示すものである。
- 一方、SEM観察により、断層破碎部に晶出したセピオライトが破壊されていないことが確認されており、このことは、セピオライト変質以降の断層活動はないことを示すものと判断される。
- セピオライトが破壊されていない事例は、固結破碎部だけでなく、非固結破碎部にも認められる。



- 固結・岩石化した破碎部が確認される
- 破碎されていない石英(玉髄)脈が形成されている
- 一部で断層面を横断する石英(玉髄)脈が形成されている



「固結・岩石化」～「石英脈形成」以降の断層活動はないと評価



中新世に、セピオライト化に関与した熱水が断層に沿って上昇した後、石英脈を形成した熱水が上昇した。

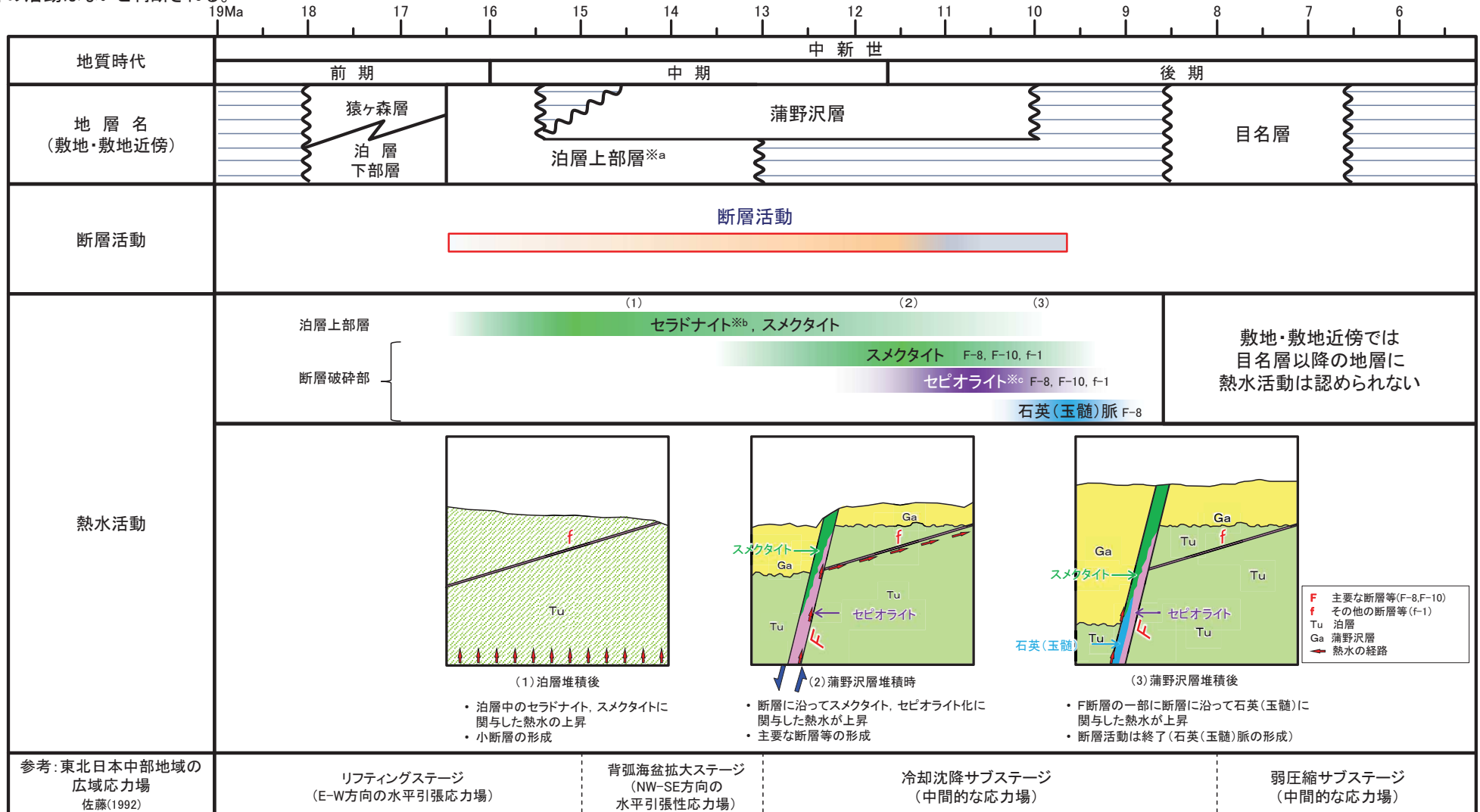
- 固結したセピオライト化破碎部: 固結 (部分的に石英脈が貫く)
- 非セピオライト化破碎部: 非固結 (スメクタイトが多い。部分的にセピオライト化する箇所もある)
- セピオライト化破碎部を貫く石英脈

- F 主要な断層
- f 小断層
- L 低角度変質鉱物脈
- Tu 泊層
- Ga 蒲野沢層

新第三系の断裂系と熱水変質の関係を示す模式断面図

熱水変質の時期に関する考察

- 敷地内の中新統に見られる鉱物脈等の熱水活動については、セピオライトの年代、石英の形成温度に加えて、敷地近傍～敷地周辺に分布する目名層以降の地層に熱水活動の痕跡は認められないことから、少なくとも後期中新世の目名層堆積以降に熱水活動は認められないものと判断される。
- 敷地の断層は、断層破碎部に認められる熱水変質脈が非破碎であることを踏まえて、熱史の観点からその活動が中新世で終了していると考えられることから、少なくとも後期更新世以降の活動はないと判断される。



※a 泊層のK-Ar年代、珪藻化石帯の年代から、約16.5Ma～約13Maの報告がある(Watanabe et al.(1993), Yanagisawa and Akiba(1998))
 ※b セラドナイトの年代として、約10Maの値が得られている(高角度の変質鉱物脈: K-Ar法)。また、東日本の熱水変質起源のセラドナイトのK-Ar年代として約14.8Ma～4.9Maの報告がある。(植田・鈴木(1973))
 ※c セピオライトの年代として11.6±1.0Maの年代値が得られている(F-8断層: K-Ar法)

6.3.2 断層破碎部性状

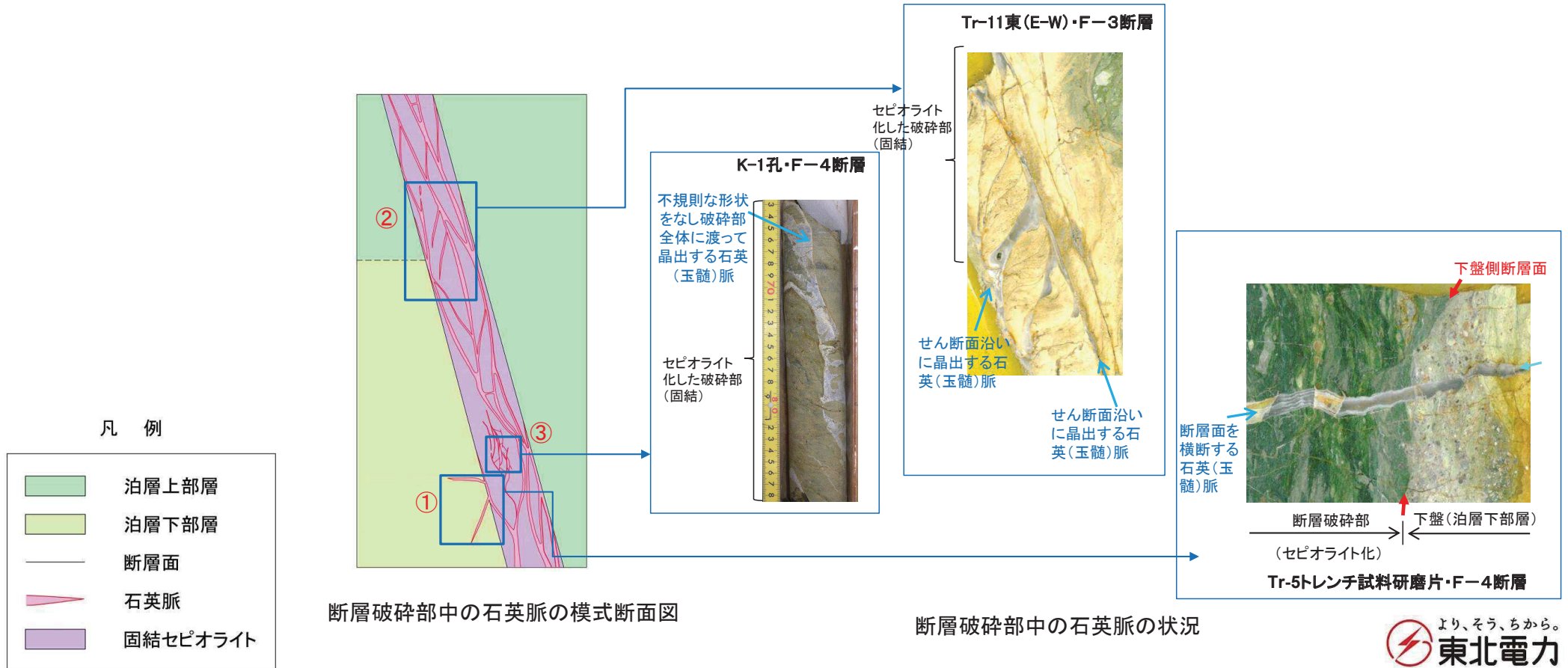
断層破碎部の石英(玉髓)脈の特徴と断層活動性

【断層破碎部中に見られる石英(玉髓)脈の特徴】

- 石英脈は、主にセピオライト化により固結・岩石化した破碎部中に晶出し、形成時の形態を保持しており、断層による破壊は認められない。
- 石英脈は、主に玉髓よりなり、一部で脈に平行な縞状構造(成長縞)が認められること、晶洞が認められる箇所があることから、断層破碎部内を上昇した熱水から晶出したものと判断される。
- 石英脈の多くは、断層面(せん断面)に調和的な方向を主体とし、部分的に断層面と斜交～直交する方向に分岐する。一部には破碎部から母岩中へ延びている脈も見られる。

【石英(玉髓)脈の晶出状況と断層活動性評価】

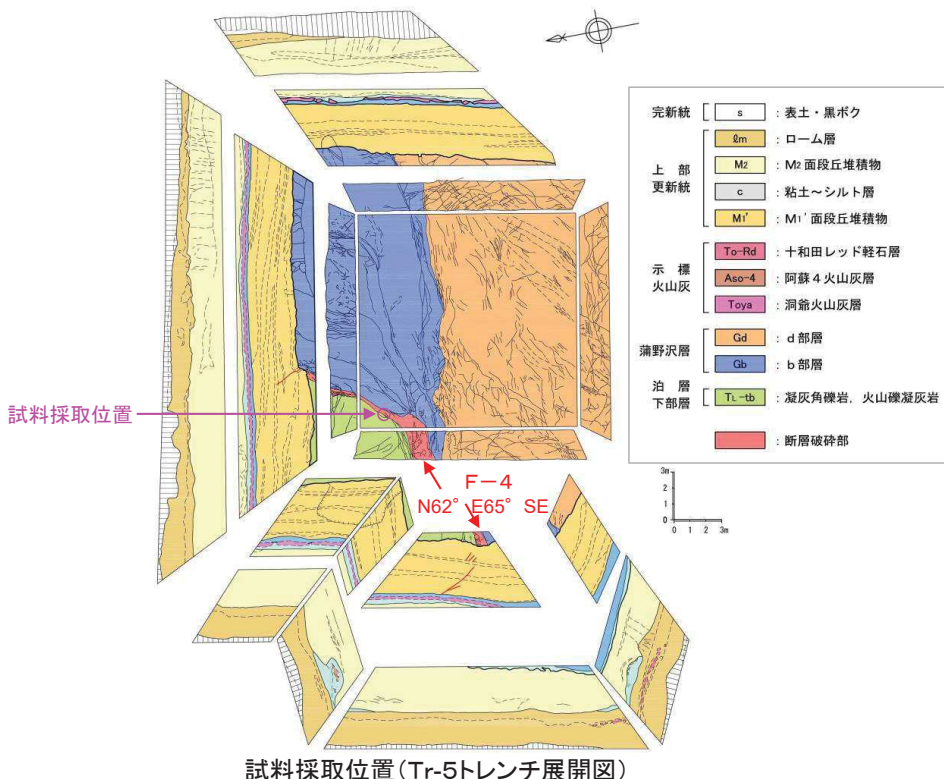
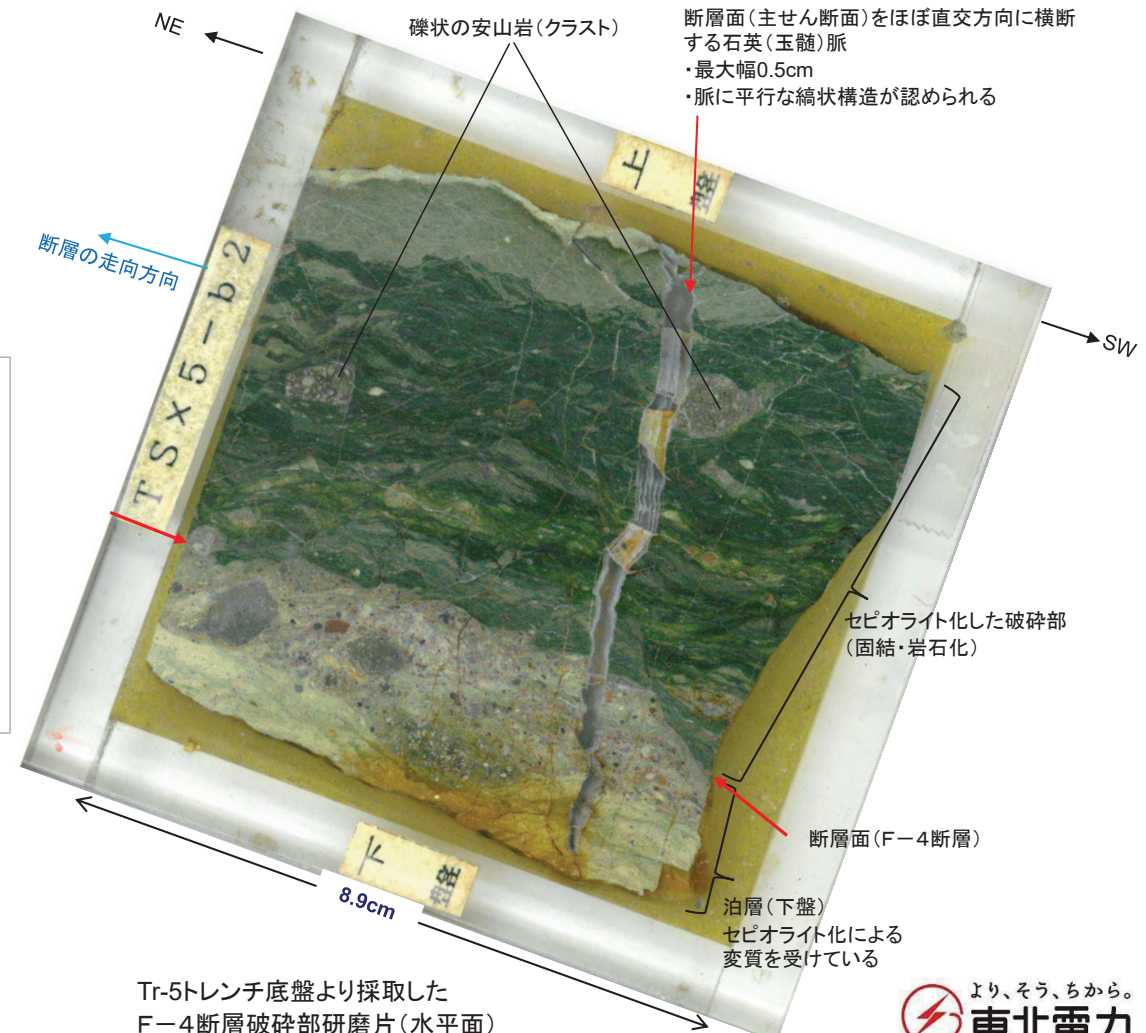
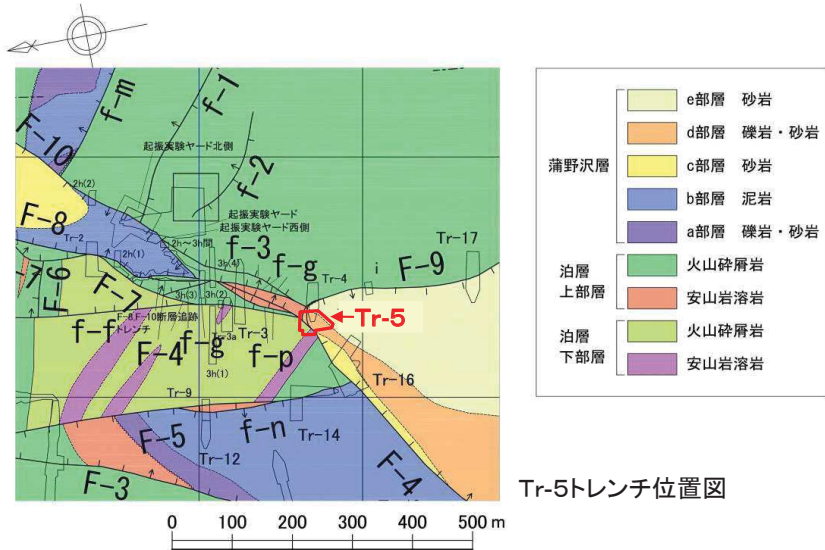
- 石英(玉髓)脈は様々な産状を呈しており、これまで横断、充填と記載していたものの中には、以下の性状の石英(玉髓)脈が確認される。
 - (1) 断層面を横断する石英(玉髓)脈 : F-4断層(Tr-5トレンチ試料)
 - (2) せん断面沿いに晶出する石英(玉髓)脈 : F-3断層(Tr-11東(E-W)トレンチ南面試料)
 - (3) 破碎部全体に渡って晶出する石英(玉髓)脈, 断層面に平行な石英(玉髓)脈群等 : 上記以外のF-3断層及びF-4断層の破碎部試料
- F-3断層及びF-4断層破碎部中に晶出している石英(玉髓)脈について、上記の観点から産状の特徴を整理し、活動性の検討を行う。



6.3.2 断層破碎部性状

断層破碎部中の石英(玉髓)脈の性状(1)断層面を横断する脈(F-4断層・Tr-5トレンチ)

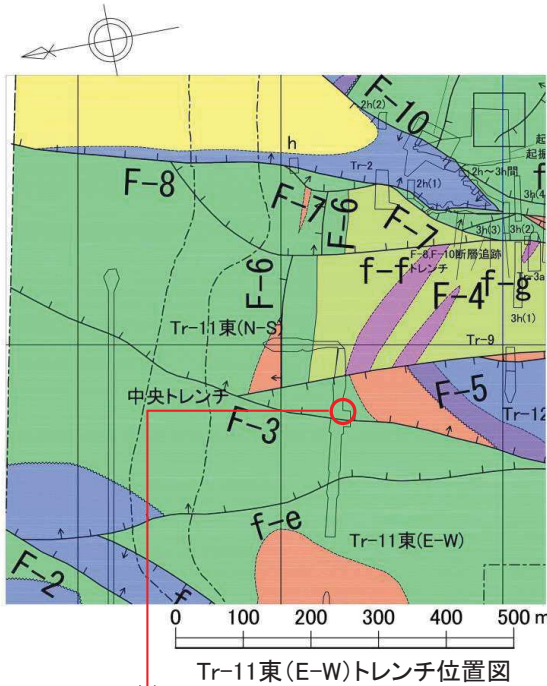
- ▶ Tr-5トレンチのF-4断層は、泊層下部層と蒲野沢層の境界をなし、底盤においてはセピオライト化し固結・岩石化した破碎部が見られる。
- ▶ 底盤におけるF-4断層破碎部より採取した試料には、泊層(下盤側)との境界をなす断層面(主せん断面)付近に、断層面をほぼ直交方向に横断する最大幅0.5cmの石英(玉髓)脈が認められる。
- ✓ 石英(玉髓)脈は、断層による変位・変形が認められず、形成時の形態を保持している。
- ⇒ F-4断層は、断層面(主せん断面)を横断する石英(玉髓)脈が認められることから、石英(玉髓)脈晶出以降の活動はないものと判断する。



