

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉

追加地質調査結果

荒浜側立坑調査（F 5 立坑）

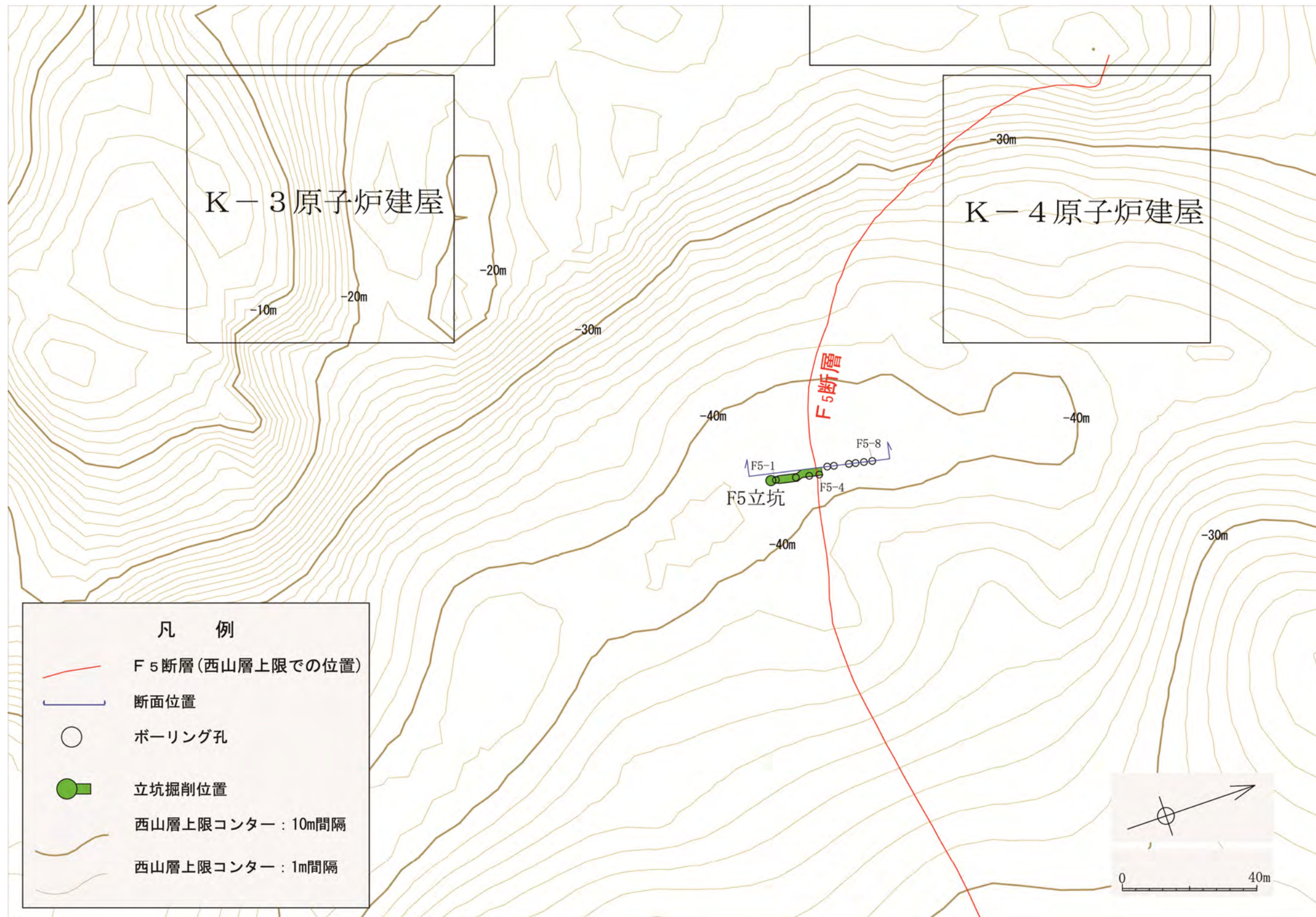
平成 27 年 2 月 27 日

東京電力株式会社

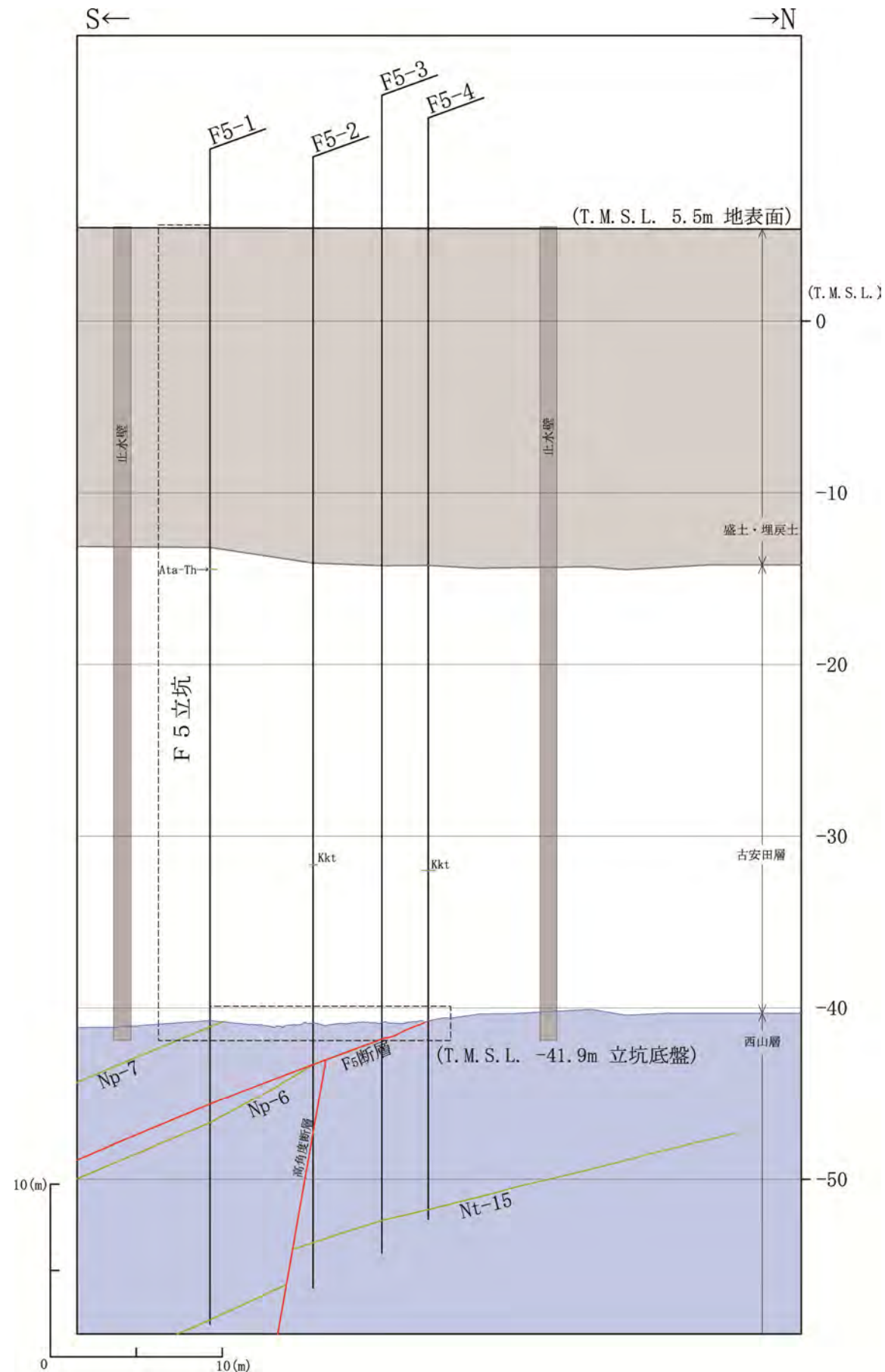
調査目的

○ F₅断層の性状、活動性を評価するために、以下の調査・分析を実施した。

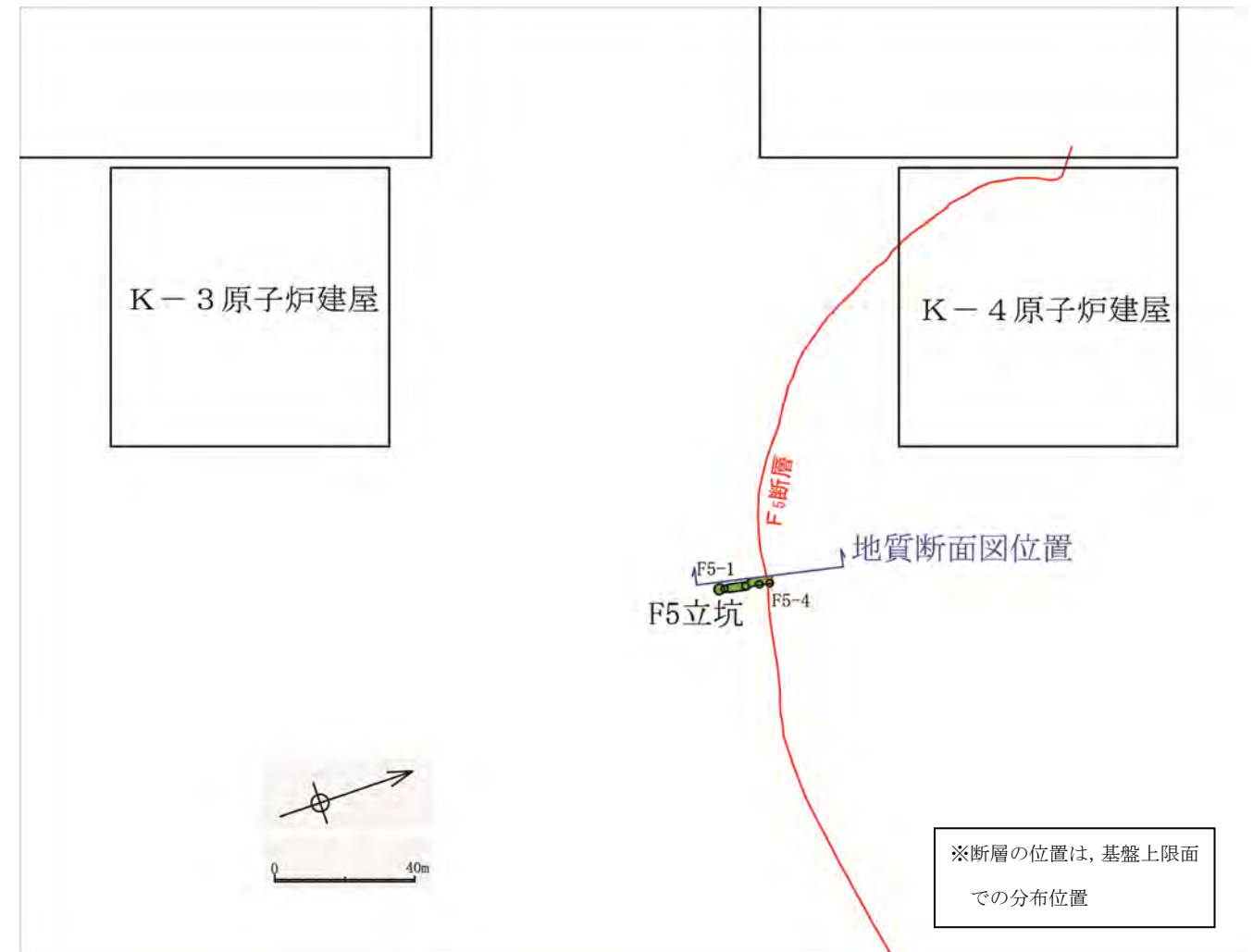
- ① F₅断層の分布位置
- ② F₅立坑におけるF₅断層の性状
- ③ F₅立坑近傍の群列ボーリングによる活動性評価
- ④ 断層の成因に関する分析



① F₅断層の分布位置



F 5 立坑付近の地質断面図

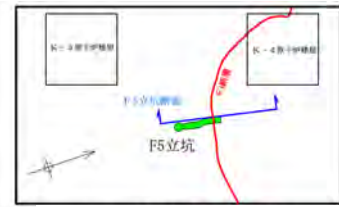


F 5 立坑及びボーリング調査位置図

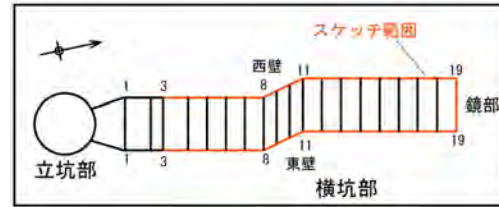
断層位置確認

- F₅断層分布想定位置付近において、ボーリング (F5-1 孔~F5-4 孔) を実施した。
- 調査の結果、F5-1 孔、F5-2 孔、F5-3 孔及び F5-4 孔に F₅断層を確認した。
- F5-4 孔の F₅断層は、ほぼ基盤上限付近に認められるため、F₅断層は F5-4 孔付近で西山層上限に達していると判断した。