Tr-5トレンチ底盤より採取したF-4断層破碎部研磨片(水平面)

断層破碎部中の石英(玉髓)脈の性状(2)せん断面沿いに晶出する脈 (F-3断層・Tr-11東(E-W)トレンチ南面)

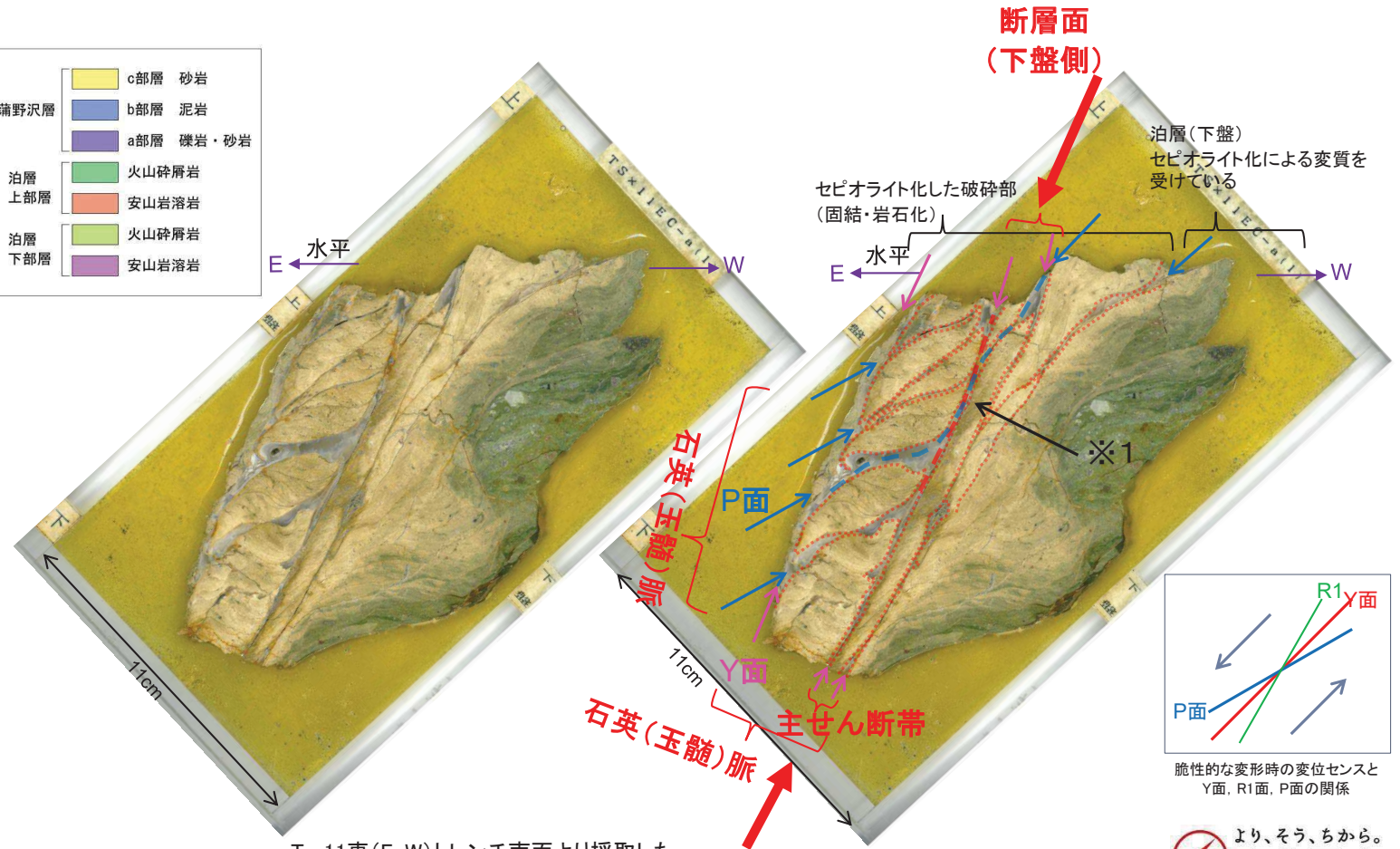
- ▶ Tr-11東(E-W)トレンチ南面のF-3断層は、セピオライト化を受け固結・岩石化する破碎部よりなる。
- ▶ セピオライト化し固結・岩石化した破碎部には、せん断面に沿って脈状に石英(玉髓)が晶出している状況(赤点線)が観察される。
 - ✓ 複合面構造と考えられるせん断面(Y面と正断層センスの変形を示唆するP面)に沿って、石英(玉髓)が連続的かつ脈状に晶出している。
 - ・ Y面沿いの石英(玉髓)脈のうち、断層面(下盤側)と対応して比較的直線性の高い2本の主せん断帯(Y面)よりなる主せん断帯が認められる。
 - ✓ P面沿いの脈の一部(青破線)は非常に連続性が良く、主せん断帯両側の主せん断帯(Y面)のうち、東側の主せん断帯(Y面)(赤破線)を横切り、西側の主せん断帯(Y面)に収斂しており、大局的には主せん断帯を斜めに横切っていると見ることができる(※1)。
 - ✓ これらの石英(玉髓)脈は断層による変位・変形が認められず、形成時の形態を保持している。
- ⇒ F-3断層は、せん断面(主せん断帯並びに複合面構造をなすY面及びP面)沿いに晶出する石英(玉髓)脈が認められ、これらの脈に変位・変形が認められないことから、石英(玉髓)脈晶出以降の活動はないものと判断する。



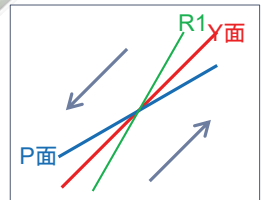
c部層	砂岩
蒲野沢層	b部層 泥岩
	a部層 礫岩・砂岩
泊層	上部層 火山碎屑岩
	安山岩溶岩
泊層	下部層 火山碎屑岩
	安山岩溶岩



F-3断層試料採取位置(Tr-11東(E-W)トレンチ南面)



Tr-11東(E-W)トレンチ南面より採取した
F-3断層破碎部研磨片(断層面に直交する鉛直面方向)



脆性的な変形時の変位センスとY面, R1面, P面の関係

断層破碎部中の石英(玉髓)脈の性状(3)破碎部全体に渡って晶出する石英(玉髓)脈① (F-4断層・K-16孔)

- K-16孔において、F-4断層は、セピオライト化を受け固結・岩石化する破碎部よりなる。
 - セピオライト化し固結・岩石化した破碎部には、破碎部全体に渡って、様々な方向に晶出した石英(玉髓)よりなる鉱物脈が認められる。
 - ✓ セピオライト中に形成された割れ目を充填するように晶出した石英(玉髓)脈が認められる。
 - ・ 石英(玉髓)脈は、破碎部全体に渡って晶出している。
 - ・ 石英(玉髓)脈の一部は、断層面に平行な方向に晶出している。
 - ・ 不規則な形状の割れ目を充填するように晶出する石英(玉髓)脈が見られる。
 - ✓ 石英(玉髓)脈は、断層による変位・変形が認められず、形成時の形態を保持している。
- ⇒ F-4断層は、破碎部がセピオライト化した後に、石英(玉髓)脈が破碎部全体に渡って形成されたもので、これらの石英(玉髓)脈に変位・変形が認められないことから、少なくとも石英(玉髓)脈晶出以降の断層活動はないものと判断する。

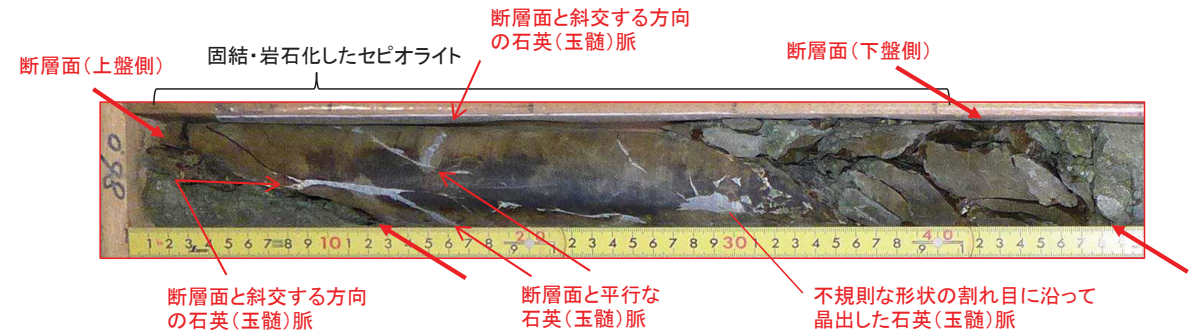


K-16孔コア写真: 深度86~87m(平成7年撮影)

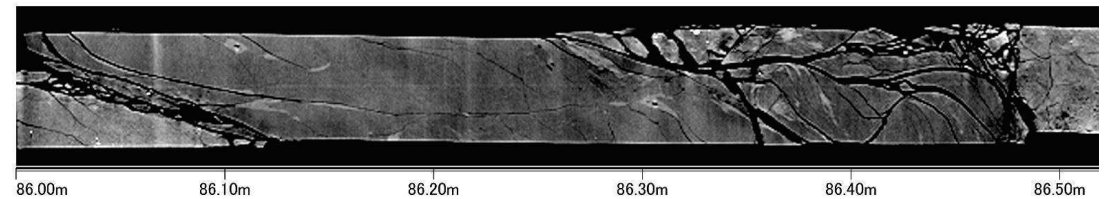
下图拡大写真範囲



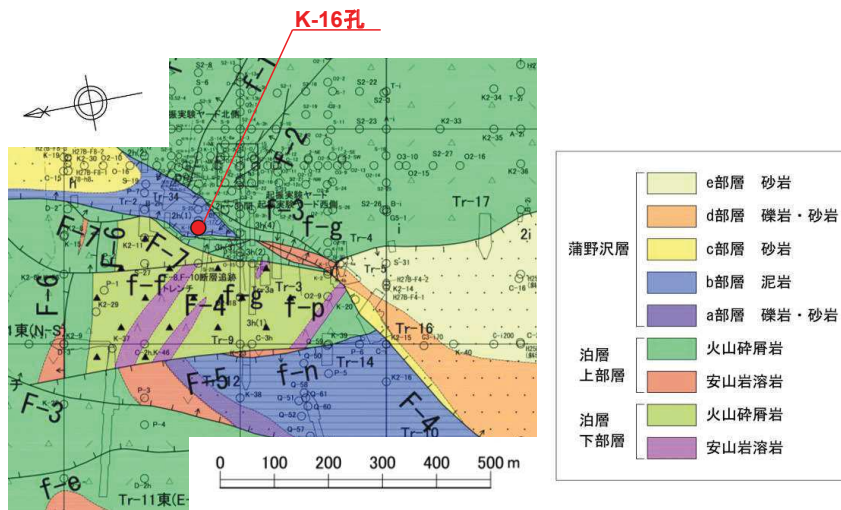
F-4断層: K-16孔深度86~87mコア写真(平成29年撮影)



F-4断層: K-16孔深度86.0~86.5mコア写真(平成29年撮影)



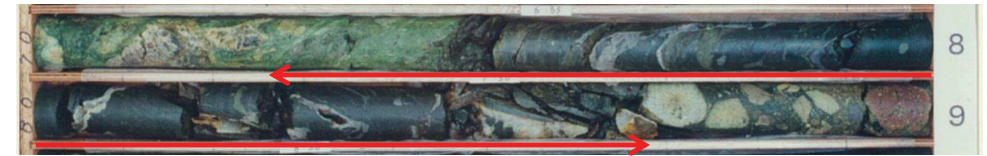
F-4断層: K-16孔, 深度86.00~86.52mCT画像(傾斜方向)



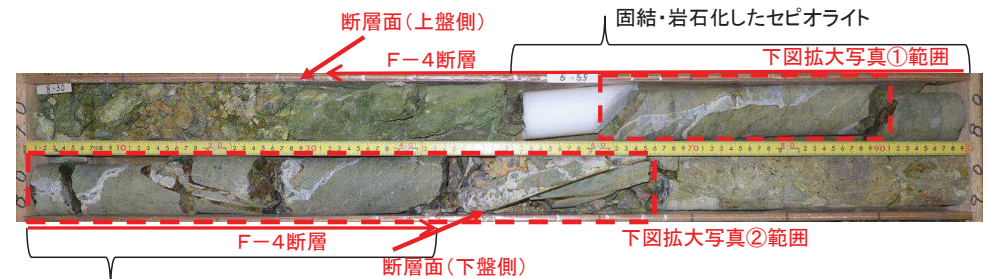
F-4断層試料採取位置(K-16孔)(地質構造図)

断層破碎部中の石英(玉髓)脈の性状(3)破碎部全体に渡って晶出する石英(玉髓)脈② (F-4断層・K-1孔)

- K-1孔において、F-4断層は全体的にセピオライト化を受け固結・岩石化する破碎部よりなる。
 - セピオライト化し固結・岩石化した破碎部には、破碎部全体に渡って、様々な方向に晶出した石英(玉髓)よりなる鉱物脈が認められる。
 - ✓ セピオライト中に形成された割れ目を充填するように晶出した石英(玉髓)脈が認められる。
 - ・ 石英(玉髓)脈は、破碎部全体に渡って晶出している。
 - ・ 石英(玉髓)脈の一部は、せん断面に平行な方向に晶出している。
 - ・ 不規則な形状の割れ目を充填するように晶出する石英(玉髓)脈が見られる。
 - ✓ 石英(玉髓)脈は、断層による変位・変形が認められず、形成時の形態を保持している。
- ⇒ F-4断層は、破碎部がセピオライト化した後に、石英(玉髓)脈が破碎部全体に渡って形成されたもので、これらの石英(玉髓)脈に変位・変形が認められないことから、少なくとも石英(玉髓)脈晶出以降の断層活動はないものと判断する。



K-1孔コア写真: 深度7~9m(平成7年撮影)



固結・岩石化したセピオライト

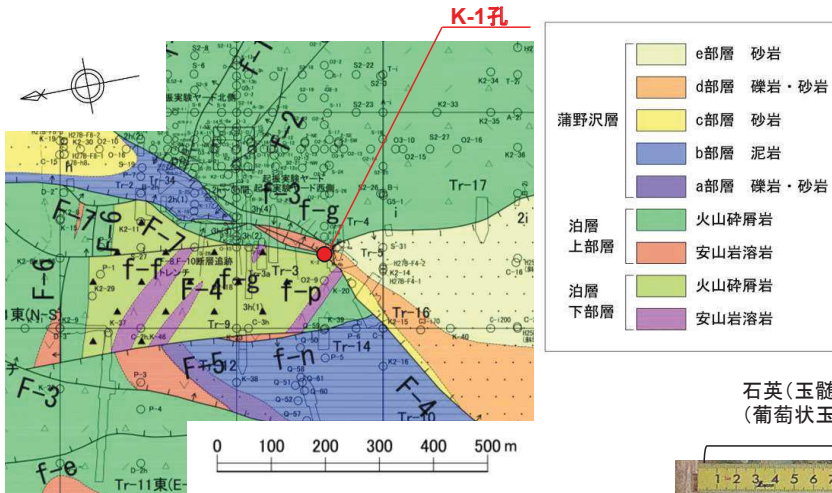
F-4断層: K-1孔深度7~9mコア写真(平成29年撮影)

※コアが回転し方向が様々な状態のため、断層面の方向が明瞭ではない。



不規則な形状に晶出した石英(玉髓)脈

F-4断層: K-1孔深度7.63~7.88mコア 拡大写真①(平成29年撮影)



F-4断層試料採取位置(K-1孔)



不規則な形状に晶出した石英(玉髓)脈

せん断面と平行な石英(玉髓)脈

断層面(下盤側)

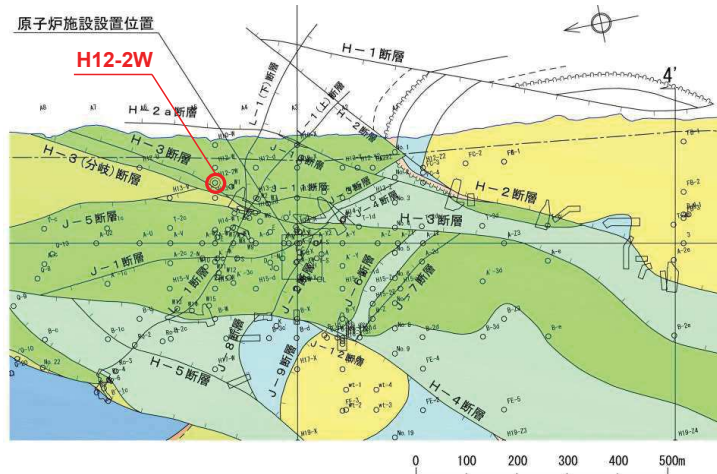
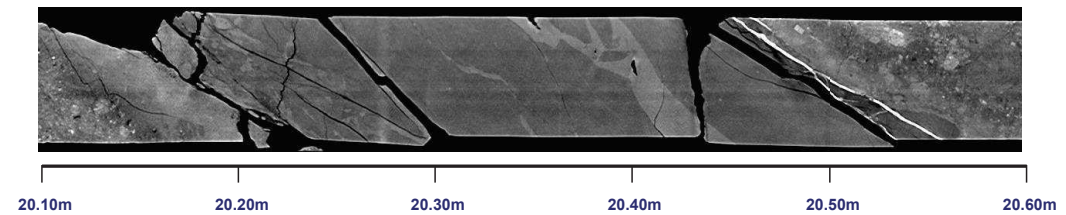
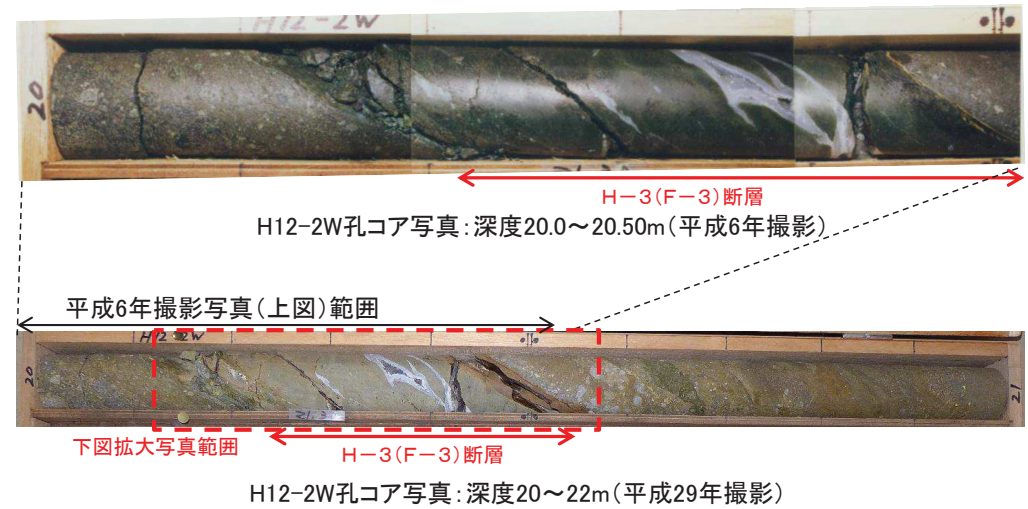
不規則な形状に晶出した石英(玉髓)脈

F-4断層: K-1孔深度8.00~8.68mコア 拡大写真②(平成29年撮影)

※コアが回転し方向が様々な状態のため、断層面の方向との関係が明瞭ではない。

断層破碎部中の石英(玉髓)脈の性状(3)断層面に平行な石英(玉髓)脈① (F-3断層(H-3断層)・H12-2W孔)

- ▶ 東京電力HD株式会社地内のH12-2W孔において、F-3断層の北側延長にあたるH-3断層は、セピオライト化を受け固結・岩石化する破碎部よりなる。
 - ▶ セピオライト化した固結・岩石化した破碎部には、主に断層面に平行な方向に晶出した石英(玉髓)よりなる鉱物脈が認められる。
 - ✓ 断層面に平行な方向の複数の石英(玉髓)脈が認められるが、これらの脈はせん断面沿いに晶出したものと考えられる。
 - ✓ 石英(玉髓)脈は、断層による変位・変形が認められず、形成時の形態を保持している。
 - ✓ 石英(玉髓)脈の一部には晶洞がみられることから、比較的高温の熱水環境下で割れ目沿いに石英(玉髓)が結晶化して晶出した脈であると考えられる。
- ⇒ F-3断層(H-3断層)は、破碎部がセピオライト化した後に石英(玉髓)脈が形成されたもので、これらの石英(玉髓)脈に変位・変形が認められないことから、少なくとも石英(玉髓)脈晶出以降の断層活動はないものと判断する。



蒲野沢層	泊層	猿ヶ森層	記号
<ul style="list-style-type: none"> G₁~G₃部層(砂岩主体) G₄部層(泥岩主体) G₅部層(礫岩主体) 	<ul style="list-style-type: none"> T₁部層(軽石質火山礫凝灰岩主体) T₂部層(凝灰角礫岩, 火山礫凝灰岩, 礫質凝灰岩主体) T₃部層(凝灰岩主体) T₄部層(礫岩) 	<ul style="list-style-type: none"> S₁部層(泥岩, 砂岩, 礫岩主体) 	<ul style="list-style-type: none"> —: 地層境界 - - -: 地層境界(蒲野沢層/泊層不整合) - · - · -: 岩相境界 - - - - - : 断層(ケバは傾斜方向を示す) - · - · -: 敷地境界 ○: ボーリング ◇: トレンチ I I': 地質断面図位置

F-3断層(H-3断層)試料採取位置(H12-2W孔)

断層破碎部中の石英(玉髓)脈の性状(3)断層面に平行な石英(玉髓)脈② (F-3断層(H-3断層)・B-2e孔)

- ▶ 東京電力HD株式会社地のB-2e孔において、F-3断層の北側延長にあたるH-3断層は、セピオライト化を受け固結・岩石化する破碎部よりなる。
 - ▶ セピオライト化し固結・岩石化した破碎部には、主に断層面に概ね平行な方向に晶出した石英(玉髓)よりなる鉱物脈が認められる。
 - ✓ 屈曲しながらも、全体としては断層面と概ね平行な方向の複数の石英(玉髓)脈が認められる。
 - ✓ 石英(玉髓)脈は、断層による変位・変形が認められず、形成時の形態を保持している。
- ⇒ F-3断層(H-3断層)は、破碎部がセピオライト化した後に、石英(玉髓)脈が形成されたもので、これらの石英(玉髓)脈に変位・変形が認められないことから、少なくとも石英(玉髓)脈晶出以降の断層活動はないものと判断する。



H-3(F-3)断層

B-2e孔コア写真: 深度40~42m(平成29年撮影, 掘削は昭和52年)



H-3(F-3)断層

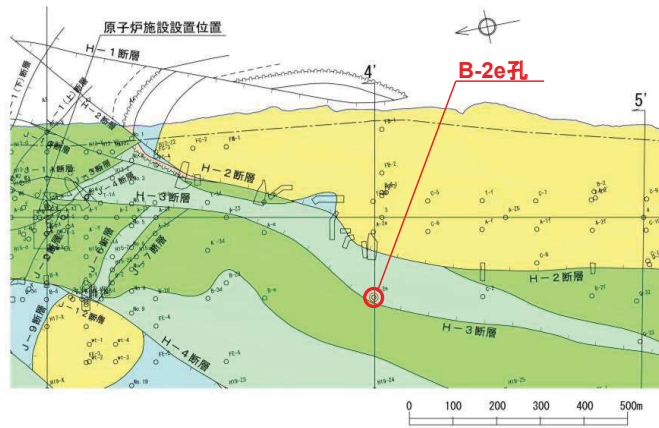
H-3(F-3)断層: B-2e孔, 深度40.35~20.75mコア写真(平成29年撮影)

断層面(上盤側) 固結・岩石化したセピオライト 断層面(下盤側)



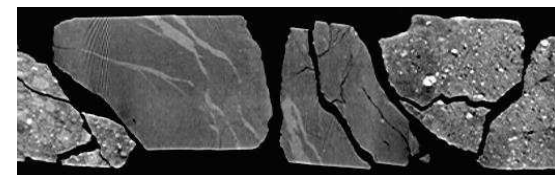
断層面と概ね平行な石英(玉髓)脈

H-3(F-3)断層: B-2e孔, 深度40.50~20.64mコア写真(平成29年撮影)



凡例			
蒲野沢層	泊層	猿ヶ森層	記号
<ul style="list-style-type: none"> G₁~G₃部層 (砂岩主体) G₂部層 (泥岩主体) G₁部層 (礫岩主体) 	<ul style="list-style-type: none"> T部層 (軽石質火山礫凝灰岩主体) T部層 (凝灰角礫岩, 火山礫凝灰岩, 礫質凝灰岩主体) 	<ul style="list-style-type: none"> S部層 (泥岩, 砂岩, 礫岩主体) 	<ul style="list-style-type: none"> —: 地層境界 - - -: 地層境界 (蒲野沢層/泊層不整合) —: 岩相境界 - - -: 断層 (ケバは傾斜方向を示す) - - -: 敷地境界 ○: ボーリング ◇: トレンチ I—I': 地質断面図位置

F-3断層(H-3断層)試料採取位置(B-2e孔)

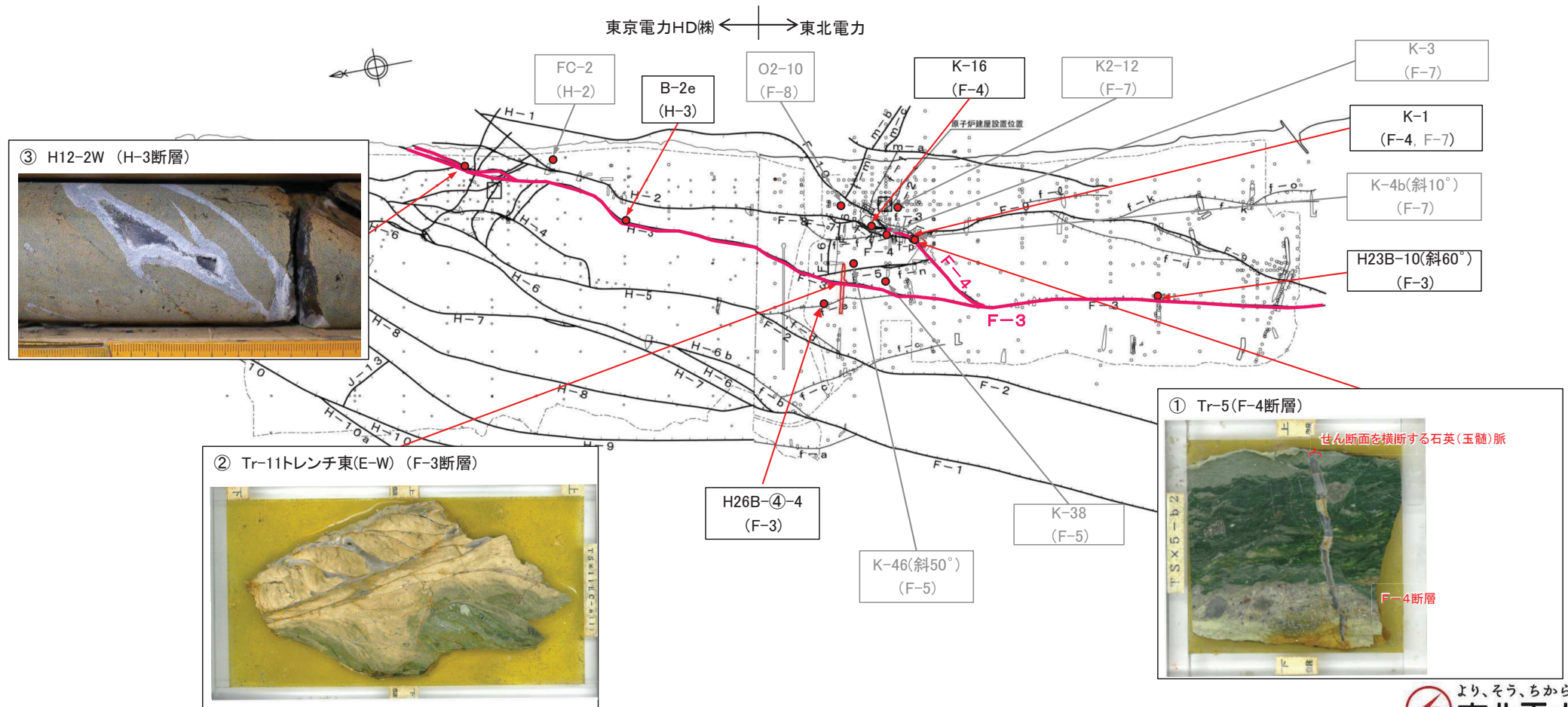


H-3(F-3)断層: B-2e孔, 深度40.50~40.70mCT画像(傾斜方向)

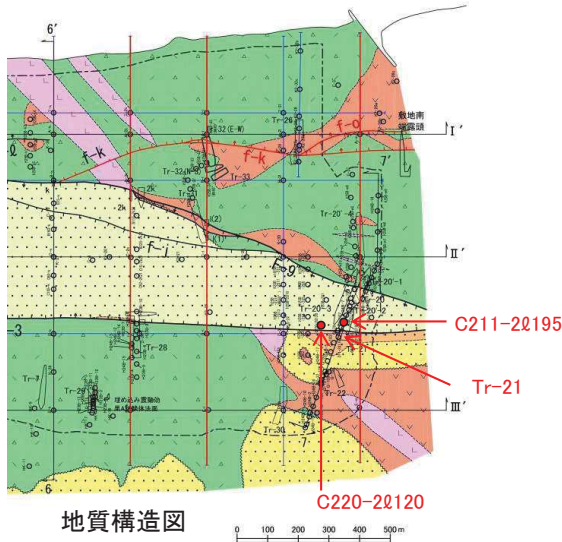
6.3.2 断層破碎部性状

断層破碎部中の石英(玉髓)脈(まとめ)

- 敷地内の断層のうち、下図に示した位置において、石英(玉髓)脈を伴う断層破碎部が確認される。
 - 前項の検討より、上載地層法によって震源として考慮する活断層には該当しないことが確認されなかった断層のうち、F-3断層及びF-4断層において石英(玉髓)脈を伴う断層破碎部が確認されることから、検討を行った。
 - F-3断層及びF-4断層破碎部中には、石英(玉髓)脈は様々な産状を呈しており、これまで横断、充填と記載していたものの中には、以下の性状の石英(玉髓)脈が確認された。
 - (1) 断層面を横断する石英(玉髓)脈 : F-4断層(Tr-5トレンチ試料)
 - (2) せん断面沿いに晶出する石英(玉髓)脈 : F-3断層(Tr-11東(E-W)トレンチ南面試料)
 - (3) 破碎部全体に渡って晶出する石英(玉髓)脈, 断層面に平行な石英(玉髓)脈等 : 上記以外のF-3断層及びF-4断層の破碎部試料
 - 上記の性状の石英(玉髓)脈が破壊されていないことから、石英(玉髓)脈晶出以降の断層活動はないものと判断する。
- ⇒ 石英脈が形成される熱水環境及び熱史を踏まえると、石英(玉髓)は中新世の熱水活動により生成されたと考えられることから、断層は後期更新世以降の活動はないものと判断される。

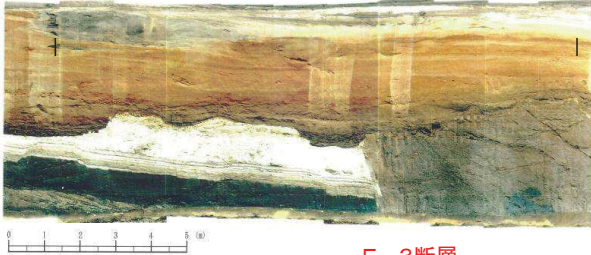
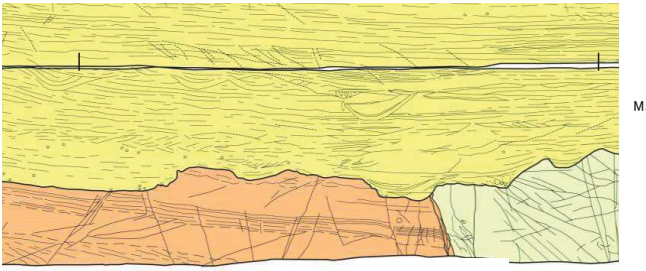
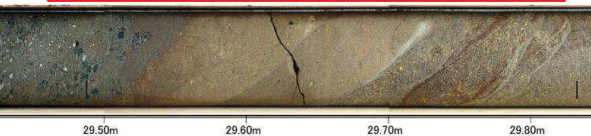
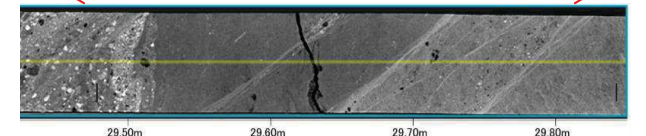
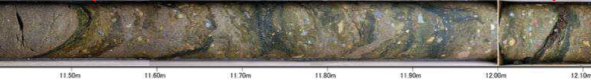
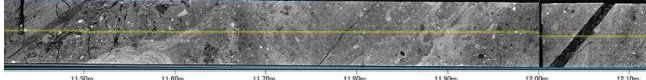


参考：断層破砕部の続成作用による固結・岩石化(F-3断層)



▶ F-3断層には、熱水変質を受けて破砕部に石英(玉髓)脈が見られる事例のほかに、敷地南側において、軟質な断層ガウジなどは見られず、続成作用により断層破砕部が固結・岩石化した箇所が認められる。

⇒ 続成作用により固結・岩石化に要する時間の長さを考慮すると、F-3断層は少なくとも後期更新世以降の断層活動はないと判断される。

断層	孔番・トレンチ	性状	トレンチ法面・コア写真	CT画像(傾斜方向), トレンチスケッチ
F-3	① Tr-21トレンチ	続成型 固結・岩石化 ・断層粘土を伴わず、せん断面は癒着する		
	② C211-2Q195	続成型 固結・岩石化 ・断層粘土を伴わず、せん断面は癒着する		
	③ C220-2Q120	続成型 固結・岩石化 ・断層粘土を伴わず、せん断面は癒着する		

6.3.2 断層破碎部性状

断層破碎部の石英(玉髄)脈 まとめ

【F-3断層, F-4断層の破碎部中の石英(玉髄)脈と断層活動時期の検討】

➢ F-3断層及びF-4断層の破碎部中には石英(玉髄)脈が認められ, 様々な産状を呈しているが, これまで横断, 充填と記載していたものの中には, 以下の性状の石英(玉髄)脈が確認された。

(1) 断層面を横断する石英(玉髄)脈

F-4断層(Tr-5トレンチ試料)には, セピオライト化により固結・岩石化した断層破碎部から, 断層面を横断して破碎部外に連続する石英(玉髄)脈が見られる。

(2) せん断面沿いに晶出する石英(玉髄)脈

F-3断層(Tr-11東(E-W)トレンチ南面試料)には, セピオライト化により固結・岩石化した断層破碎部中に, せん断面(主せん断帯並びに複合面構造をなすY面及びP面)に沿って, 連続的に石英が晶出している。

(3) 破碎部全体に渡って晶出する石英(玉髄)脈, 断層面に平行な石英(玉髄)脈等

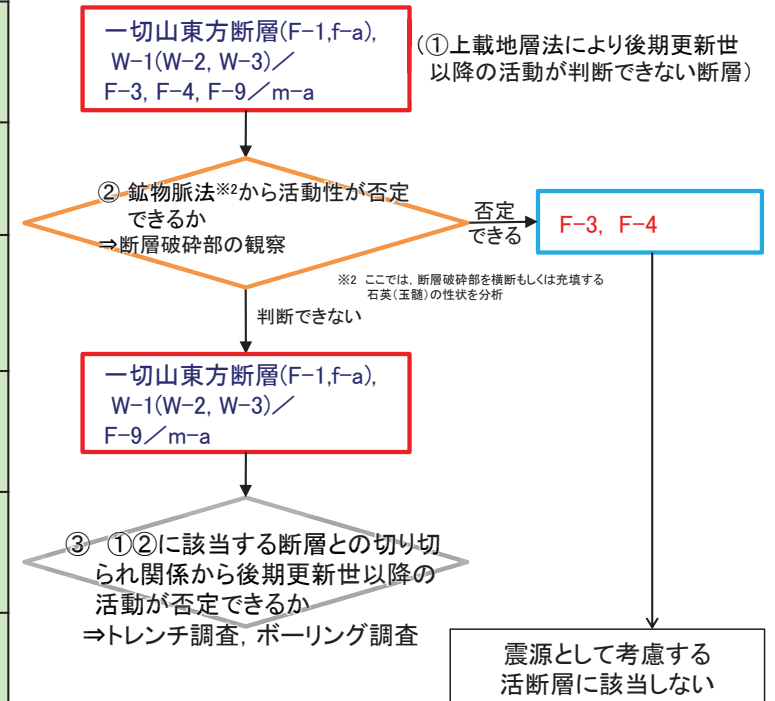
上記の他にも, F-3断層及びF-4断層の破碎部には, セピオライト化により固結・岩石化した断層破碎部中に, 破碎部全体に渡って晶出している脈, 断層面に平行に晶出した脈や, 不規則な形状の割れ目を充填するように晶出する脈, 晶洞を伴い比較的高音の熱水環境下で割れ目沿いに石英(玉髄)が結晶化して晶出したと考えられる脈が見られる。

➢ F-3断層及びF-4断層には, 上記のとおり①「断層面を横断する石英(玉髄)脈」あるいは②「せん断面沿いに晶出する石英(玉髄)脈」が認められ, これらが破壊されていないことから, 石英(玉髄)脈晶出以降の断層活動はないものと判断する。また, これらの石英(玉髄)脈に加えて, ③「破碎部全体に渡って晶出する石英(玉髄)脈, 断層面に平行な石英(玉髄)脈等」についても, 少なくとも石英(玉髄)脈晶出以降の断層活動の影響はないものと判断する。

⇒ F-3断層及びF-4断層は, 石英脈が形成される熱水環境及び熱史を踏まえると, 後期更新世以降の活動はないものと判断される。

また, F-3断層には鉱物脈法による評価に加え, 続成作用により固結・岩石化した破碎部も見られることから, 少なくとも後期更新世以降の断層活動はないと判断される(※)。