- T.M.S.L. -15m 付近に阿多鳥浜テフラ (Ata-Th : 約 24 万年前) が、また T.M.S.L. -32m 付近に加久藤テフラ (Kkt : 約 33~34 万年前) が確認されることから、西山層の上位の T.M.S.L. -15m~-40m 付近の地層は、古安田層と判断される。
- 以上を踏まえて、立坑を掘削し、F₅断層と古安田層との関係を確認した。

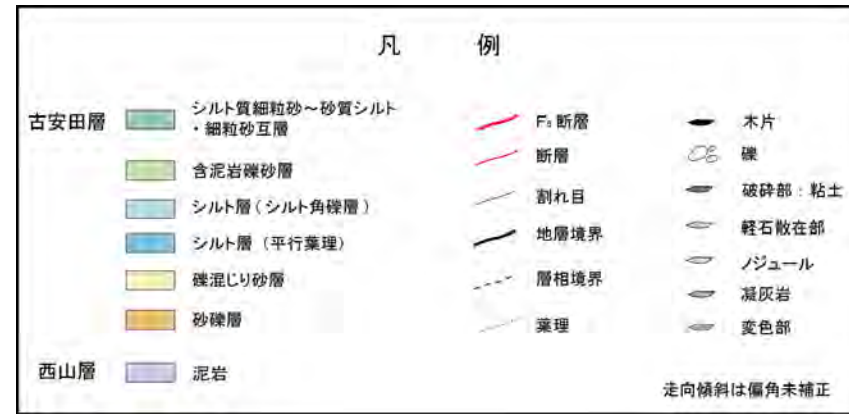
② F5立坑におけるF₅断層の性状確認



F5立坑概略位置図

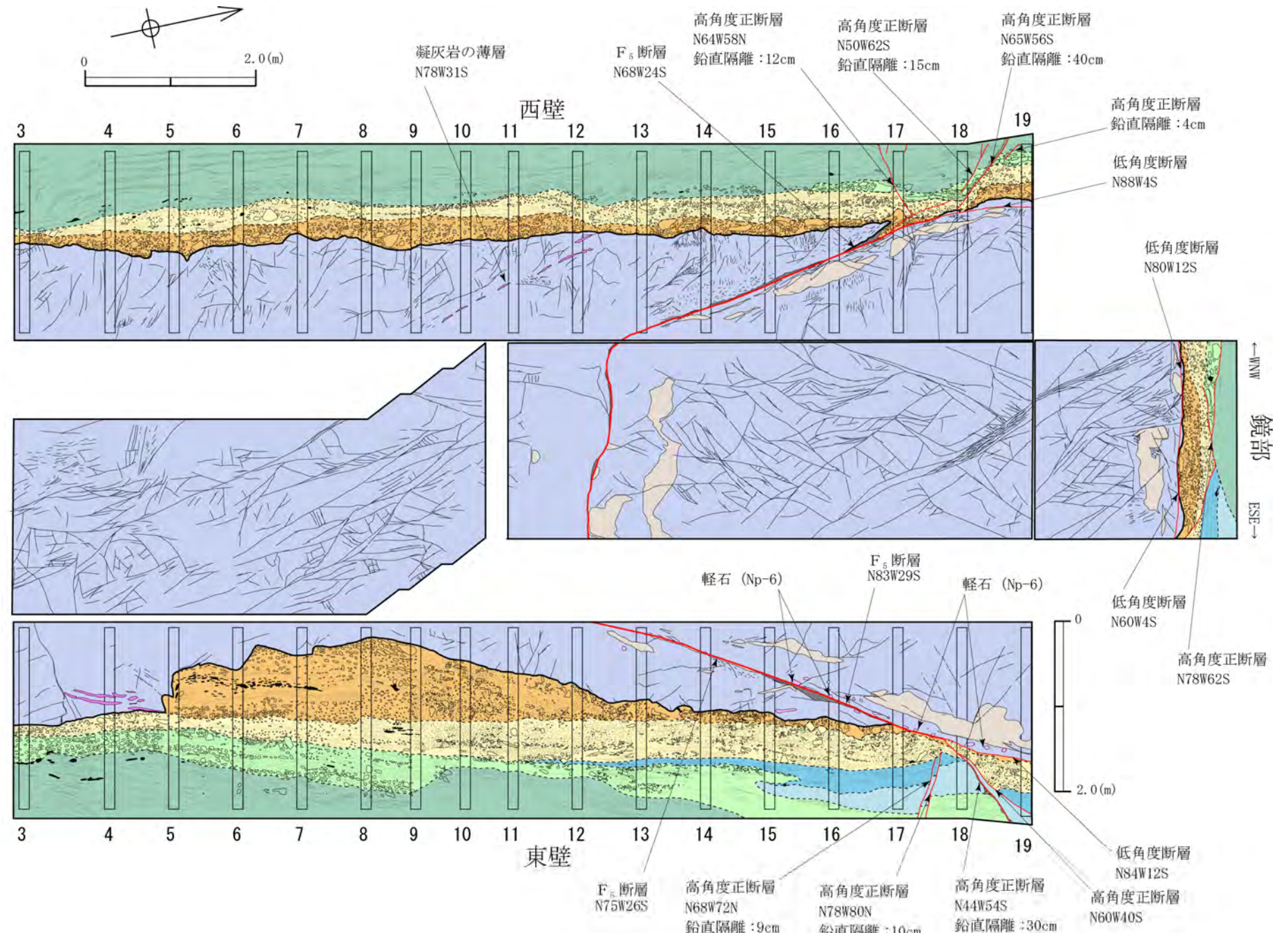


F5横坑部形状図



F5横坑部の地質

- 横坑部の地質は、西山層及び古安田層からなる。
- 西山層は、泥岩を主体とし、凝灰岩の薄層を挟み、径1mm程度以下の軽石(Np-6)が散在(一部密集)する。また、層状にノジュールを伴う。
- 古安田層は、下位より砂礫層、礫混じり砂層、シルト層、含泥岩礫砂層及びシルト質細粒砂～砂質シルト・細粒砂互層からなる。
- 砂礫層及び礫混じり砂層は、径0.2～5cm程度のチャート、安山岩等の垂円～円礫及び径0.5～15cm程度の泥岩礫を含む。礫混じり砂層には平行葉理が見られる。砂礫層と礫混じり砂層の境界は漸移する。
- シルト層は、下位の平行葉理が見られるシルト層と上位のシルト角礫層からなる。
- 含泥岩礫砂層は、径0.2～30cm程度の泥岩礫を多く含み、基質は粗粒～細粒砂からなる。シルト層と指交関係にある。
- シルト質細粒砂～砂質シルト・細粒砂互層は、基底に径1～10cm程度の泥岩礫及び木片を含む。下位の含泥岩礫砂層及びシルト層を削り込んで分布する。