断層名	断層破碎部の石英脈(玉髄)の有無	石英脈(玉髄)の性状	鉱物脈法による評価
一切山東方断層 (F-1断層, f-a断層)	なし	—	判断できない
W-1断層 (W-2断層, W-3断層)	なし	—	判断できない
F-3断層	あり	(2)「せん断面沿いに晶出する石英(玉髄)脈」, (3)「断層面に平行な石英(玉髄)脈等」	後期更新世以降の活動はない※
F-4断層	あり	(1)「断層面を横断する石英(玉髄)脈」横断型, (3)「破碎部全体に渡って晶出する石英(玉髄)脈等」	後期更新世以降の活動はない
F-9断層 (老部川右岸の断層)	なし	—	判断できない
m-a断層	なし	—	判断できない



余白

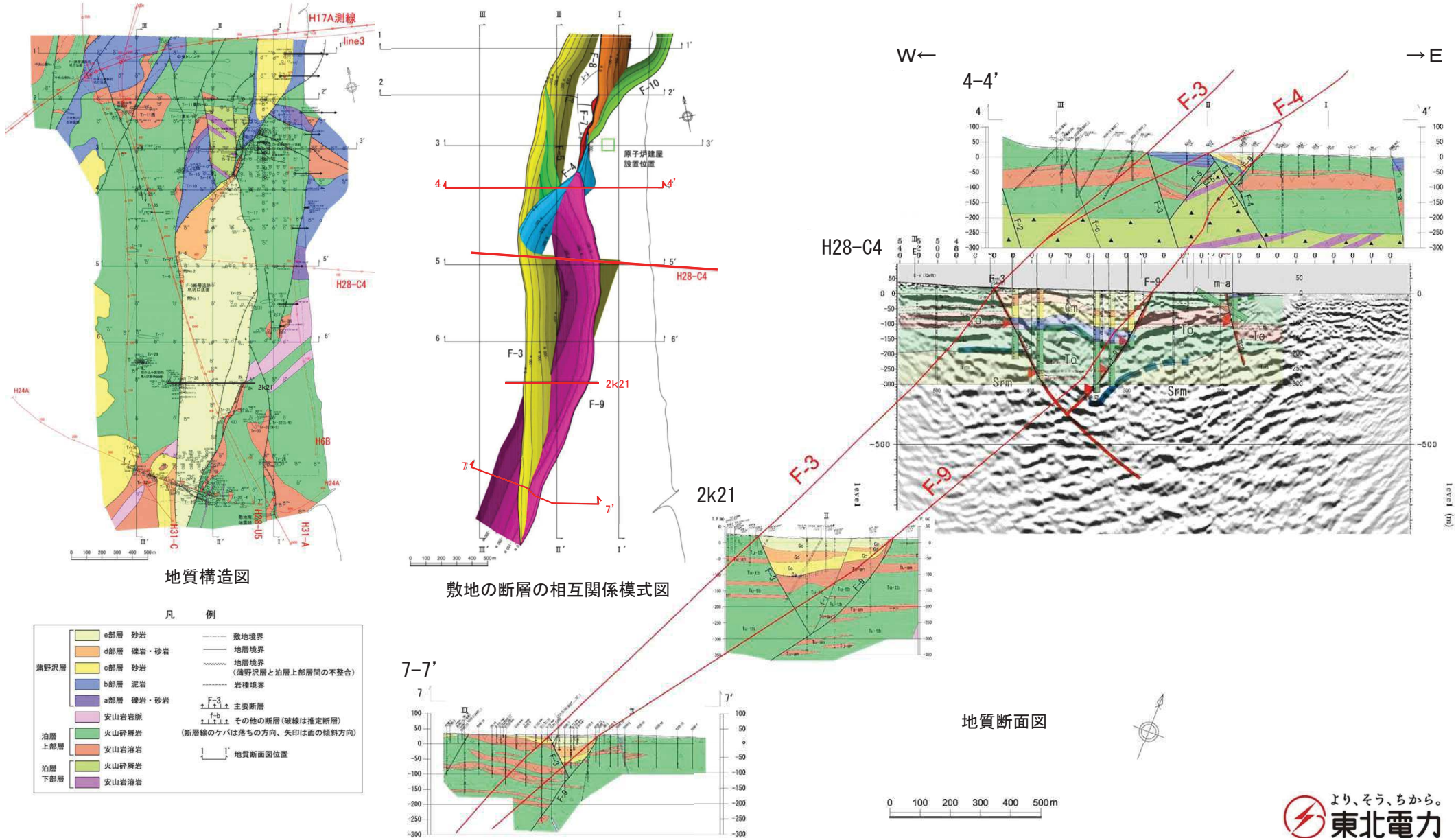
6. 敷地～敷地近傍の断層

- 6.1 敷地～敷地近傍の地形, 地質・地質構造の概要
- 6.2 敷地～敷地近傍の断層と評価の概要
- 6.3 敷地～敷地近傍の震源として考慮する活断層の評価
 - 6.3.1 後期更新世以降の地形, 地層の変位・変形
 - 6.3.2 断層破碎部性状
 - 6.3.3 断層の切り切れ関係
 - 6.3.4 文献調査・変動地形学的調査
 - 6.3.5 断層の地下深部への連続性
 - 6.3.6 敷地～敷地近傍の地下深部地質構造
- 6.4 まとめ

6.3.3 断層の切り切れ関係

敷地中央～南部の地溝状を構成する断層(F-3断層, F-9断層)

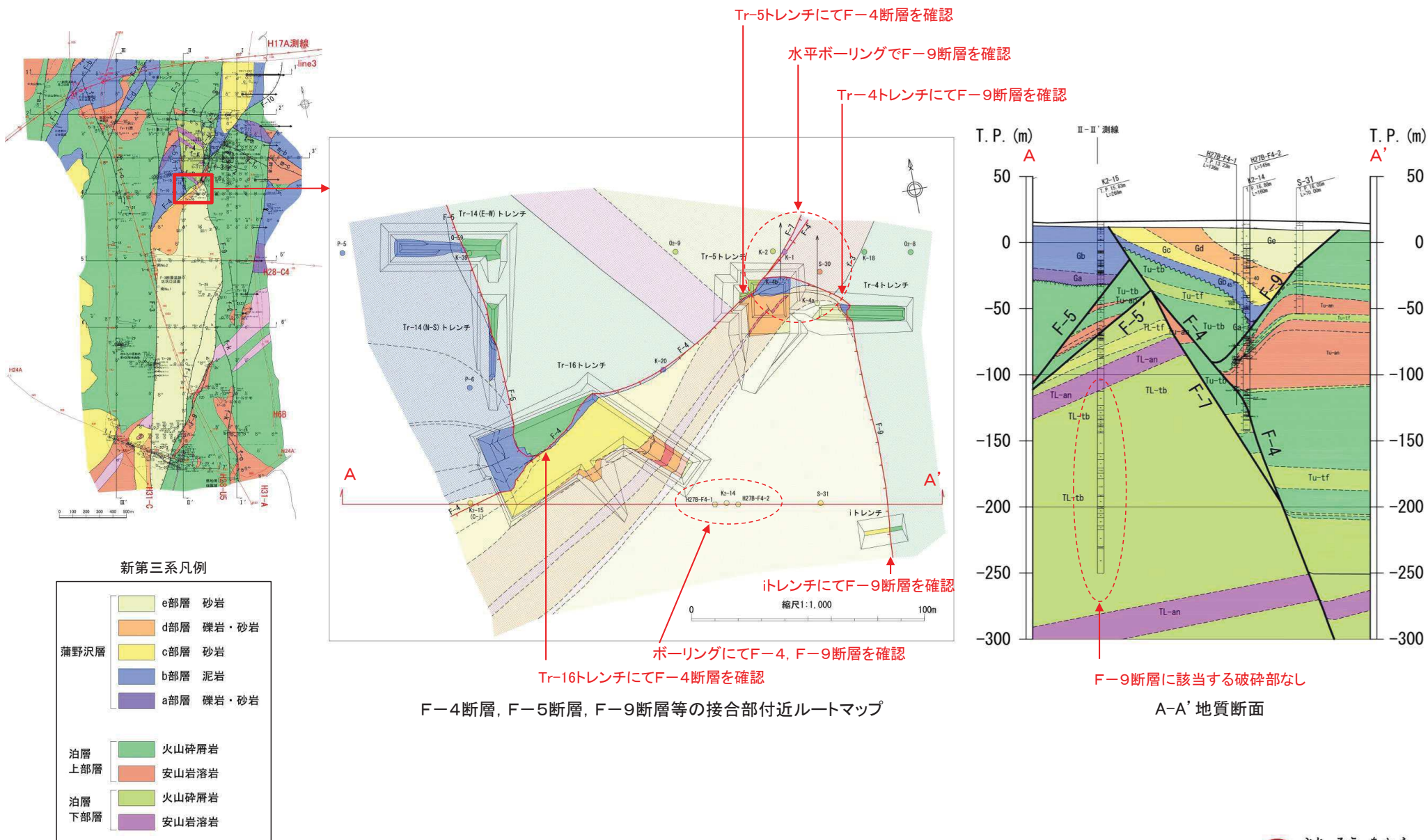
- 活動性評価フロー①及び②の評価において活動性が否定できる断層(F-3断層, F-4断層)と切り切れの関係が認められる断層として, F-9断層が挙げられる。
- F-9断層はF-3断層と互いに切り切れの関係にあり, F-4断層はF-9断層を切り, F-3断層に会合する延長の短い断層である。
- これらの断層はいずれも正断層であり, 変位量もほぼ同程度であることから, ほぼ同時期に形成されたと推測される。



6.3.3 断層の切り切れ関係

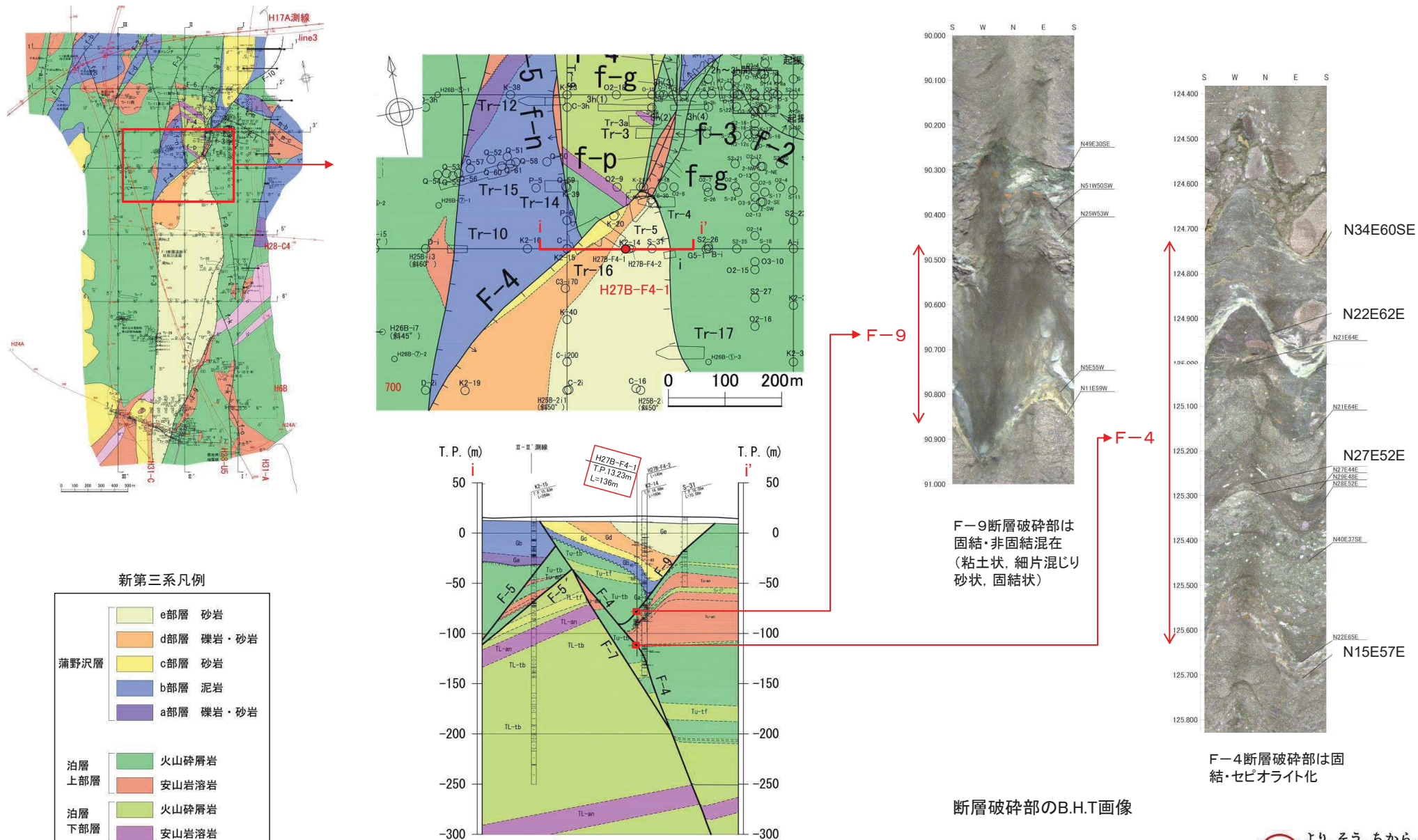
F-4断層とF-9断層会合部

➢ F-9断層は、F-4断層に切られることをボーリング調査、トレンチ調査により確認している。



6.3.3 断層の切り切れ関係 F-4断層とF-9断層の関係(H27B-F4-1孔)

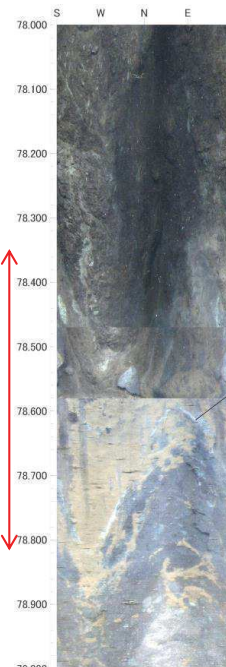
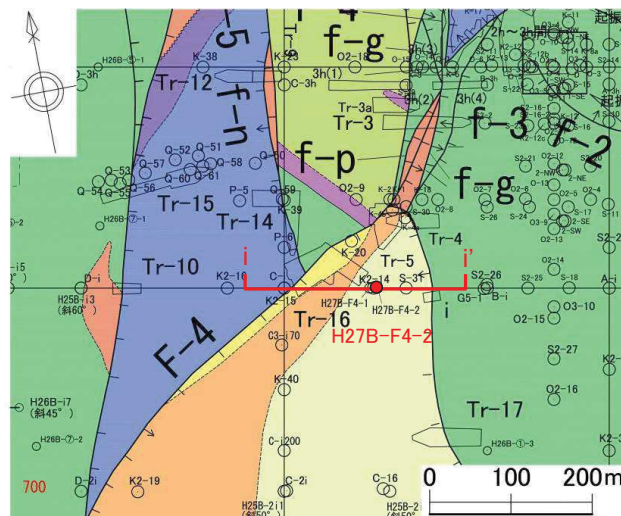
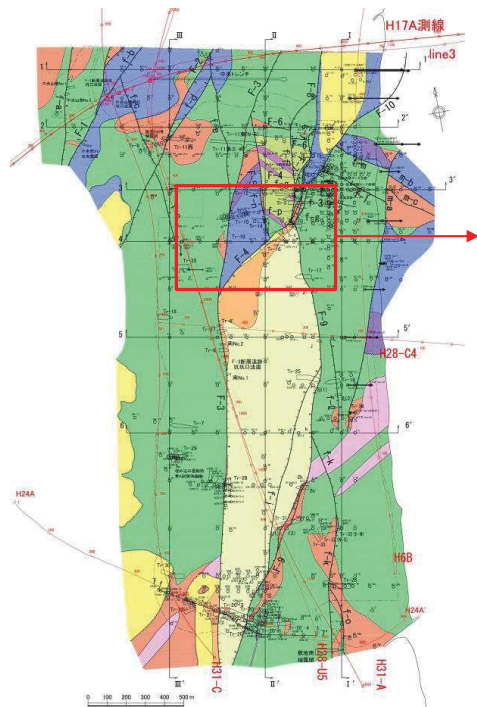
▶ ボーリングH27B-F4-1孔および既往ボーリング調査により、F-4断層は、F-9断層を切ることを確認している。



6.3.3 断層の切り切れ関係

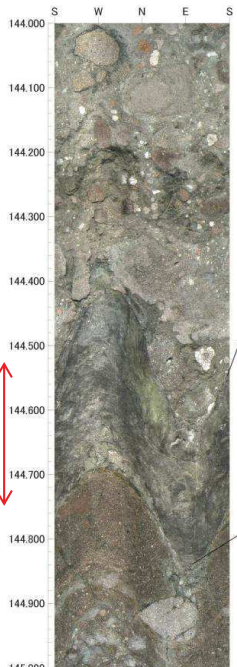
F-4断層とF-9断層の関係(H27B-F4-2孔)

➤ ボーリングH27B-F4-2孔および既往ボーリング調査により、F-4断層は、F-9断層を切ることを確認している。



N16W69E

F-9断層破碎部は固結・非固結混在(粘土状, 岩片状, 固結状)



N15E67E

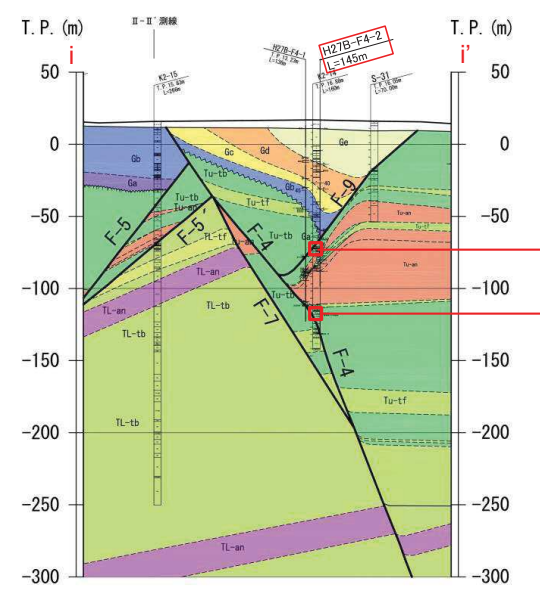
N4E59E

F-4断層破碎部は固結・セピオライト化

断層破碎部のB.H.T画像

新第三系凡例

蒲野沢層	e部層	砂岩
	d部層	礫岩・砂岩
	c部層	砂岩
	b部層	泥岩
	a部層	礫岩・砂岩
泊層 上部層		火山砕屑岩
		安山岩溶岩
泊層 下部層		火山砕屑岩
		安山岩溶岩