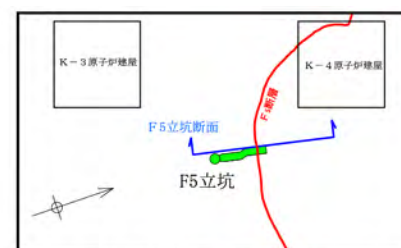
F5横坑部地質展開図

F5横坑部の断層

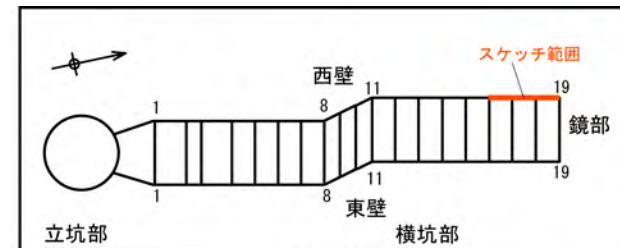
- 横坑部には、F₅断層、低角度断層及び高角度正断層が分布する。
- F₅断層は、底盤の12-13基間、西壁の12-18基間及び東壁の12-18基間に分布する。走向傾斜はN68W24S～N83W29Sを示し、西山層の層理面(西壁9-12基間 凝灰岩の薄層: N78W31S)に平行である。幅3～60mmの暗灰色～黒色の粘土を挟む。
- 低角度断層は、西壁の17-19基間、東壁の17-19基間及び鏡部の西山層と古安田層との境界付近に分布する。走向傾斜はN60W4S～N84W12Sを示す。粘土、破碎部をほとんど伴わない。
- 高角度正断層は、西壁の16-19基間と東壁の17-19基間の古安田層中に分布し、F₅断層の上端付近からV字状に複数本の断層が分布する。これらの断層は粘土、破碎部をほとんど伴わず、古安田層を正断層的に変位させている。北傾斜を示す断層の走向傾斜はN64W58N～N78W80N、南傾斜を示す断層の走向傾斜はN44W54S～N65W56Sを示す。北傾斜を示す個々の断層の変位量は9～12cmである。南傾斜を示す個々の断層の変位量は4～40cmである。

※各断層の変位量は鉛直隔離を測定

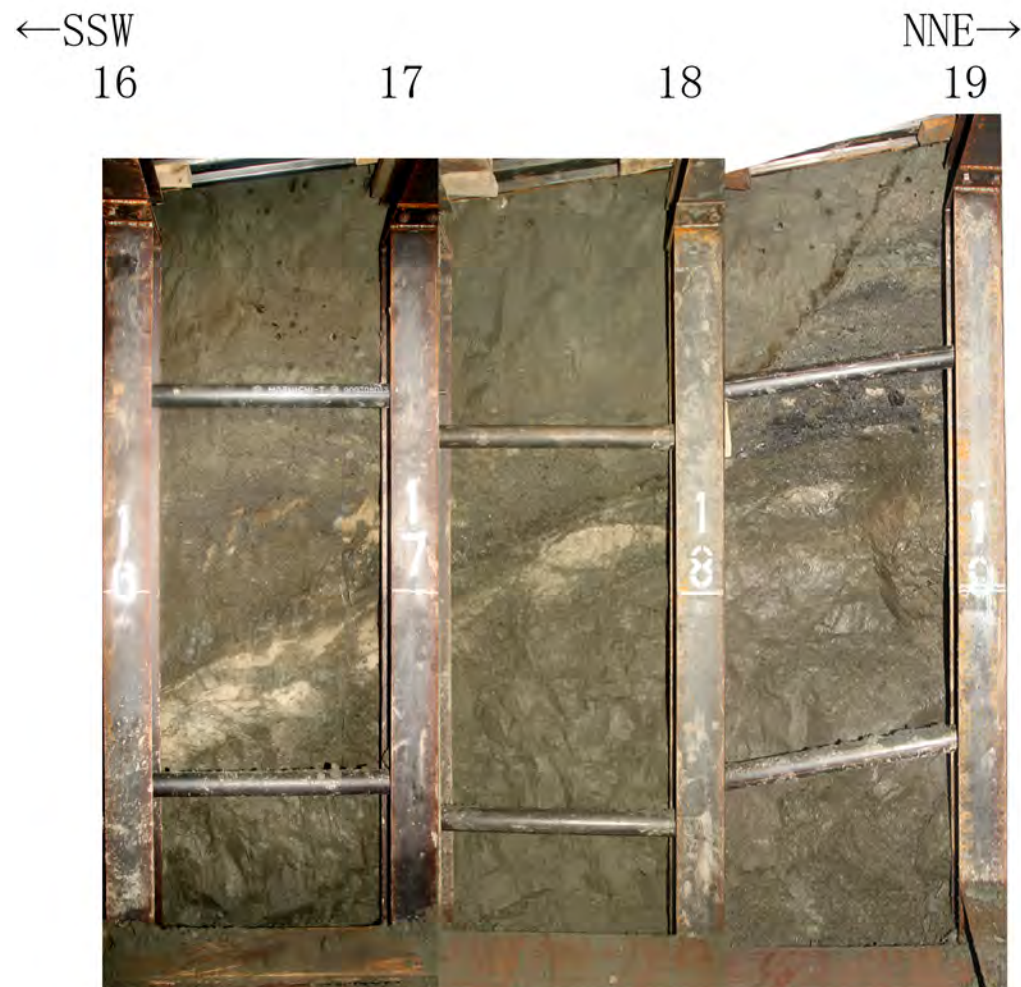
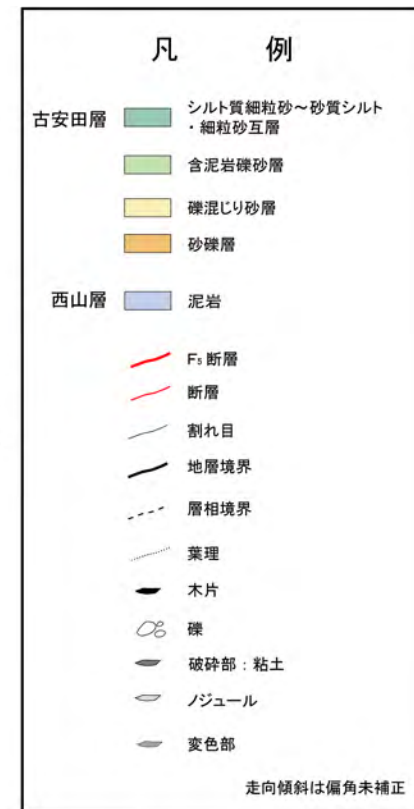
F 5 横坑部の断層性状