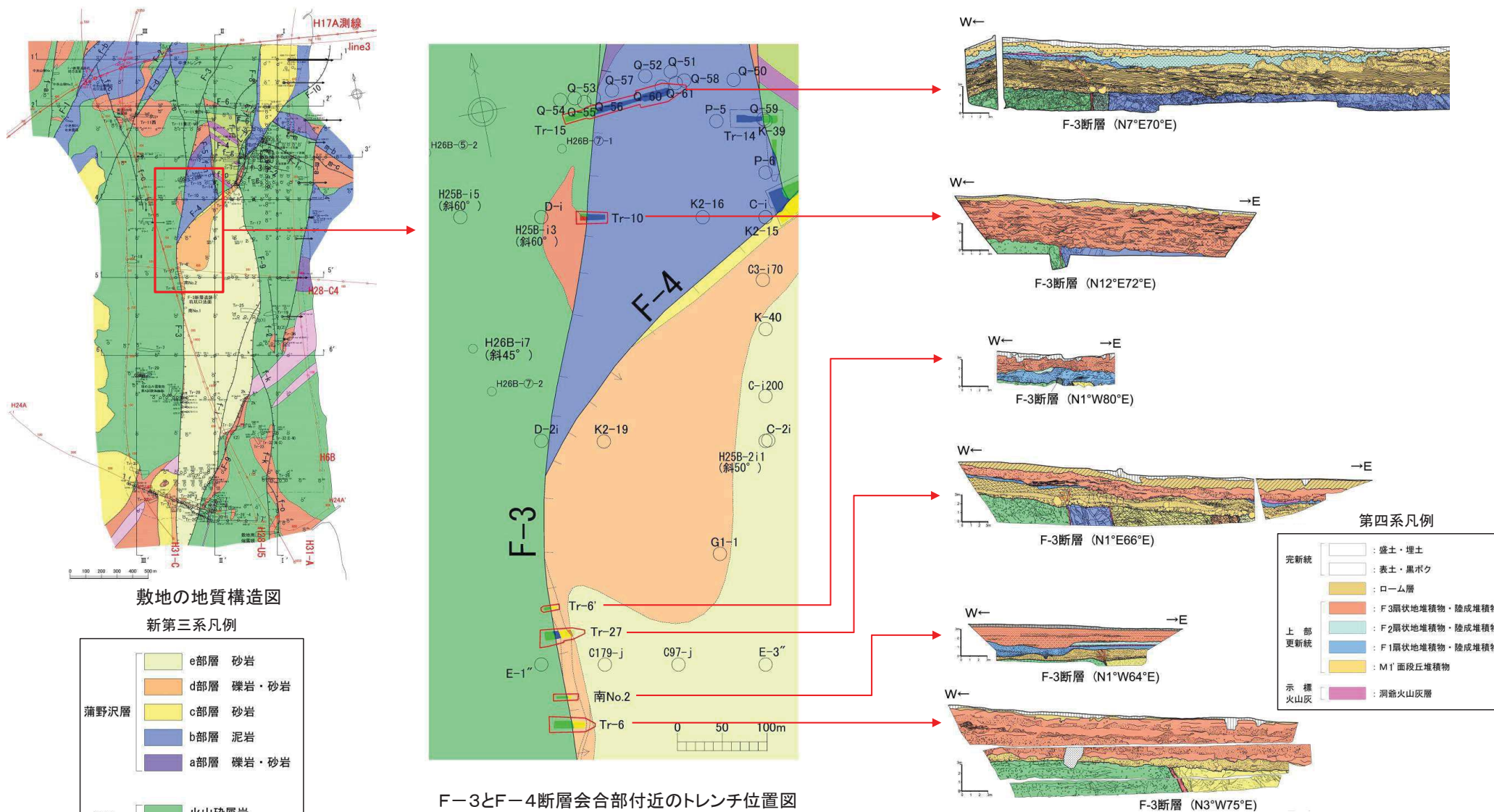


地質断面図

6.3.3 断層の切り切れ関係

F-3断層とF-4断層の関係(F-3断層トレンチ)

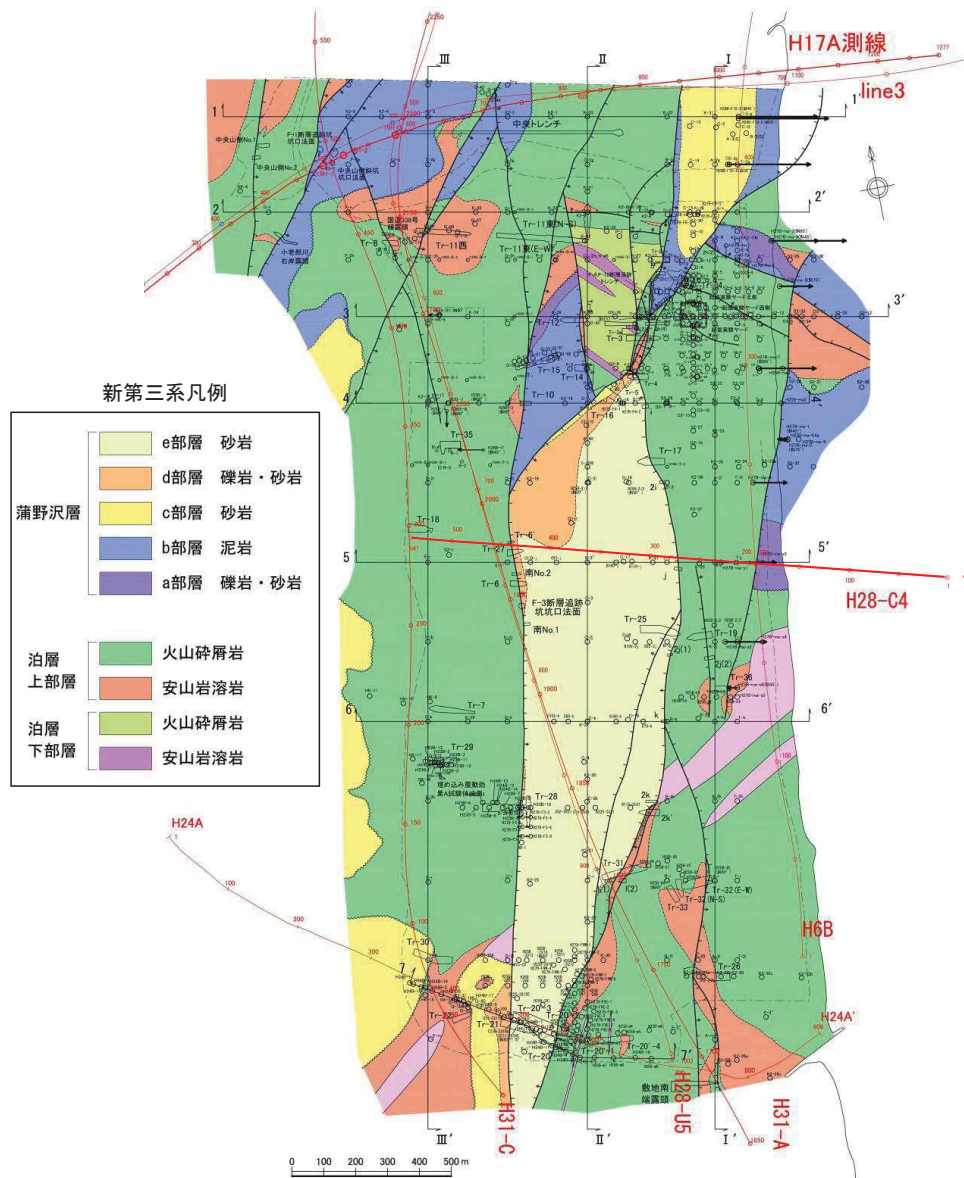
➢ F-3断層とF-4断層の会合部の南北で実施されたF-3断層を対象としたトレンチ調査結果によれば、F-3断層はF-4断層との会合部で不連続がないこと、F-3断層の下盤(西側)の泊層中においてF-4断層延長部に不連続が認められないことから、F-4断層はF-3断層に会合していると判断される。



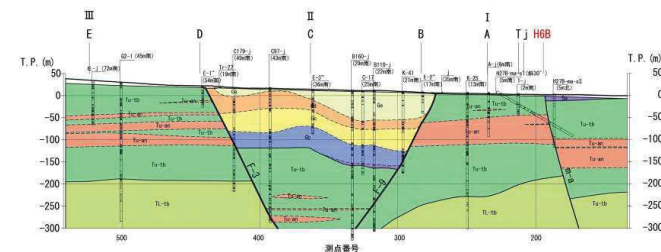
6.3.3 断層の切り切れ関係

F-3断層とF-9断層の関係(敷地中央部反射法地震探査H28-C4測線)

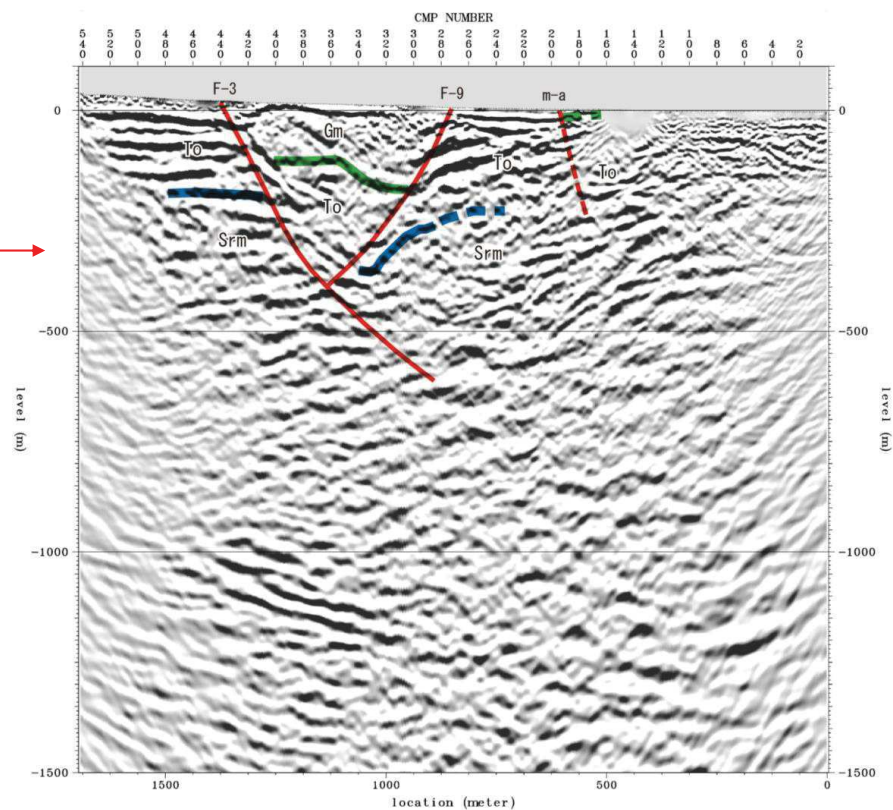
➤ 敷地中央部での東西方向の反射法地震探査H28-C4測線において、F-9断層は、F-3断層に切られると解釈される。



H28-C4測線位置図



H28-C4測線地質断面図

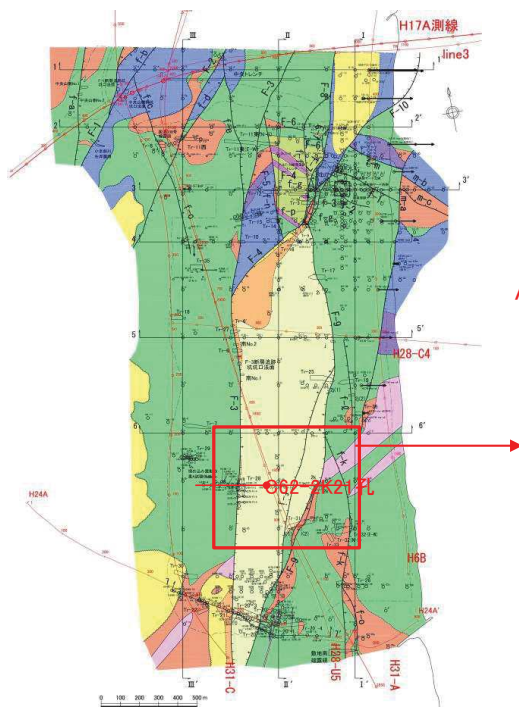


H28-C4測線の解釈図

6.3.3 断層の切り切れ関係

F-3断層とF-9断層の関係(C62-2k21孔)

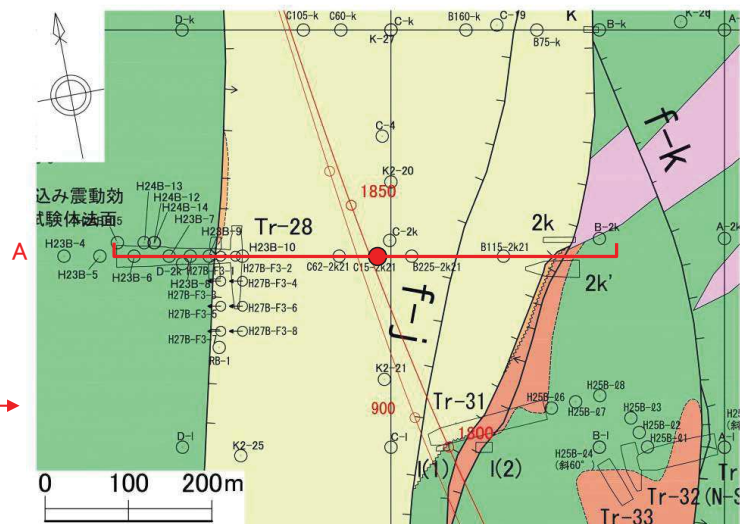
➤ ボーリングC62-2k21孔および既往ボーリング調査により、F-9断層は、F-3断層を切っていることを確認している。



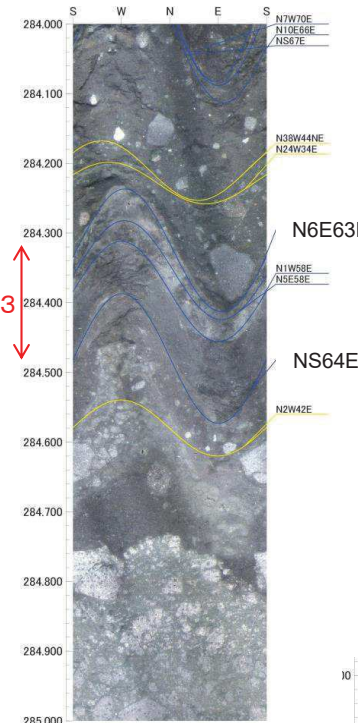
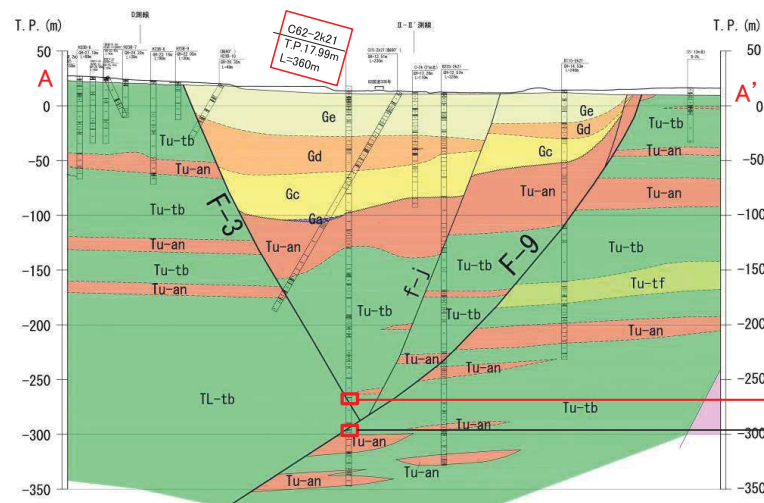
調査位置図

新第三系凡例

e部層	砂岩
d部層	礫岩・砂岩
蒲野沢層	c部層 砂岩
	b部層 泥岩
	a部層 礫岩・砂岩
泊層	火山碎屑岩
上部層	安山岩溶岩
泊層	火山碎屑岩
下部層	安山岩溶岩



2k21地質断面図

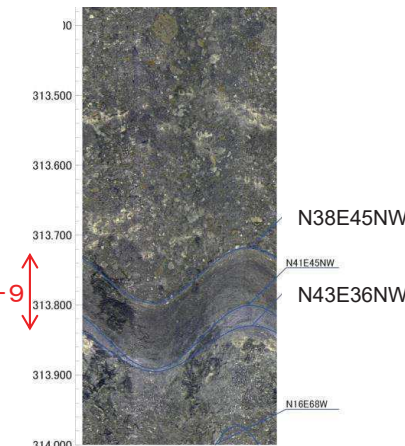


F-3断層破砕部は
固結・非固結混在
(粘土状、固結状(セ
ピオライト化))

F-9

F-9

断層破砕部のB.H.T画像

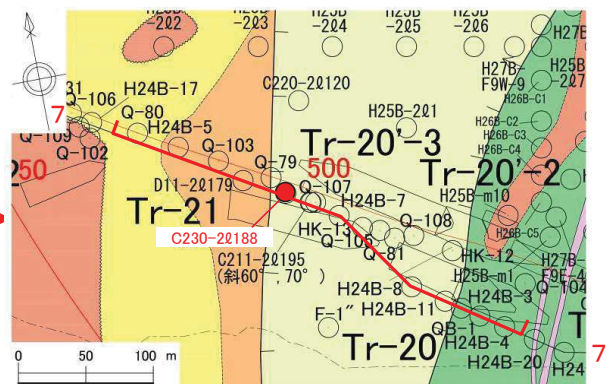
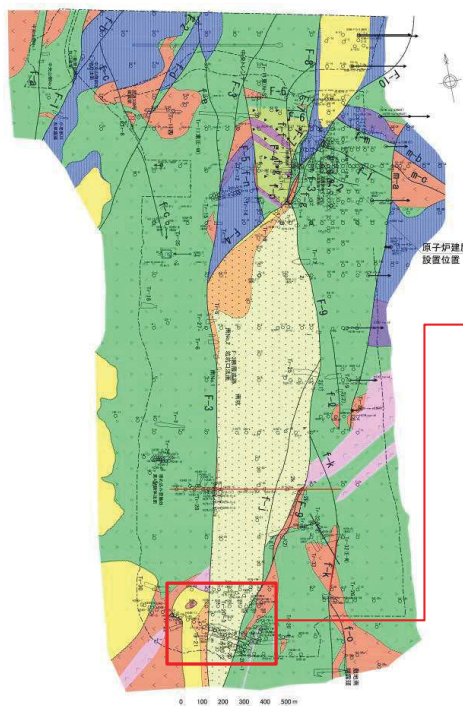


F-9断層破砕部は
固結・セピオライト化

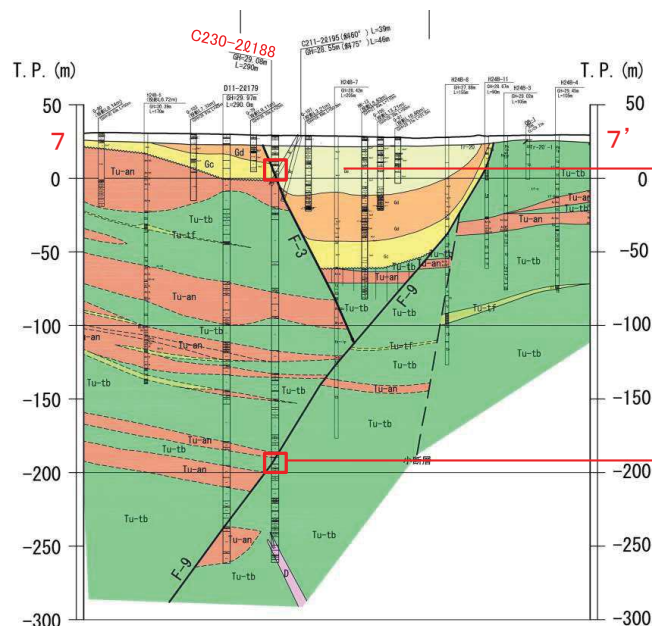
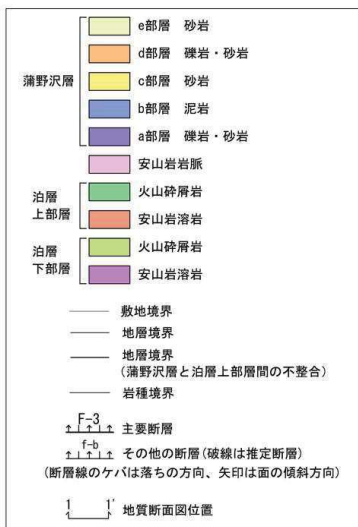
6.3.3 断層の切り切れ関係

F-3断層とF-9断層の関係(敷地南部C230-2Q188孔)

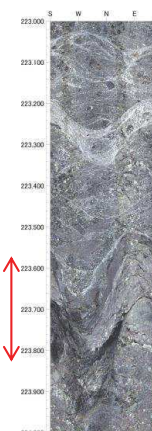
▶ ボーリングC230-2Q188孔および既往ボーリング調査により、F-9断層は、F-3断層を切っていることを確認している。



敷地の地質構造図
凡例

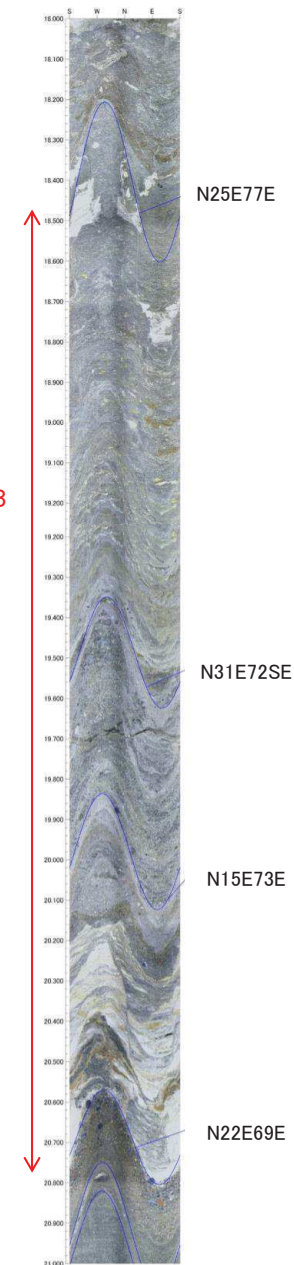


F-3断層破碎部は続成固結 → F-3



F-9断層破碎部は固結・非固結混在 (粘土～シルト状, 固結状(セピオライト化))

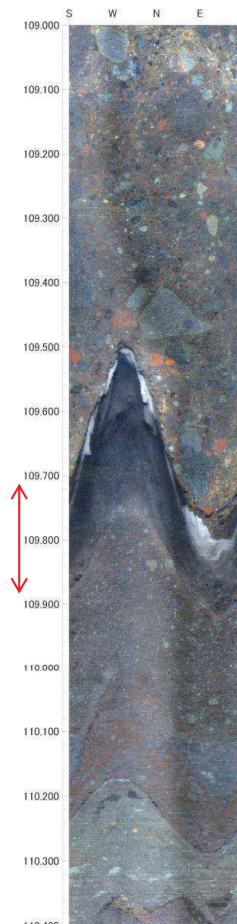
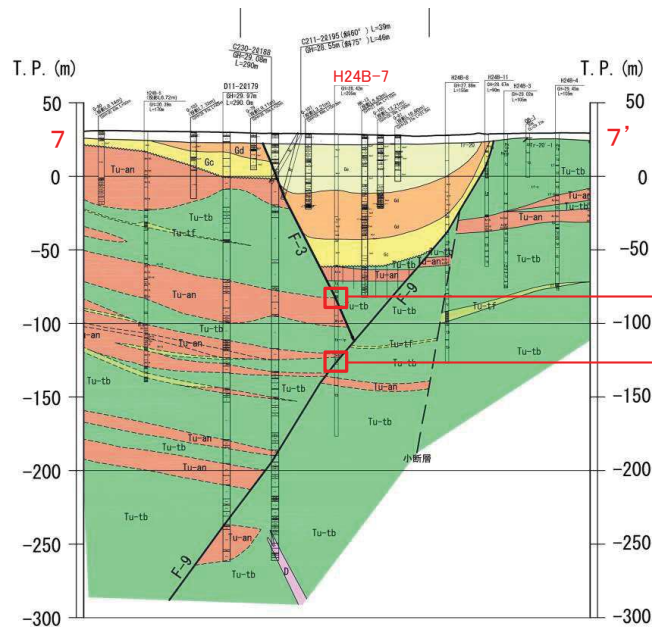
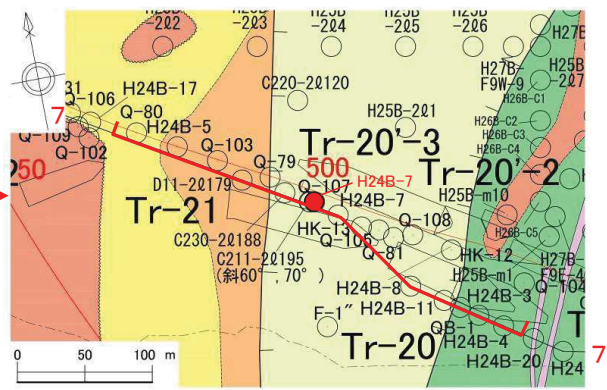
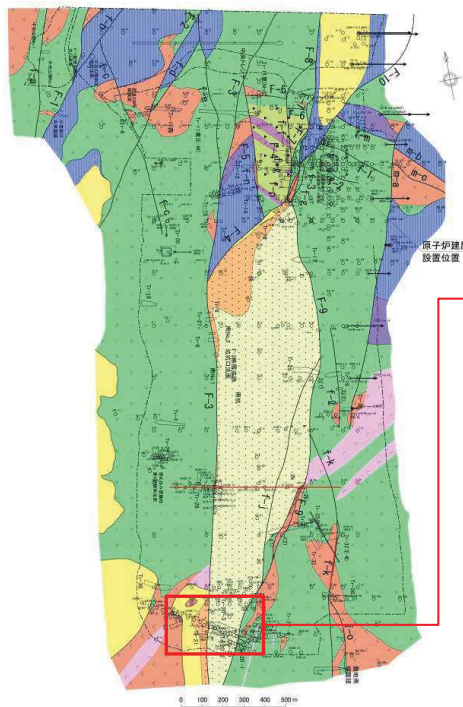
断層破碎部のB.H.T画像



6.3.3 断層の切り切れ関係

F-3断層とF-9断層の関係(敷地南部H24B-7孔)

▶ ボーリングH24B-7孔および既往ボーリング調査により、F-9断層は、F-3断層を切っていることを確認している。



F-3断層破砕部は非固結
(礫混じり鱗片状, 粘土状)



F-9断層破砕部は非固結
(細片状, 粘土状(パリゴルスカイト化))

断層破砕部のB.H.T画像

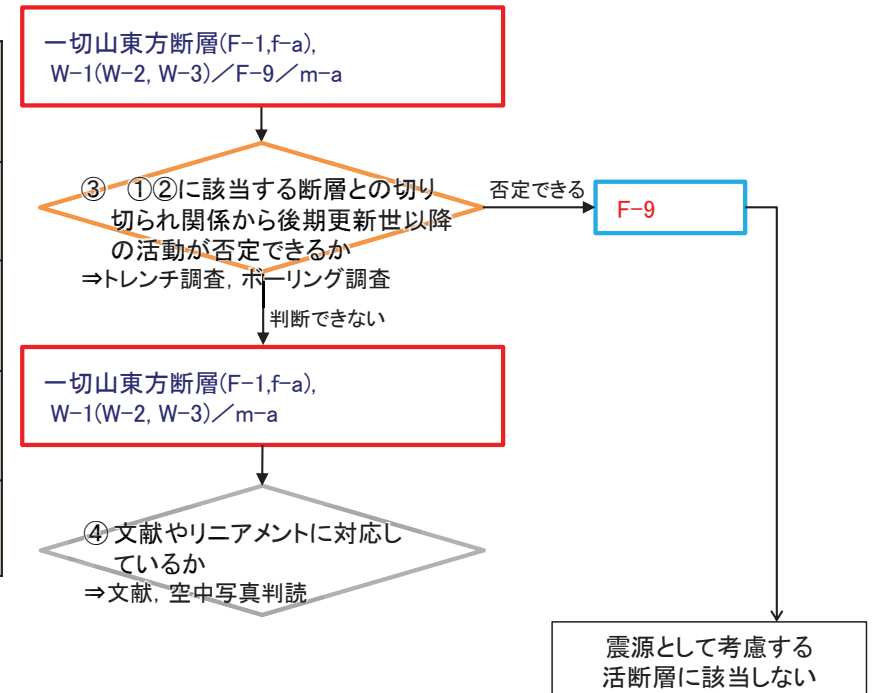
- 凡 例
- e部層 砂岩
 - d部層 礫岩・砂岩
 - 蒲野沢層 c部層 砂岩
 - b部層 泥岩
 - a部層 礫岩・砂岩
 - 安山岩岩脈
 - 泊層 火山砕屑岩
 - 上部層 安山岩溶岩
 - 泊層 火山砕屑岩
 - 下部層 安山岩溶岩
- 敷地境界
— 地層境界
— 地層境界 (蒲野沢層と泊層上部層間の不整合)
— 岩種境界
- ± F-3 ± 主要断層
± F-1 ± その他の断層 (破線は推定断層)
(断層線のネバは落ちの方向、矢印は面の傾斜方向)
- ┌ ┐ 地質断面図位置

6.3.3 断層の切り切れ関係

断層の切り切れ関係 まとめ

- 鉦物脈法における評価において後期更新世以降の活動はないと判断した断層(F-3断層, F-4断層)と接合関係が認められる断層として, F-9断層について切り切れの関係を検討した。
- F-9断層は, F-4断層に切れられ, F-3断層と互いに切り切れの関係にあることから, ほぼ同時期に形成された一連の断層であると考えられる。
 - ✓ F-4断層は, F-9断層を切り, F-3断層に会合する。
 - ✓ F-3断層とF-9断層は互いに切り切れの関係にある。
- ⇒ F-9断層は, 後期更新世以降の活動はないと判断する。

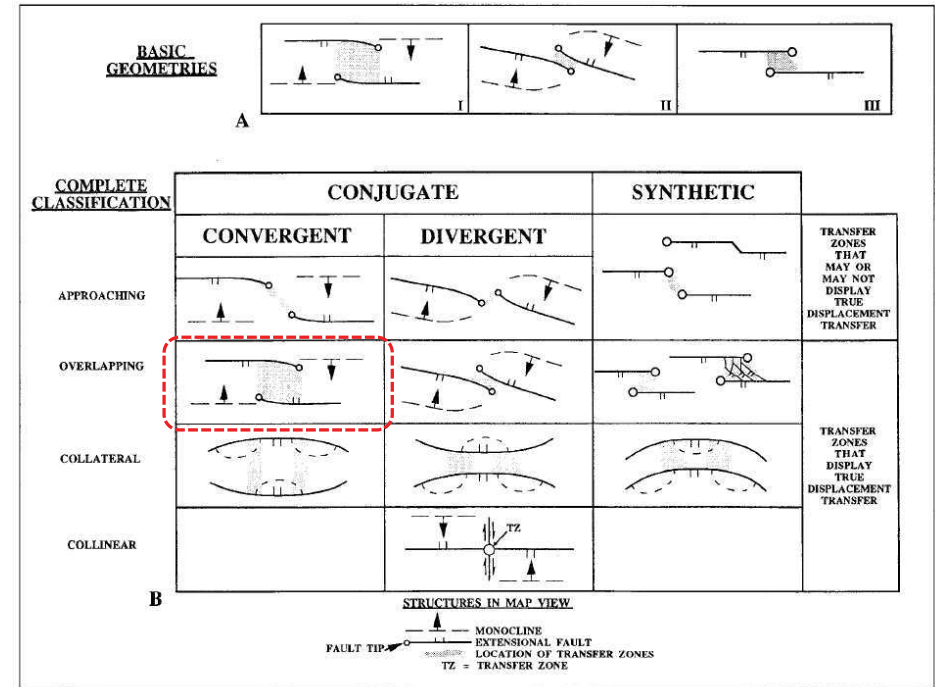
断層名	①②に該当する断層との切り切れ関係から後期更新世以降の活動が否定できるか	断層の切り切れによる評価
一切山東方断層 (F-1断層, f-a断層)	—	判断できない
W-1断層 (W-2断層, W-3断層)	—	判断できない
F-9断層 (老部川右岸の断層)	F-4断層に切られる	後期更新世以降の活動はない
m-a断層	—	判断できない



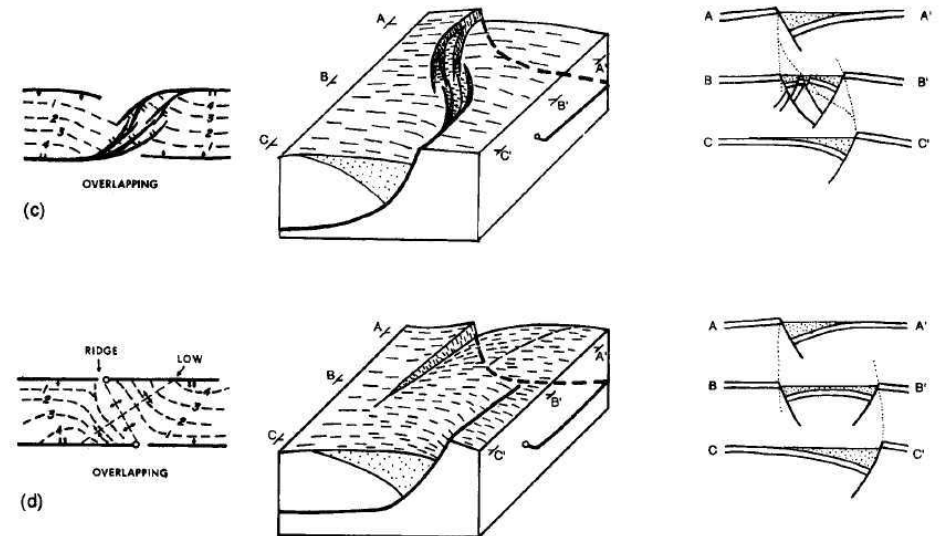
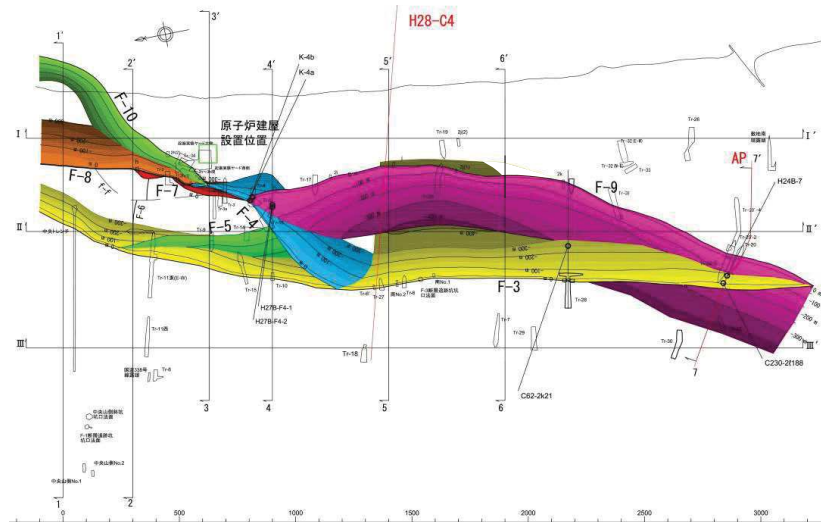
6.3.3 断層の切り切れ関係

(参考)F-3断層, F-4断層, F-9断層の分布形態に関する考察

- F-3断層, F-4断層及びF-9断層の分布形態について以下のとおり整理できる。
 - ✓ F-3断層とF-4断層は, F-3断層からF-4断層が分岐・派生する一連の東傾斜のリストリックなシンセティック正断層とみなすことができる。
 - ✓ F-9断層は西傾斜のリストリックなアンチセティック正断層とみなすことができる。
 - ✓ F-3断層・F-4断層とF-9断層は, 断層の傾斜方向がお互いの断層に向かう方向となっており, またF-3断層・F-4断層の南端部付近とF-9断層の北端部付近でオーバーラップして, 末端で相手の断層に切られているように見える。
 - ✓ F-3断層・F-4断層とF-9断層の深部方向の切り切れは, 北部でF-3断層・F-4断層がF-9断層を切っており, 南部でF-9断層がF-3断層・F-4断層を切っている。
- Morley et al.(1990)は, 石油探鉱資料等に基づいて, 引張応力場にある東アフリカリフト帯に見られる様々な正断層の幾何学的形態について整理し, 断層群の中の断層同士の接続部の特徴を分類しているが, これらの中で, 共役型-収斂型のオーバーラップ型の断面形態は, F-3断層・F-4断層とF-9断層の形態的な特徴に共通点がある。
 - ✓ 正断層は基本的には半地溝を形成するが, 断層の傾斜方向が向い合せの方向の2断層がオーバーラップしている区間では, 断層に挟まれた領域が沈降する地溝を形成している。
 - ✓ 断層がオーバーラップしている区間において, 深部方向の断層の切り切れについては, 断層主部に近い方の断層が末端部付近の断層を切っていると思われる。
- ⇒ 東傾斜のF-3断層・F-4断層と西傾斜のF-9断層は, オーバーラップしている区間で地溝を形成しているが, 深部方向の断層の切り切れについては, F-3断層・F-4断層の主部に近い北側では, F-3断層・F-4断層が末端部付近のF-9断層を切り, F-9断層の主部に近い南側で末端部付近のF-3断層を切っているものと考えられる。



Morley et al.(1990)のFigure1-Transfer zone classification schemeに加筆。



Morley et al.(1990)のFigure2-Conjugate approaching and overlapping transfer zone.の一部抜粋。

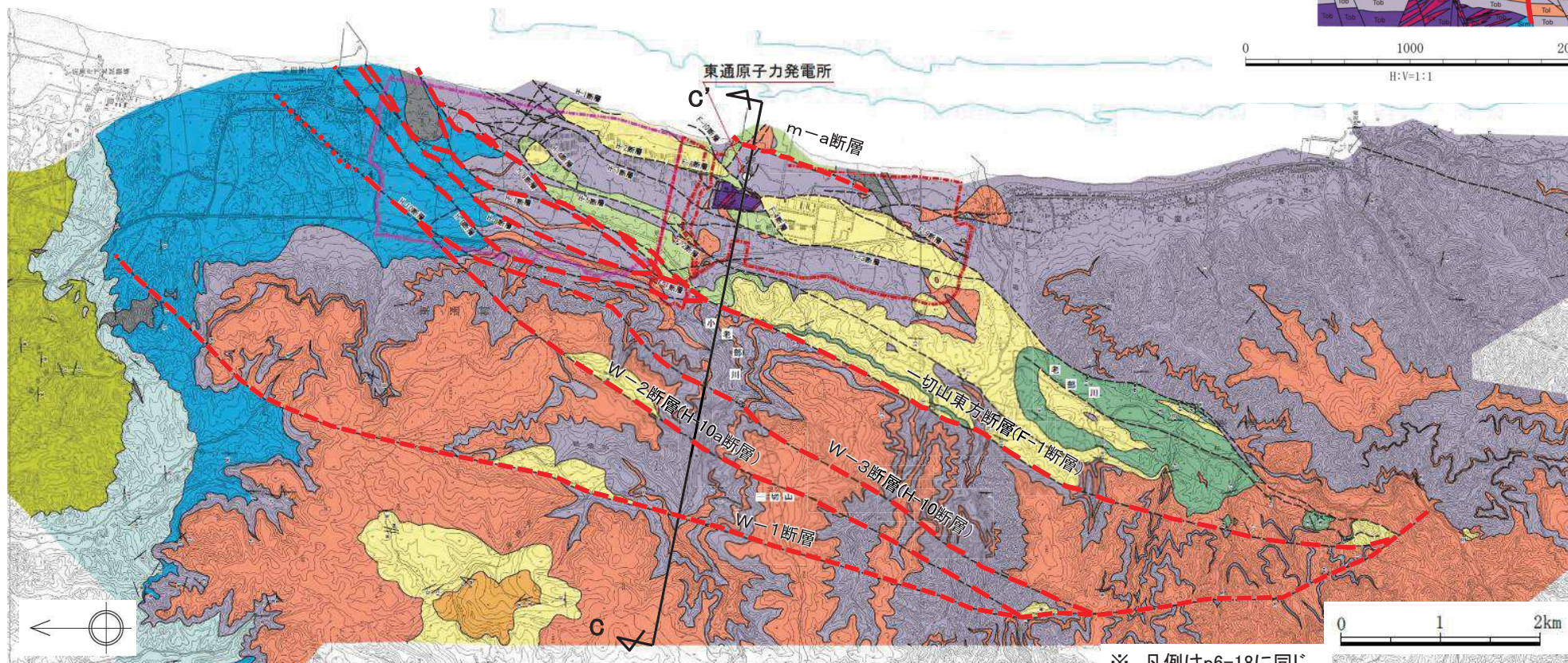
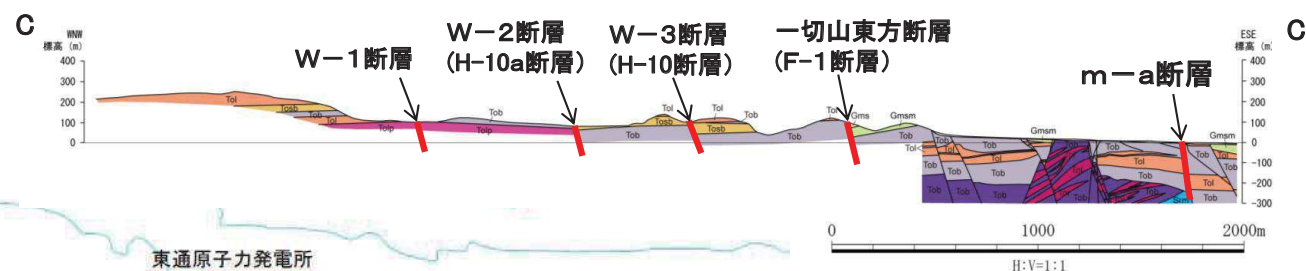
6. 敷地～敷地近傍の断層