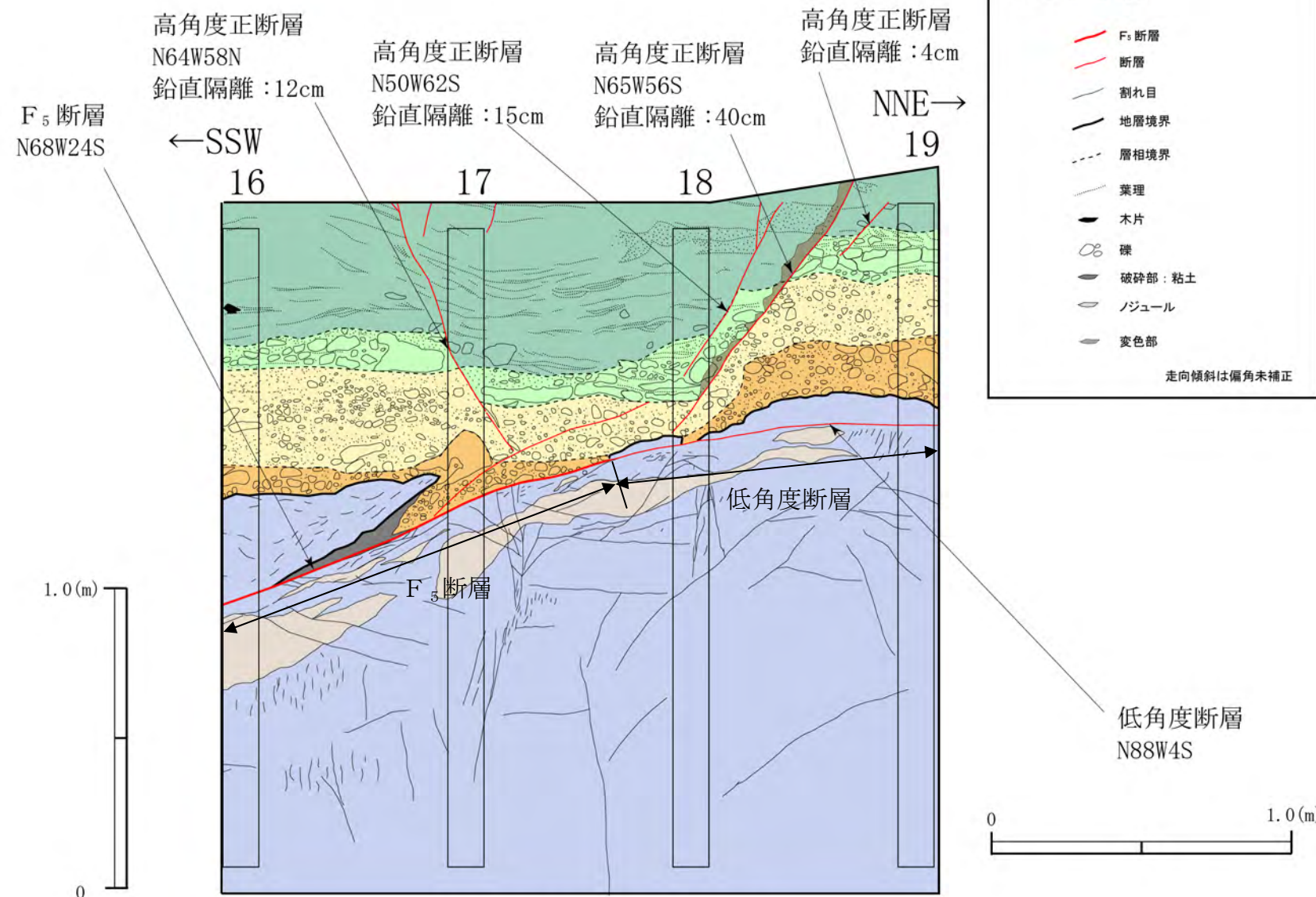
F 5 立坑概略位置図



F 5 横坑部形状図



F 5 横坑部西壁 16-19 基写真



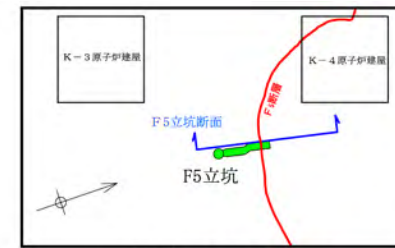
F 5 横坑部西壁 16-19 基スケッチ

F 5 横坑部西壁 16-19 基の断層性状

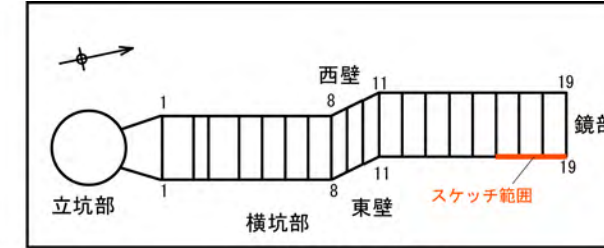
- F₅断層は、西山層の層理面（西壁 9-12 基間 凝灰岩の薄層：N78W31S）に平行で、幅 3~60mm の暗灰色~黒色の粘土を挟む。本断層の走向傾斜は N68W24S を示す。西山層と古安田層との境界をなす区間では、幅 5mm 程度以下の暗灰色~黒色の粘土を挟む。
- 低角度断層は、古安田層と西山層境界付近に分布する。粘土、破碎部をほとんど伴わない。走向傾斜は N88W4S を示す。
- 古安田層中に北傾斜及び南傾斜を示す高角度正断層が複数本分布し、いずれの断層も粘土、破碎部をほとんど伴わない。これらの断層のうち、17 基付近に分布する北傾斜の正断層の走向傾斜は N64W58N を示し、変位量はシルト質細粒砂~砂質シルト・細粒砂互層の下面を基準として 12cm である。18-19 基間の南傾斜の 3 本の正断層のうちの 2 本の走向傾斜は N50W62S 及び N65W56S を示す。走向傾斜が N65W56S を示す正断層は、断層面の主として上盤側に幅 0~4cm 程度の灰褐色の変色部を伴う。南傾斜を示す正断層の変位量は含泥岩礫砂層を基準として最大 40cm である。

※各断層の変位量は鉛直隔離を測定

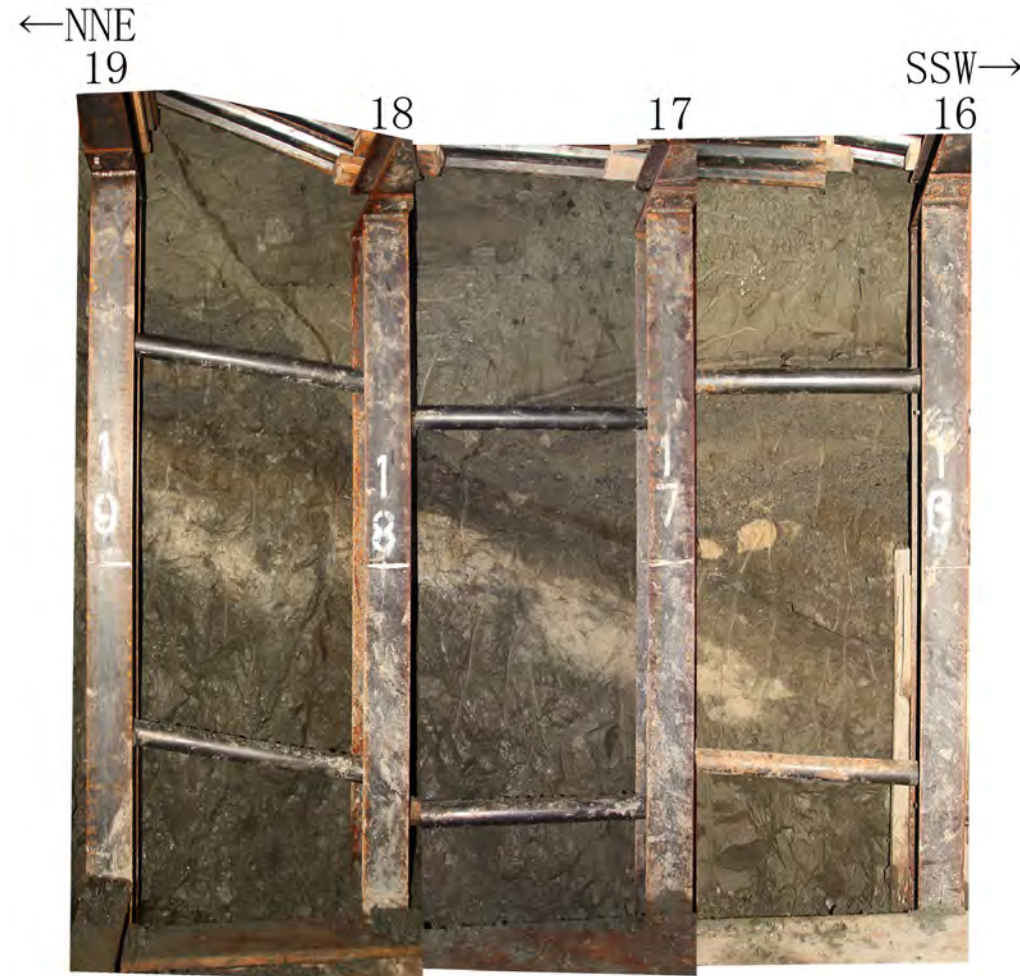
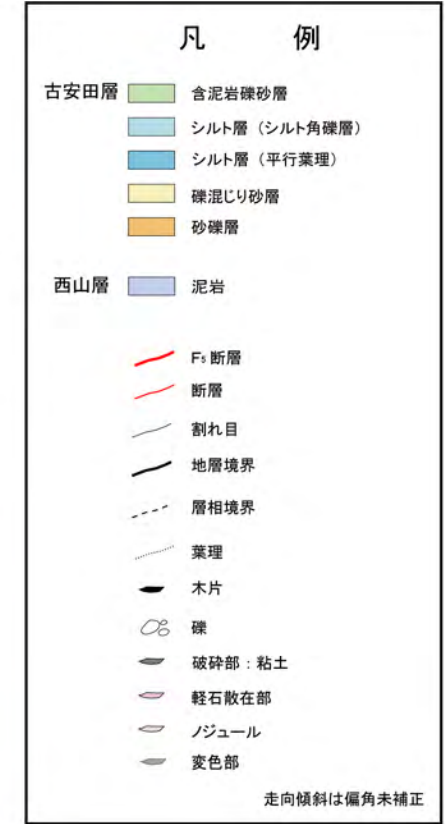
F 5 横坑部の断層性状



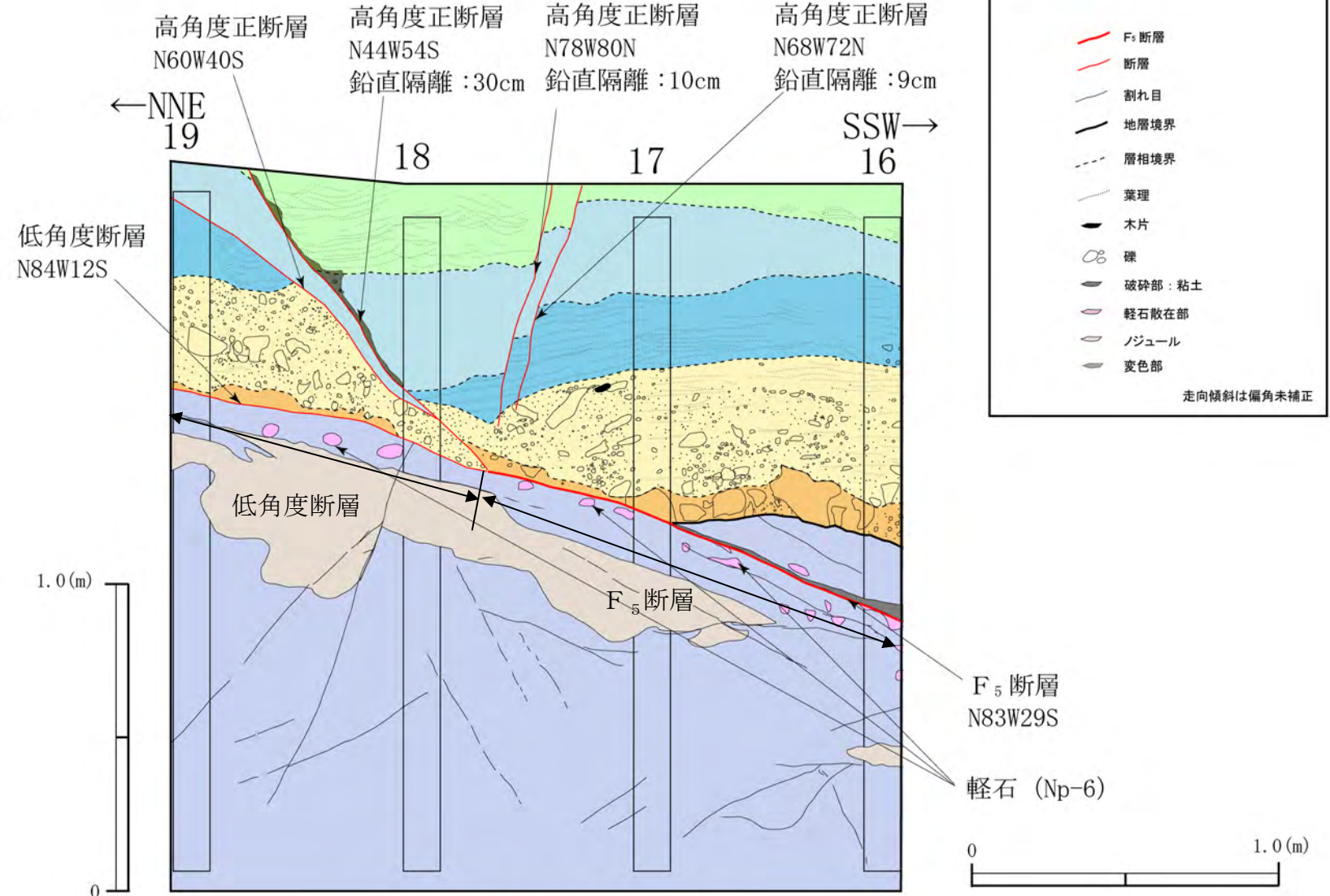
F 5 立坑概略位置図



F 5 横坑部形状図



F 5 横坑部東壁 16-19 基写真



F 5 横坑部東壁 16-19 基スケッチ

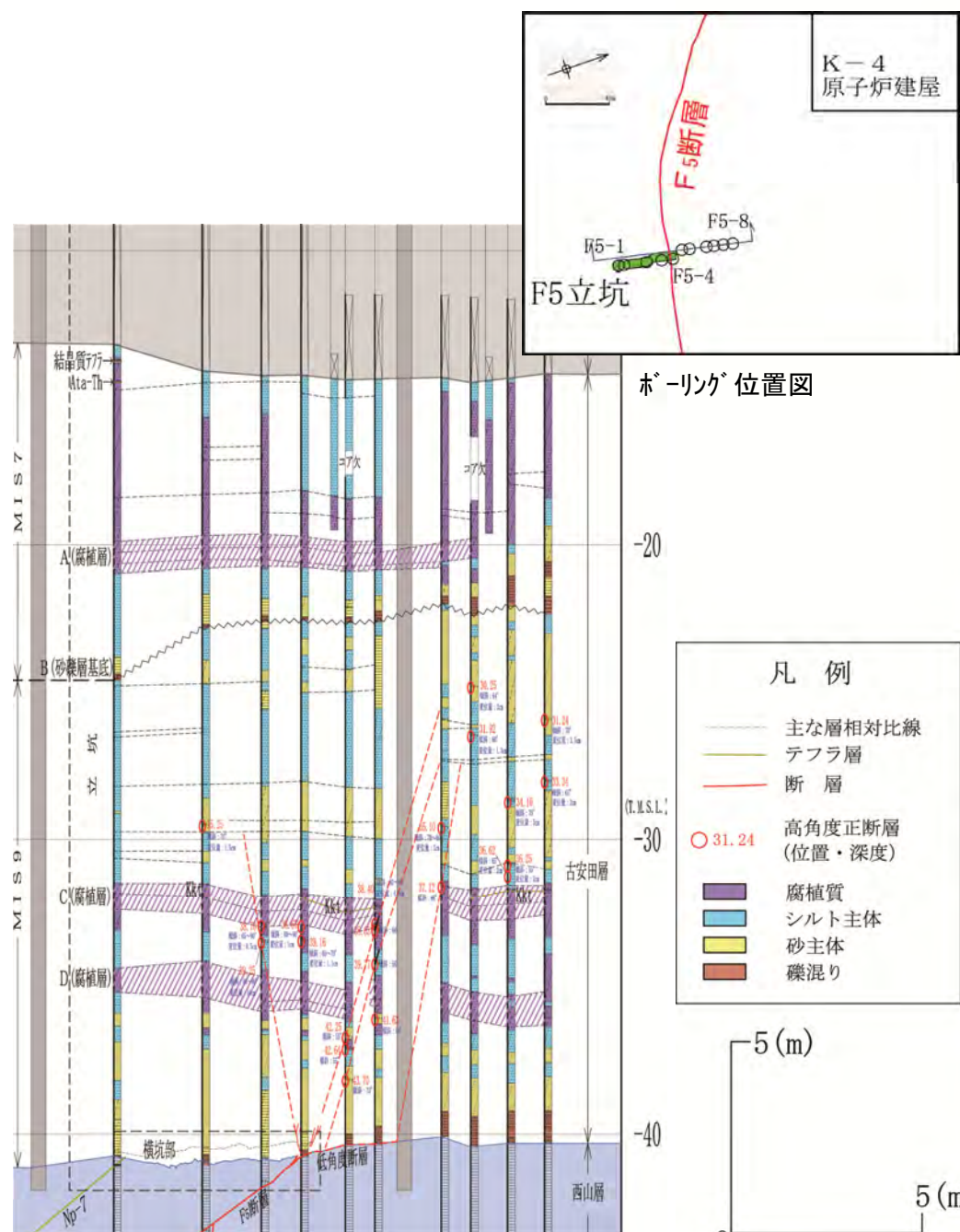
F 5 横坑部東壁 16-19 基の断層性状

- F₅断層は、西山層の層理面（西壁 9-12 基間 凝灰岩の薄層：N78W31S）に平行で、幅 3~60mm の暗灰色~黒色の粘土を挟む。本断層の走向傾斜は N83W29S を示す。西山層と古安田層との境界をなす区間では、幅 5mm 程度以下の暗灰色~黒色の粘土を挟む。
- 低角度断層は、古安田層と西山層境界付近に分布する。粘土、破碎部をほとんど伴わない。走向傾斜は N84W12S を示す。
- 古安田層中に北傾斜及び南傾斜を示す高角度正断層が複数本分布し、いずれの断層も粘土、破碎部をほとんど伴わない。これらの断層のうち、北傾斜の 2 本の正断層の走向傾斜は N68W72N 及び N78W80N を示す。変位量は含泥岩礫砂層の下面を基準として最大 10cm である。18-19 基間の南傾斜の 2 本の高角度正断層の走向傾斜は N44W54S 及び N60W40S を示す。走向傾斜が N44W54S を示す正断層は、断層面の主として上盤側に幅 0~6cm 程度の灰褐色の変色部を伴う。変位量は含泥岩礫砂層の下面を基準として 30cm である。