- 6.1 敷地～敷地近傍の地形, 地質・地質構造の概要
- 6.2 敷地～敷地近傍の断層と評価の概要
- 6.3 敷地～敷地近傍の震源として考慮する活断層の評価
 - 6.3.1 後期更新世以降の地形, 地層の変位・変形
 - 6.3.2 断層破碎部性状
 - 6.3.3 断層の切り切れ関係
 - 6.3.4 文献調査・変動地形学的調査
 - 6.3.5 断層の地下深部への連続性
 - 6.3.6 敷地～敷地近傍の地下深部地質構造
- 6.4 まとめ

6.3.4 文献調査・変動地形学的調査

文献による活断層及びリニアメントと断層の対応に関する検討

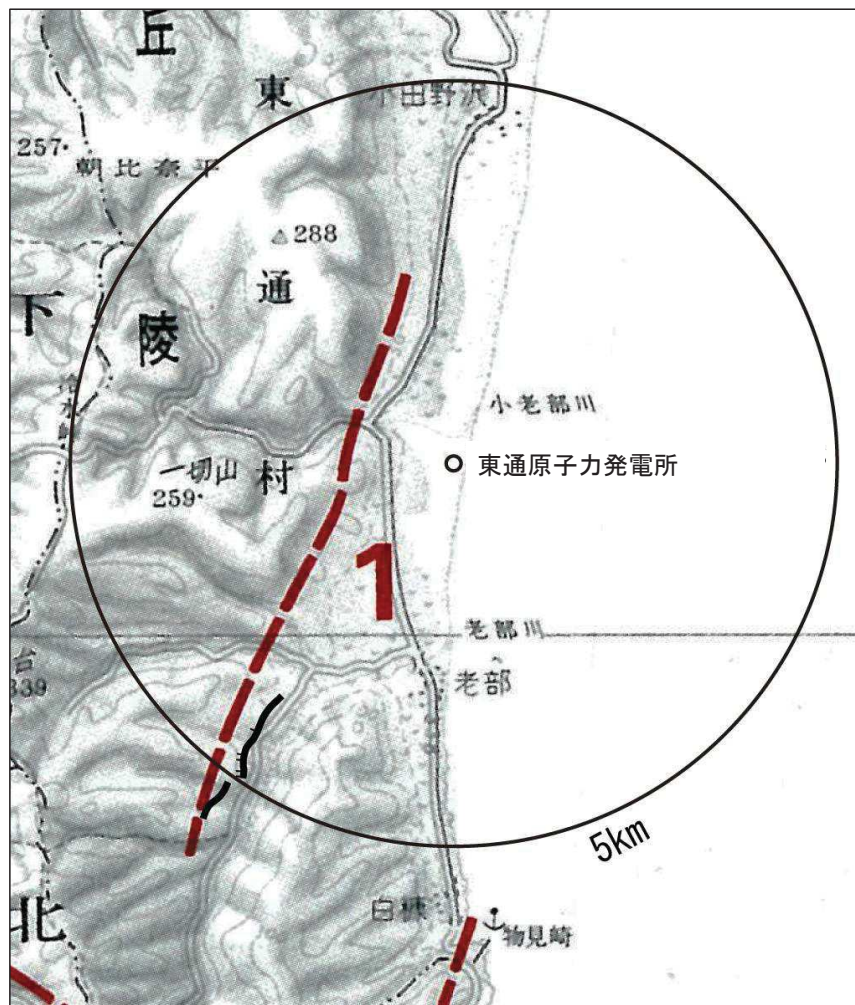
- 敷地～敷地近傍の断層は、近接して平行に分布し、走向・傾斜や地質構造の特徴、断層破碎部性状の特徴が類似する断層であり、NNE-SSW～NE-SW走向で、東傾斜の正断層が主体のリストリックなシンセティック正断層と考えられることから、一連の形成過程の中で形成された断層と考えられる。
- これらの断層の中にあつて、特に一切山東方断層(F-1断層, f-a断層)及びW-1断層(W-2断層, W-3断層)は、いずれもNNE-SSW～NE-SW走向、東傾斜の正断層で、破碎部にセピオライトを伴う等、類似した断層であり、このうち一切山東方断層(F-1断層, f-a断層)が破碎幅、変位量ともに最大である。
- 地質条件が極めて類似したこれらの断層の比較において、文献により指摘されている活断層や空中写真判読によって判読されたりニアメントに対応するような断層は、他の断層に比べ活動性評価の対象として優位性があるとの観点から、文献活断層及びリニアメントとの対応に関する検討を行う。
- なお、m-a断層に対しても、同様の観点から文献活断層及びリニアメントとの対応に関する検討を行う。



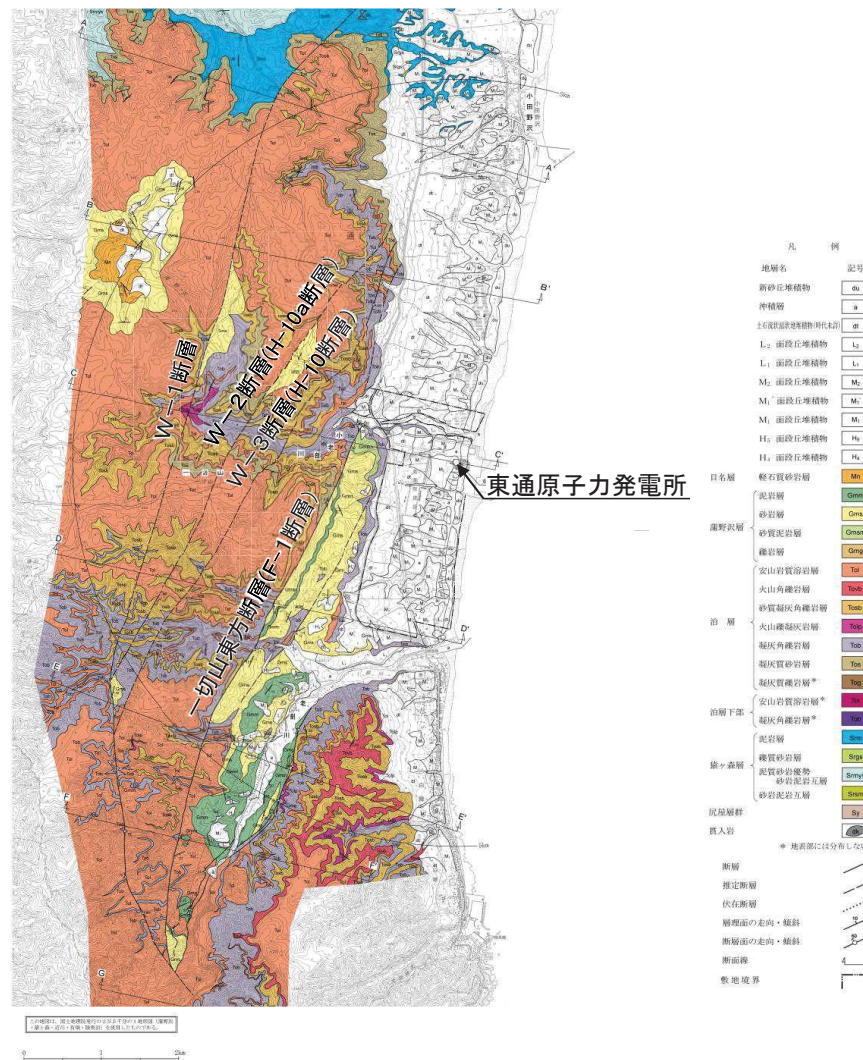
6.3.4 文献調査・変動地形学的調査

文献による敷地～敷地近傍の活断層との対応

- ▶ F-1断層（一切山東方断層）は、文献により指摘されている活断層との対応が認められる。
 - ✓ 「[新編]日本の活断層」(1991)は、敷地近傍に長さ7km、NNE-SSW方向の「活断層の疑のあるリニアメント(確実度Ⅲ)」を示し、一切山東方断層と呼び、その活動度をC級としている。
- ▶ 一方、W-1断層(W-2断層、W-3断層)及びm-a断層は、文献により指摘されている活断層との対応は認められない。



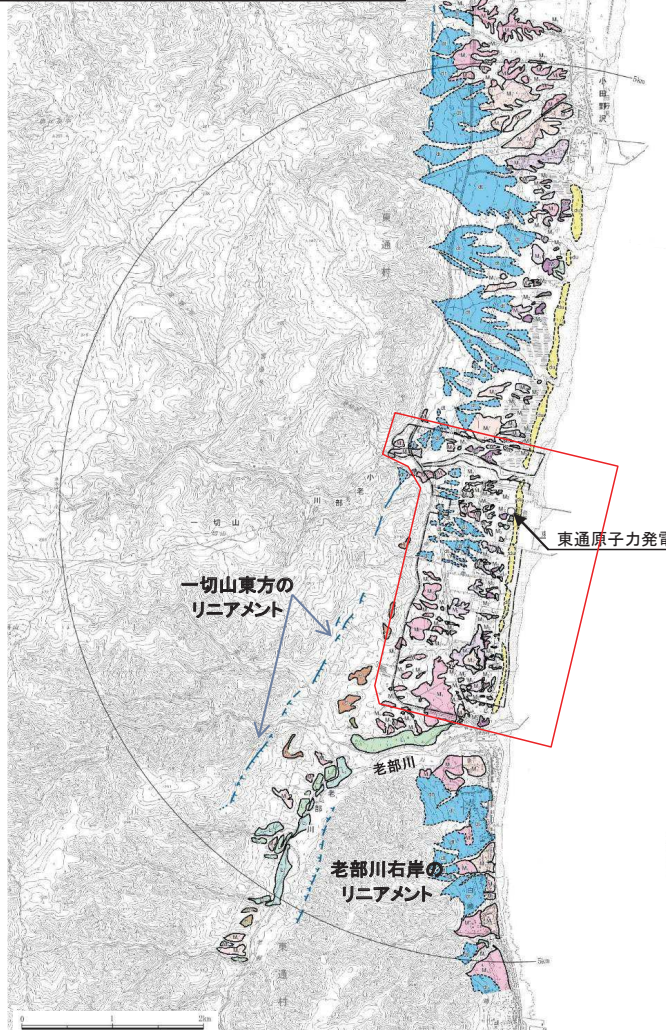
「[新編]日本の活断層(1991)」に加筆



6.3.4 文献調査・変動地形学的調査

敷地近傍の空中写真判読結果によるリニアメントとの対応

段丘区分	記号	段丘区分	記号
L ₂ 面		砂丘	
L ₁ 面		土石流状扇状地面	
M ₂ 面			
M ₂ 面			
M ₁ 面			
M ₁ 面		リニアメント	
H ₃ 面		L _D	
H ₄ 面		敷地境界	



敷地近傍の空中写真判読結果



敷地の地形面区分図

(敷地～敷地近傍の空中写真判読結果)

- 空中写真判読の結果、東通村一切山東方から同村老部川左岸にかけて断続するL_Dリニアメント(一切山東方断層)、東通村老部川右岸にL_Dリニアメント(老部川右岸)が認められる。
- 一方、敷地内にはリニアメントは認められない。

(リニアメントと断層との対応)

- F-1断層(一切山東方断層)は、空中写真判読によるL_Dリニアメント(一切山東方断層)との対応が認められる。
- 一方、W-1断層(W-2断層、W-3断層)及びm-a断層は、空中写真判読によるL_Dリニアメントとの対応は認められない。
- ✓ なお、m-a断層については、断層付近にはMIS5eIに対応する段丘面及び段丘堆積物の分布は認められず、また断層は海岸線付近に分布する。

原子炉建屋設置位置

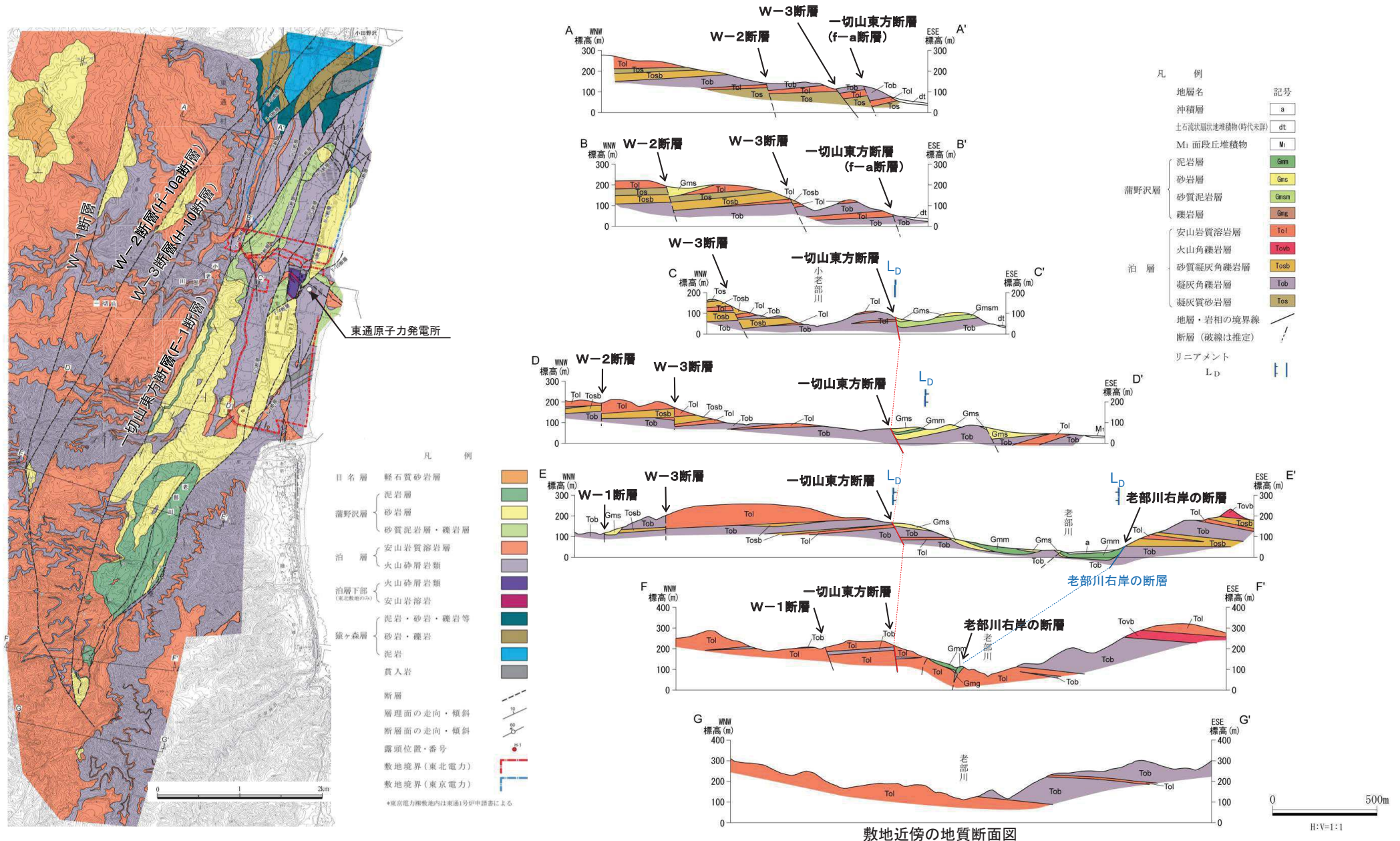
凡例

	L ₂ 面		扇状地面Ⅲ		段丘面にみられる高まり
	L ₁ 面		扇状地面Ⅱ		人工変化により原地形がほとんど失われている
	M ₂ 面		扇状地面Ⅰ		*扇状地面については、分布高度及び形態に基づいて高位よりⅠ、Ⅱ、Ⅲ面に区分した
	M ₂ 面		砂丘		崖錐
	M ₁ 面		敷地境界		
	M ₁ ⁺ 面				

*地形図は空中写真(平成5年撮影)によるDEMから作成(等高線は1.0m間隔、赤線は0.5m間隔で入れた補助線)

判読したリニアメントと地質調査で確認した断層の対応(地質断面図)

- 一切山東方断層付近で判読されたL_Dリニアメントは、前述のとおり必ずしも地質調査で確認された断層とは対応しないものの、C-C'断面、E-E'断面では一切山東方断層に対応する。
- なお、老部川右岸の断層付近で判読されたL_Dリニアメントは、E-E'断面で老部川右岸の断層に対応している。