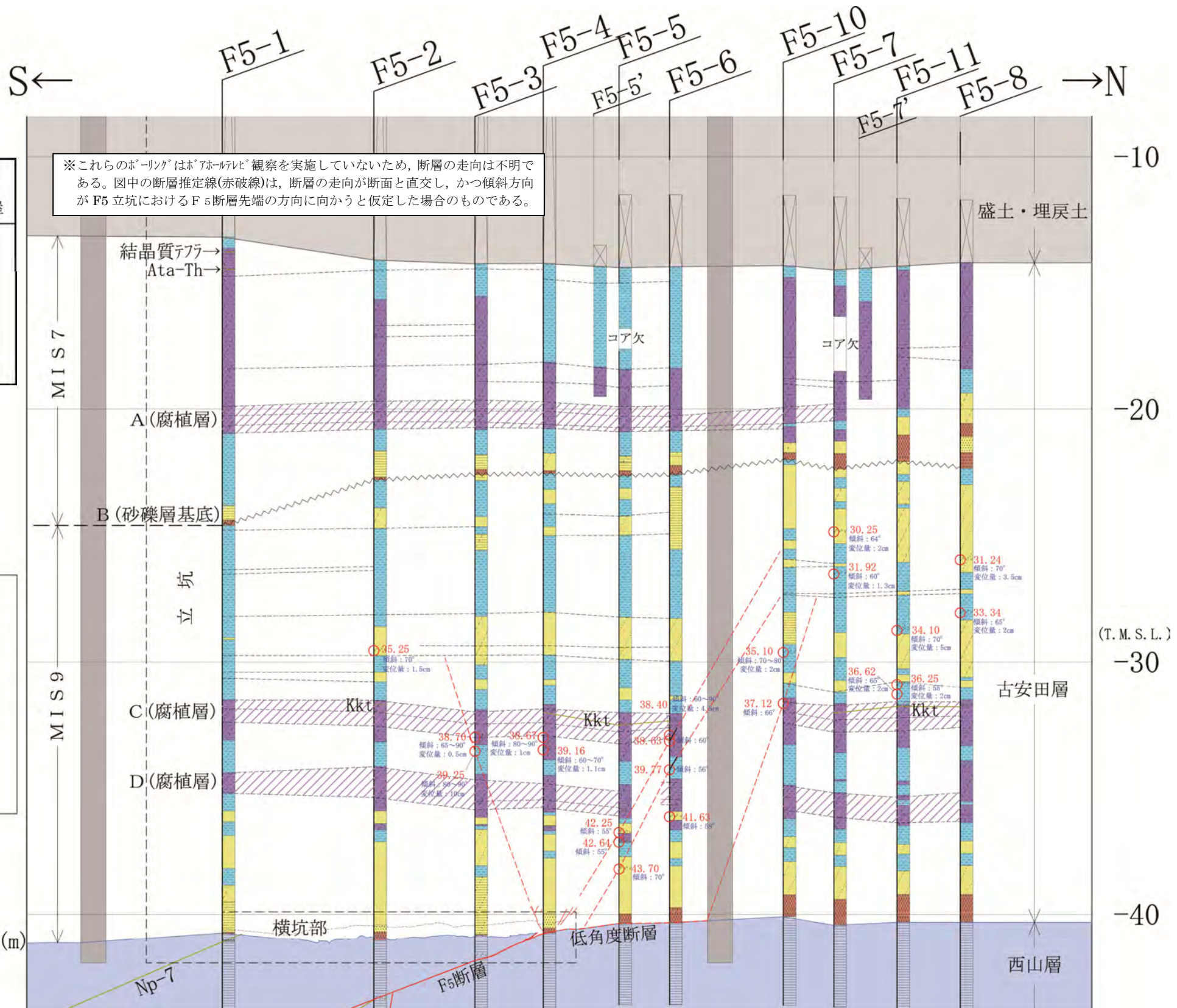
※各断層の変位量は鉛直隔離を測定

③ F5立坑近傍の群列ボーリングによる活動性評価

○古安田層中の高角度正断層の活動時期を確認するため、群列ボーリング (F5-5孔~F5-11孔) を実施した。



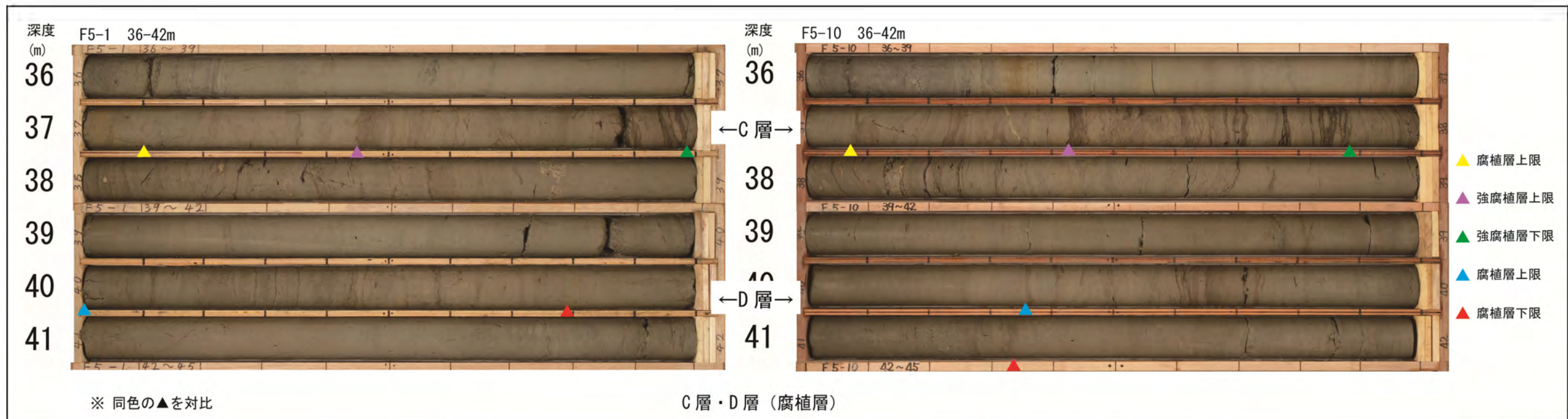
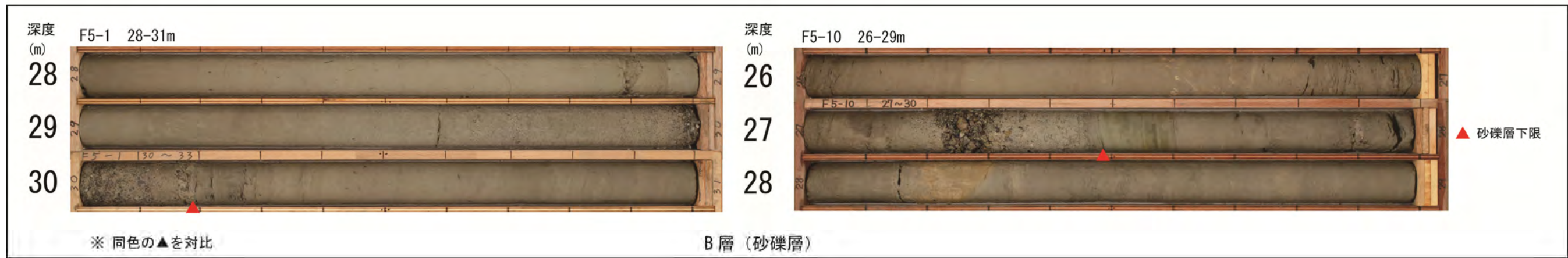
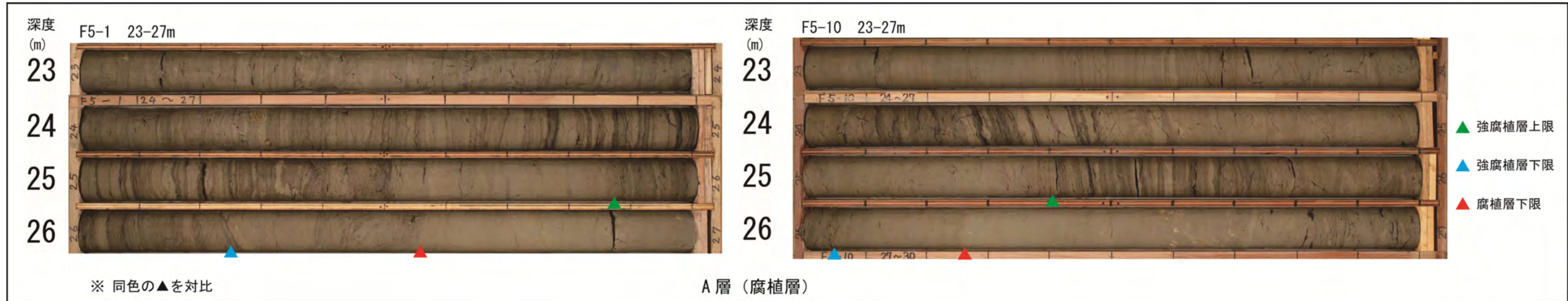
右図の縦横変倍図 (縦 : 横 = 2 : 1)



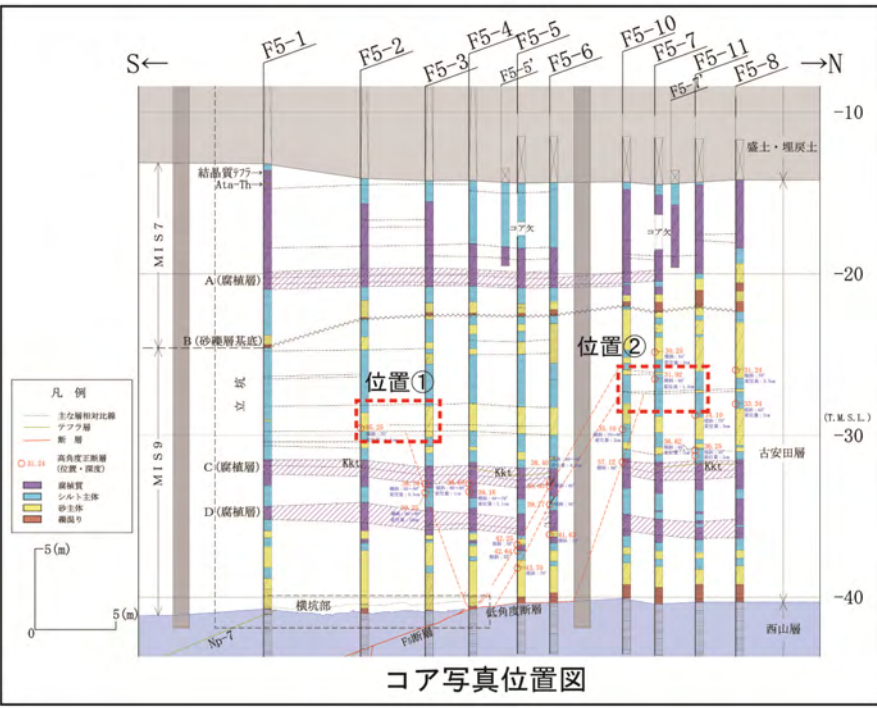
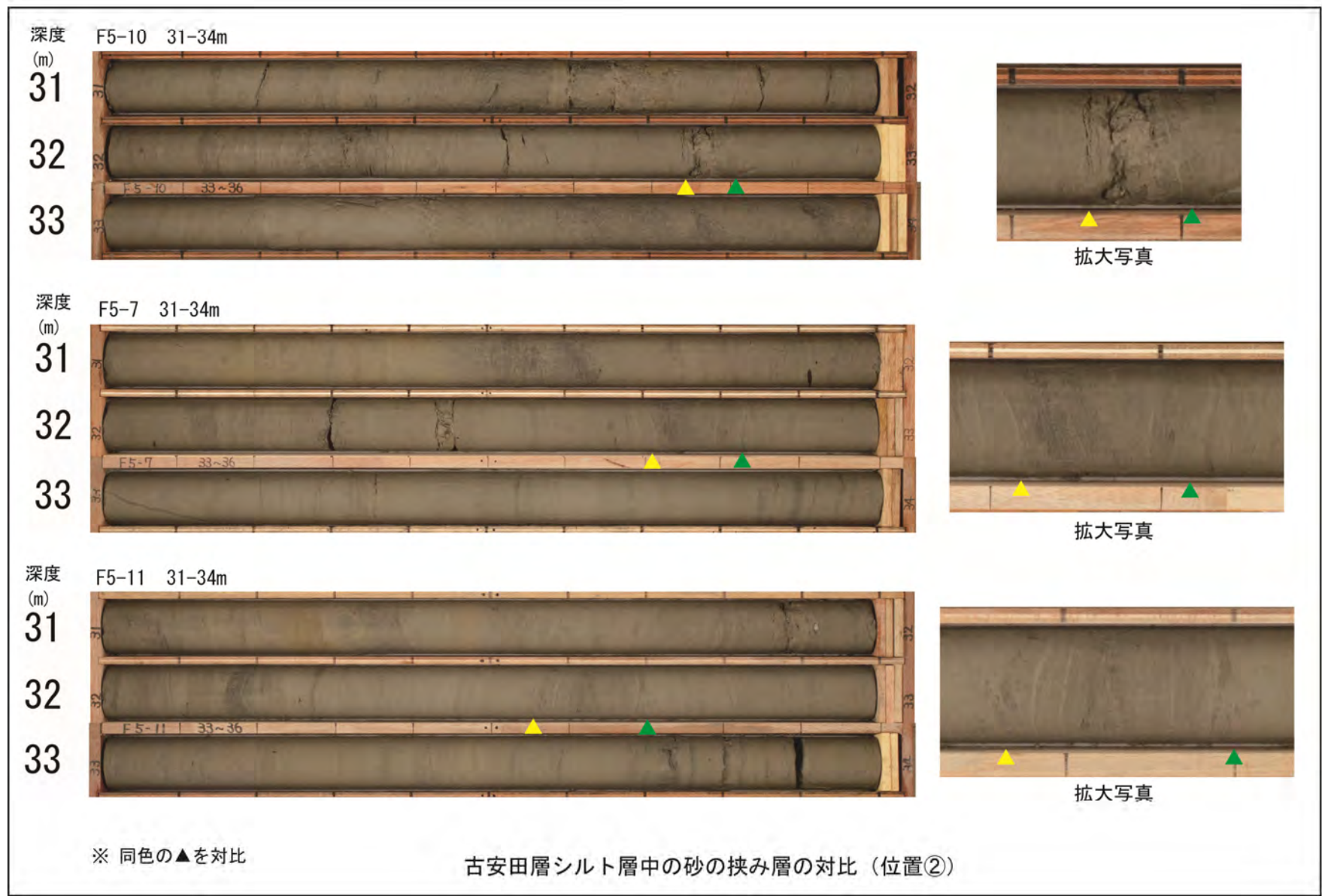
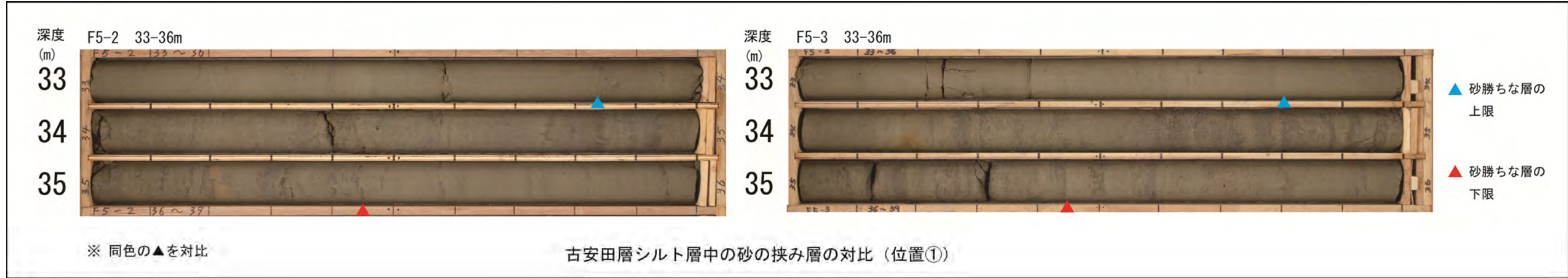
F5立坑近傍の地質断面図

- ボーリング調査の結果、西山層を不整合に覆って T.M.S.L. -15m~-40m 付近に古安田層が分布し、以下の性状を示すことを確認した。
 - ・古安田層中には層相が特徴的で分布及び連続性が良い腐植層や砂礫層が認められる。(上位から A, B, C, D 層)
 - ・古安田層中には、T.M.S.L. -15m 付近に阿多鳥浜テフラ (Ata-Th : 約 24 万年前) が、また T.M.S.L. -32m 付近に加久藤テフラ (Kkt : 約 33~34 万年前) が分布し、B 層 (砂礫層) の基底面は MIS8 の不整合面と考えられ、これより下位は MIS9 の堆積物、上位は MIS7 の堆積物と判断される。
- F5 横坑部で認められた高角度正断層は、F5 断層先端から上方に向かって V 字状に分布する。高角度正断層は、その断層面が平滑且つ直線性をもつ。
 - ・D 層及び C 層は、F5 横坑部で確認された南傾斜の高角度正断層の上方延長付近で、分布標高が北側に対して南側が 50cm 程度下がっている。一方、A 層に高度不連続は認められない。
- 以上のことから、古安田層中に認められる高角度正断層は、MIS7 の古安田層堆積以降は活動していないと判断される。

古安田層中の地層の対比ボーリングコア写真 (A~D層)