*東京電力兩敷地内は東京1号が申請書による。

余白

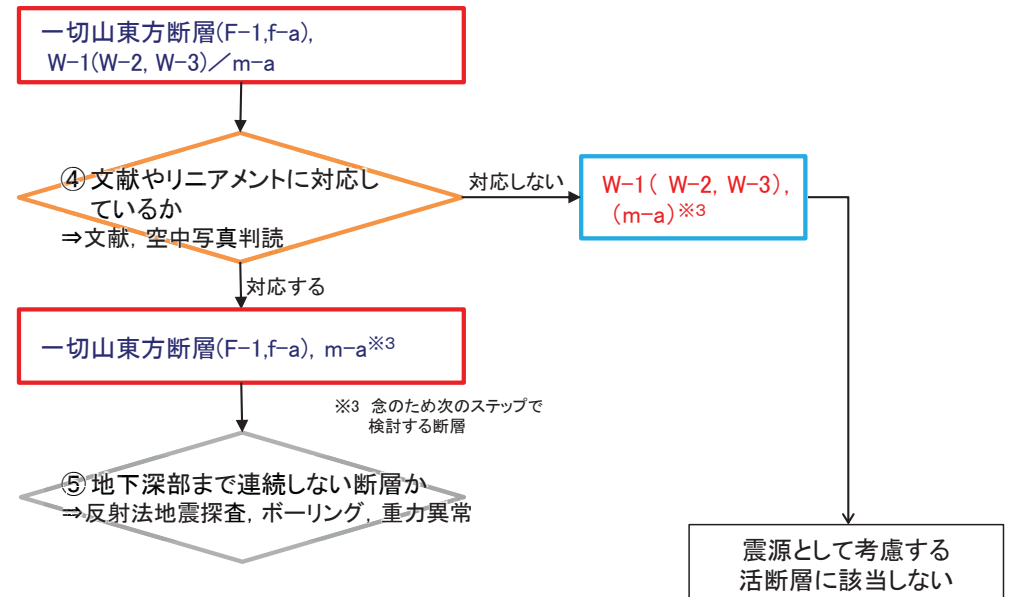
6.3.4 文献調査・変動地形学的調査

文献調査・変動地形学的調査 まとめ

- 敷地～敷地近傍の断層は、近接して平行に分布し、走向・傾斜や地質構造の特徴、断層破碎部性状の特徴が類似する断層であり、NNE-SSW～NE-SW走向で東傾斜の正断層が主体のリストリックなシンセティック正断層と考えられることから、一連の形成過程の中で形成された断層と考えられる。
- これらの断層の中にあつて、特に一切山東方断層（F-1断層, f-a断層）及びW-1断層（W-2断層, W-3断層）は、いずれもNNE-SSW～NE-SW走向、東傾斜の正断層で、破碎部にセピオライトを伴う等、類似した断層であり、破碎幅、変位量ともに一切山東方断層（F-1断層, f-a断層）が最大である。
- 地質条件が極めて類似したこれらの断層の比較において、文献により指摘されている活断層や空中写真判読によって判読されたリニアメントに対応するような断層は、他の断層に比べ活動性評価の対象として優位性があるとの観点から、文献活断層及びリニアメントとの対応に関する検討を行った

断層名	文献指摘の活断層やリニアメントとの対応	備考	文献調査・変動地形学的調査による評価
一切山東方断層 (F-1断層, f-a断層)	・文献活断層と対応 ・リニアメントと対応	—	対応する
W-1断層 (W-2断層, W-3断層)	・文献活断層と対応しない ・リニアメントと対応しない	—	対応しない
m-a断層	・文献活断層と対応しない ・リニアメントと対応しない	・断層付近にはMIS5eに対応する段丘面及び段丘堆積物の分布は認められない ・断層は海岸線付近に分布する	対応しない (念のため次のステップで検討)

- W-1断層（W-2断層, W-3断層）は、文献により指摘されている活断層との対応は認められず、また空中写真判読によるリニアメントとの対応も認められない。
- 一切山東方断層（F-1断層, f-a断層）は、断層沿いに概ね対応してL_Dリニアメントが判読され、文献で指摘されている一切山東方断層に対応する。
- ⇒ 上記の断層の中では、一切山東方断層（F-1断層, f-a断層）を対象として、地下深部への連続性について検討する。
- 一方、m-a断層は、文献により指摘されている活断層及び空中写真判読によるリニアメントとの対応は認められないものの、断層付近にはMIS5eに対応する段丘面及び段丘堆積物の分布は認められないこと、断層は海岸線付近に分布することを踏まえ、念のため地下深部への連続性について検討する。



余 白

6. 敷地～敷地近傍の断層

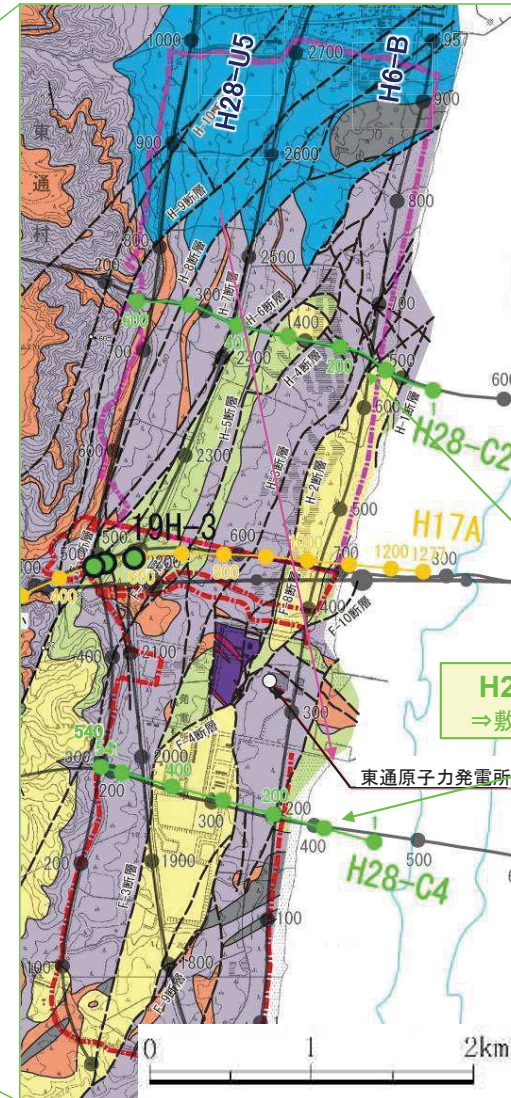
- 6.1 敷地～敷地近傍の地形, 地質・地質構造の概要
- 6.2 敷地～敷地近傍の断層と評価の概要
- 6.3 敷地～敷地近傍の震源として考慮する活断層の評価
 - 6.3.5 断層の地下深部への連続性
 - 6.3.5.1 反射法地震探査の概要
 - 6.3.5.2 反射法地震探査結果の層序区分
 - 6.3.5.3 敷地～敷地近傍の断層の地下深部への連続性
 - 6.3.6 敷地～敷地近傍の地下深部地質構造
- 6.4 まとめ

6.3.5.1 反射法地震探査の概要

反射法地震探査の測線配置

敷地～敷地近傍の地下深部構造について、「H24海陸統合探査」、「H28海陸連続探査」、「H24海上音波探査」を含む既往の探査に「H31敷地近傍陸域調査」のデータを加えて総合的に解釈を行った。

- H24海陸統合探査: 3,000m以深の大局的な地質構造の把握を主な目的に、陸奥湾から下北半島を横断し大陸棚外縁東方まで、総延長39kmの測線で実施した。
✓ 本探査の測線にほぼ重なる測線にて、原子力規制庁による研究として大深度地質構造調査が実施されている。(※1)
- H28海陸連続探査: 1,000～2,000m程度の比較的浅部の地質構造の把握を主な目的として、一切山東方断層等を含む敷地の西方から大陸棚外縁以東までの約15kmの区間、4測線にて実施した。
✓ 敷地内の範囲については、浅部を対象とした詳細探査(H28-C測線)も実施した。
- H28海上音波探査: 敷地前面海域の地質構造の把握及びH28海陸連続探査と既往探査結果との整合性確認を主な目的として、敷地前面海域の大陸棚外縁部付近の8測線にて実施した。
- H31敷地近傍陸域調査: 層序区分及び断層解釈の根拠の直接確認を主な目的として、敷地～敷地近傍陸域を南北に縦断する2測線にて、反射法地震探査を行うとともに、VSP探査を実施した。



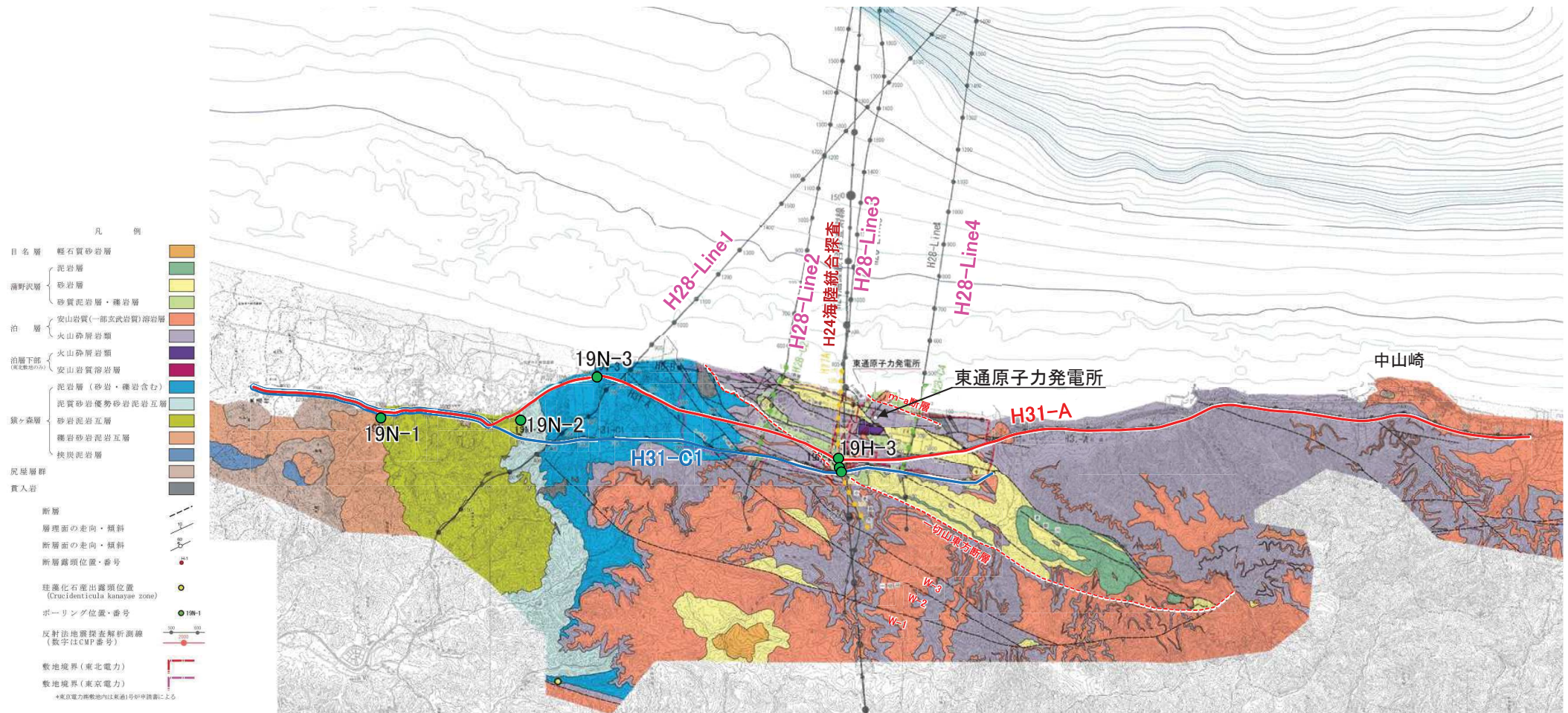
※1 原子力規制庁(2015):原子力施設等防災対策等委託費(原子力施設における断層等の活動性判定に係る評価手法の調査研究)報告書
及び
原子力規制庁(2016):原子力施設等防災対策等委託費(原子力施設における地質構造等に係る調査・研究(下北地域における深部ボーリング調査等))
(以下、原子力規制庁(2015), 原子力規制庁(2016)という)

H28海陸連続探査(H28-C)
⇒敷地の断層位置、地質構造の把握

6.3.5.1 反射法地震探査の概要

敷地～敷地近傍の断層と探査測線(H31敷地近傍陸域調査)

- ▶ 敷地～敷地近傍陸域の地質構造を把握するとともに、反射法地震探査結果の層序区分及び断層解釈の根拠を直接確認することを目的として、H31敷地近傍陸域調査を実施した。
 - ✓ 既往の反射法地震探査結果(東西測線)との整合性を確認するため、東西測線と交差する南北方向の2測線(H31-A測線及びH31-C1測線)を設定した。
 - ✓ 南北測線の範囲は、後述する重力異常(ブーゲー異常)の2箇所の高まり(敷地北方の尻屋層群分布域及び南方の中山崎付近)を網羅するとともに、層序区分の根拠確認の観点から下位の尻屋層群から猿ヶ森層及び泊層を網羅的に確認できるように、敷地北方の尻屋層群分布域から敷地を経て、南方の中山崎付近まで設定し、データを取得した。
 - ✓ 反射法地震探査結果の解釈における層序区分及び断層認定の信頼性確保の観点から、地質状況を直接確認することを目的に、ボーリング調査(19N-1～19N-3, 19H-1～19H-3)を行うとともに、ボーリング調査孔を用いてVSP探査を行い探査結果の精度向上を図った。
 - ✓ 既往探査結果については、上記の検討結果を反映して再解析を行い、地質構造の連続性及び整合性の検討を行った。



0 1 2km

反射法地震探査の仕様

➤ 敷地～敷地近傍の地質構造の検討に用いた反射法地震探査等の探査仕様は、以下のとおり。

項目	H24海陸統合探査※1	H28海陸連続探査・H28海上音波探査			H31敷地近傍陸域調査	陸域における既往探査		
	深部探査	深部探査(Line測線)	浅部探査(C測線)	深部探査(M測線)	深部探査	深部探査	浅部探査	
目的	大陸棚を含む下北半島東部の深部地質構造の解明	敷地～敷地近傍の断層の地下深部の構造を敷地から前面海域の複数の断面で確認			敷地前面海域の深部地質構造探査	敷地～敷地近傍の地下深部の構造把握並びに反射法地震探査結果の層序区分及び断層解釈の根拠の直接確認	東京電力(株)敷地を含めた敷地南北方向の地質構造探査	敷地東西方向の深部地質構造探査
発振源	大型バイブレーター(陸域) エアガン(海域)	火薬(1kg)(陸域) 大型バイブレーター(陸域) エアガン(海域)	火薬(1kg)(陸域) 油圧インパクト(陸域) エアガン(海域) (一部大型バイブレーター)	エアガン(海域)	大型バイブレーター	大型バイブレーター	油圧インパクト(陸域) エアガン(海域)	
測線(測線長)	H24海陸統合測線(39km)	H28-Line1(18.8km) H28-Line2(16km) H28-Line3(15.5km) H28-Line4(15.4km)	H28-C2(2.2km) H28-C4(1.8km)	H28-M5(23.7km) H28-M6(23.6km) H28-M7(7.0km) H28-M8(7.0km) H28-M9(8.0km) H28-M10(8.0km) H28-M11(9.0km) H28-M12(10.0km)	H31-A(28.4km) H31-C(14.8km)	H28-U5(H6-A)※2 H6-B	H17A	
発振点間隔	25m	陸域 25m 海域 12.5m	陸域 6.25mまたは12.5m 海域 5.0m	12.5m, 25.0m	25m	25m 50m(H6-A)	5m	
受振点間隔	12.5m	陸域 12.5m 海域 25m	陸域 6.25mまたは12.5m 海域 10.0m	12.5m, 6.25m	12.5m	12.5m	10m	
収録チャンネル数	敷地全区間	160ch程度以上	80ch程度以上	12.5m×60チャンネル 6.25m×24チャンネル	280ch以上	120ch	90ch	
サンプルレート	2ms	1ms	1ms	1ms	1ms	2ms	1ms	
収録記録長	10s以上	3s以上	3s以上	5s(12.5m×60チャンネル) 2s(6.25m×24チャンネル)	5s	5s	3s	
備考					ボーリング6本			

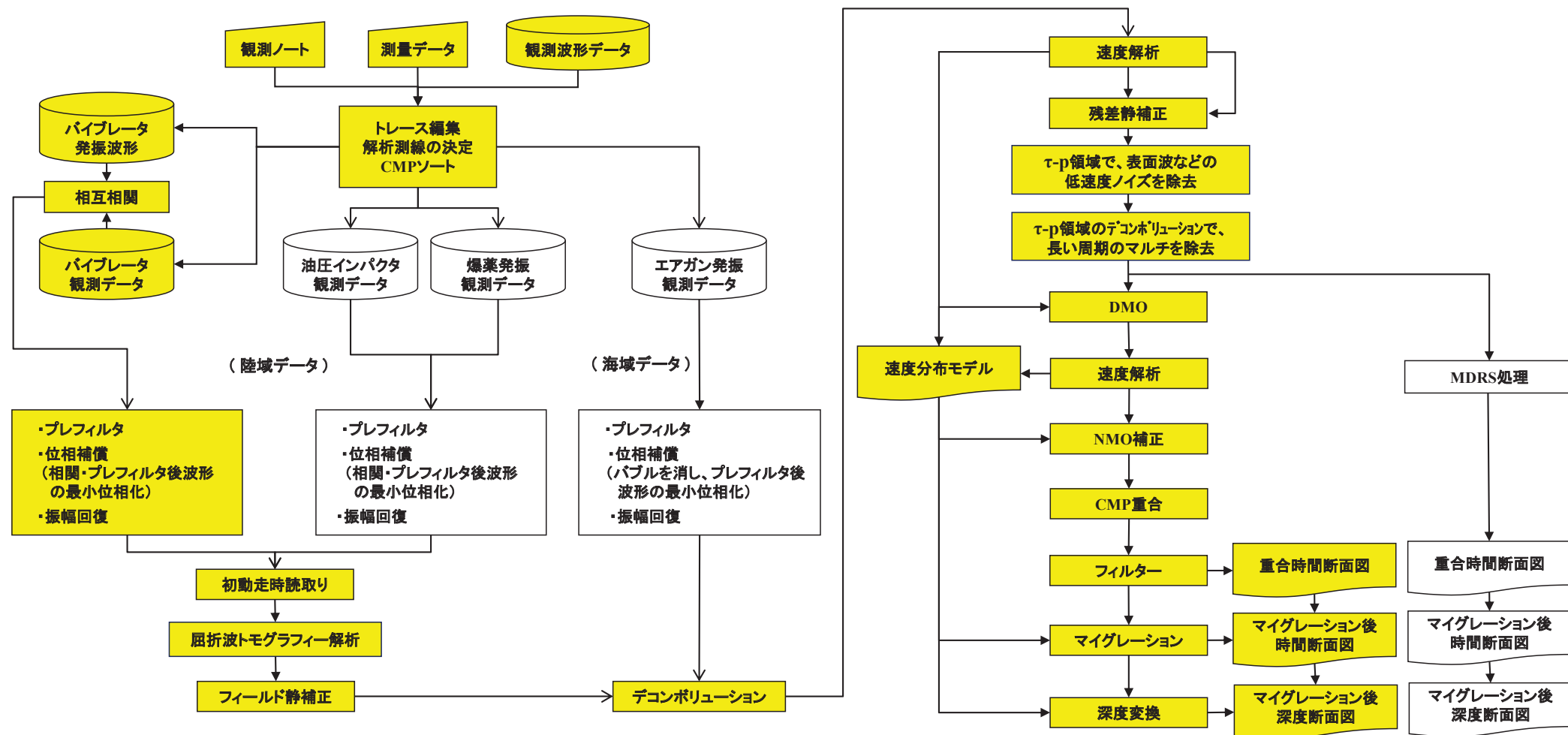
※1 東京電力株式会社、日本原燃株式会社、リサイクル燃料貯蔵株式会社及び東北電力株式会社の4社より共同で実施

※2 H6-A測線については、南方延長部について平成28年度に反射法地震探査を追加実施し、両者を統合の上、測線名を改めH28-U5測線として再解析を実施した。

反射法地震探査データの解析手順

【反射法地震探査データの解析手順】

- H31年の調査では、反射法地震探査のデータ処理・解析で一般的なCMP重合法による処理・解析を行った。CMP重合法の基本処理として、フィルタ等の適用によりS/N比向上、デコンボリューション等による時間分解能向上や多重反射波の低減、CMP重合による反射信号の強調、マイグレーションによる実構造のイメージ化等を行い、深度断面を作成した。
- H24海陸統合探査については、地下深部の構造解析に効果が期待できるMDRS(Multi-Dip Reflection Surface)処理を実施した。
- 既往探査記録の再解析は通常処理を行った。



H31敷地近傍陸域調査測線の解析手順を黄色で表示

余 白