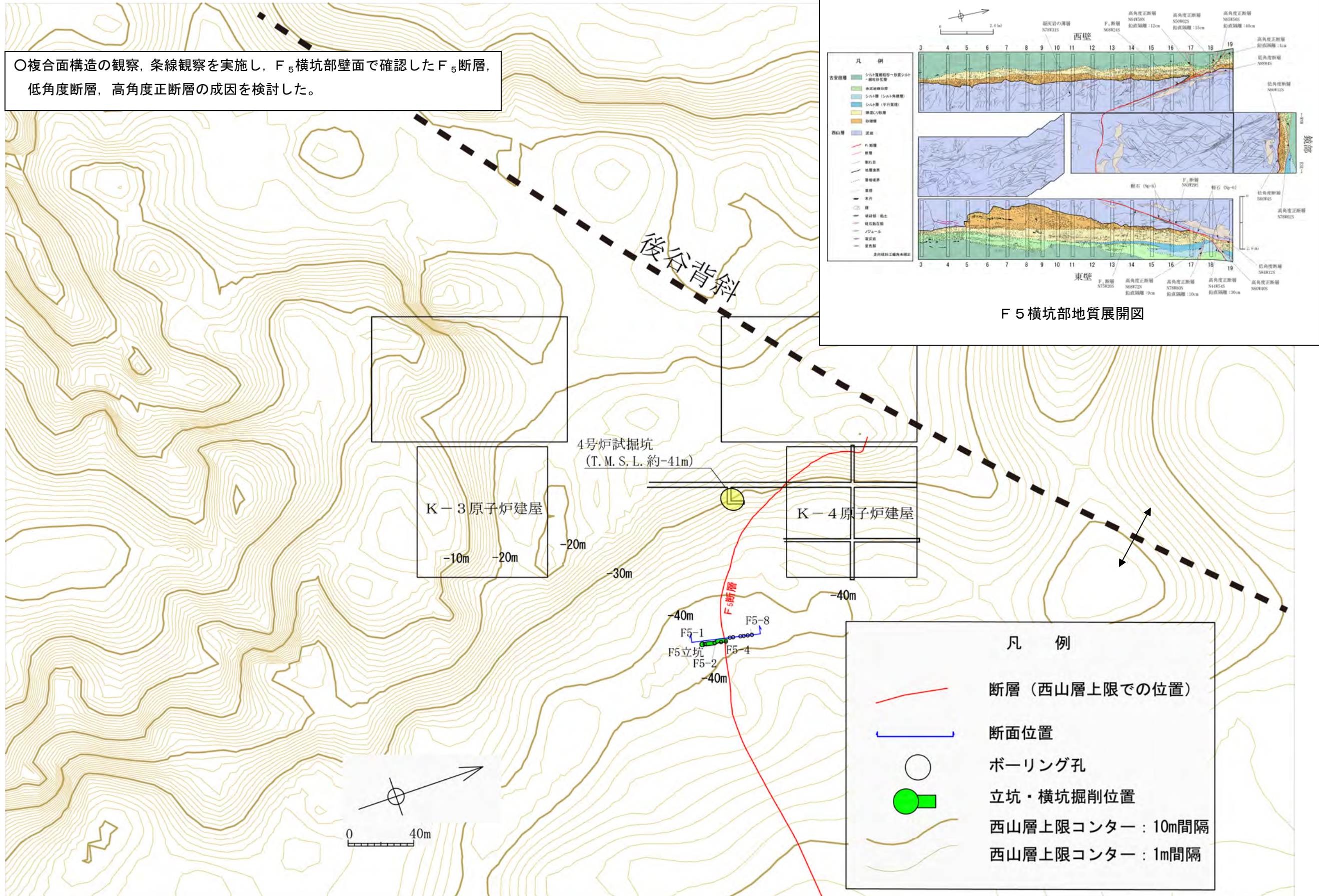


古安田層中の地層の対比ボーリングコア写真



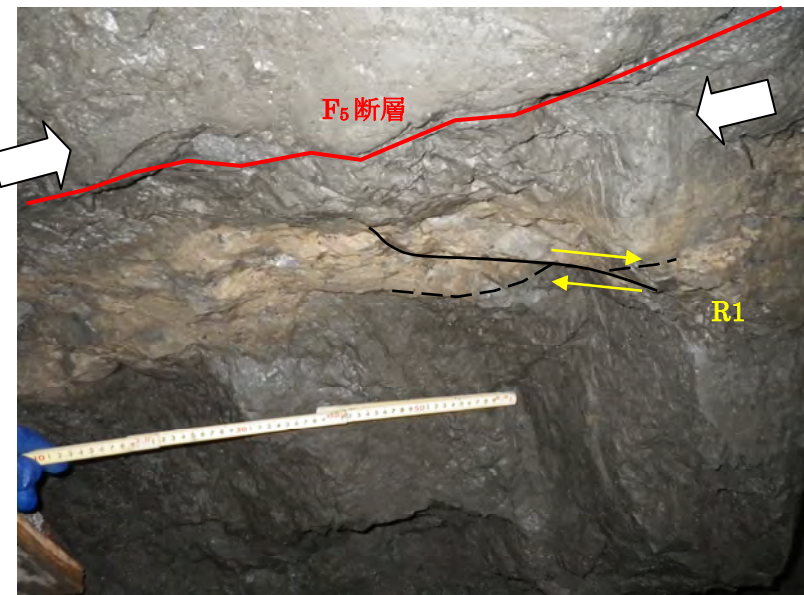
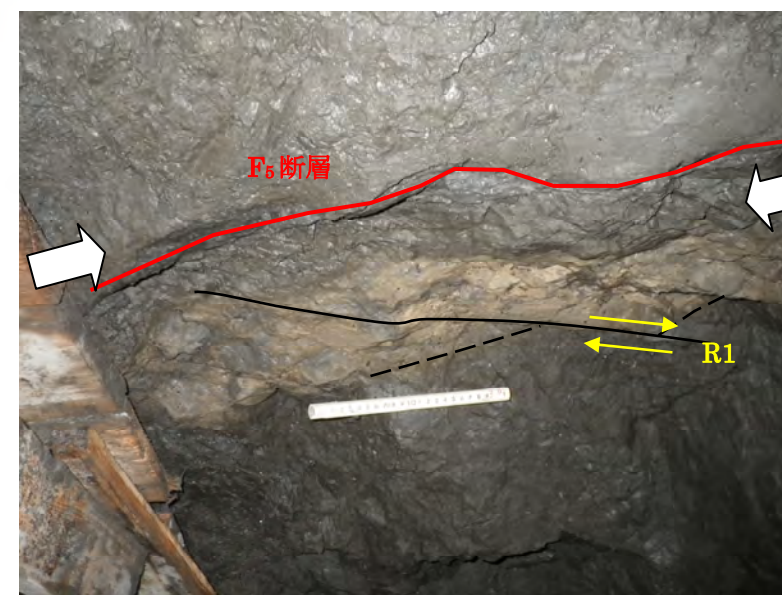
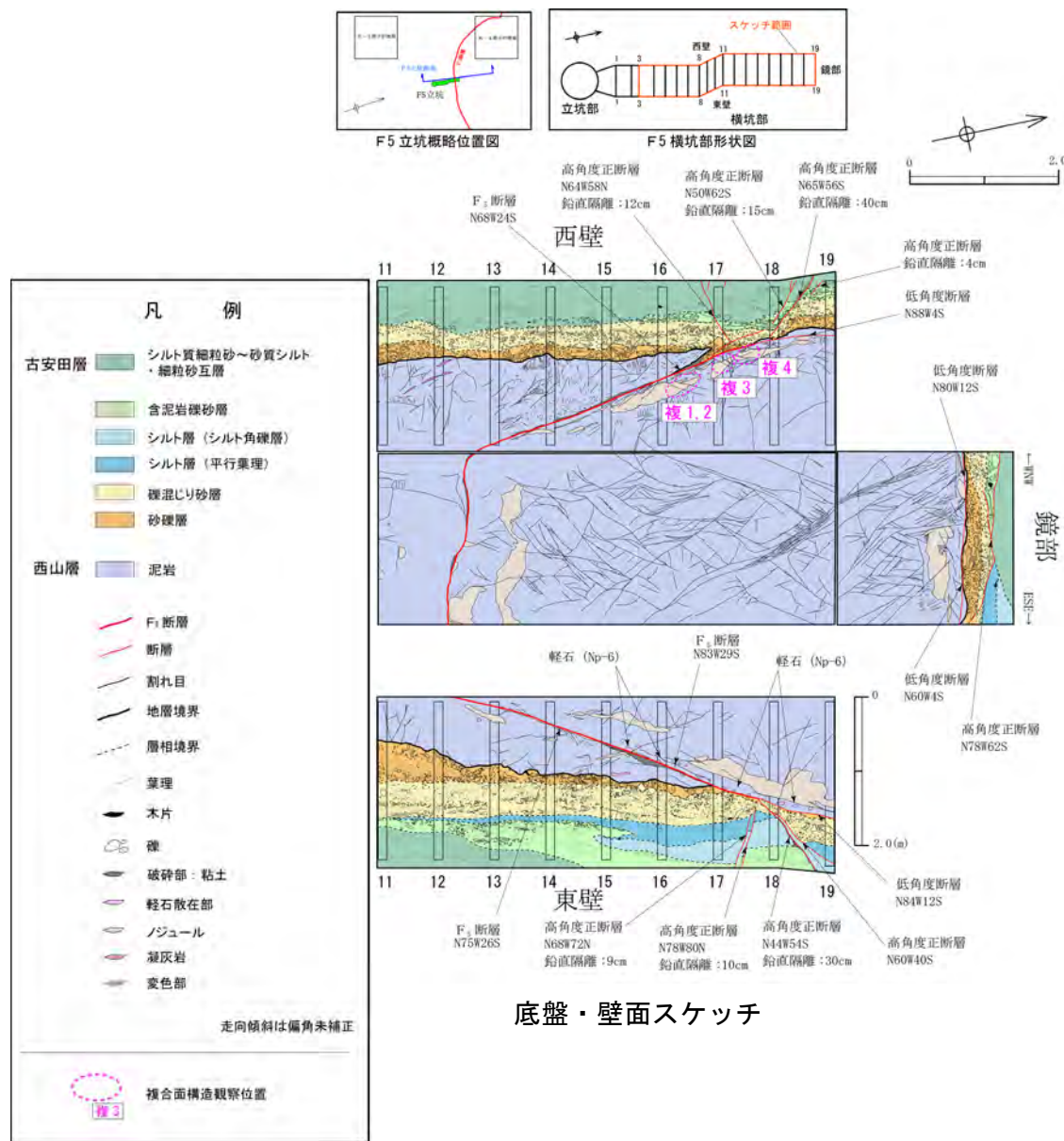
④ F5立坑に分布する断層の成因に関する分析

○複合面構造の観察, 条線観察を実施し, F₅横坑部壁面で確認したF₅断層, 低角度断層, 高角度正断層の成因を検討した。



調査地点位置図

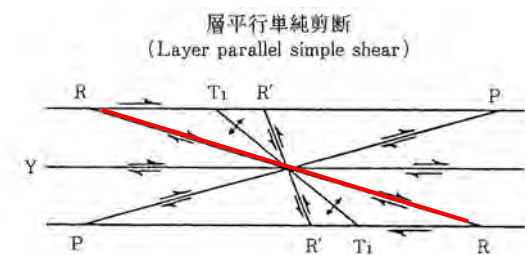
F₅断層の複合面構造



F₅断層の複合面構造 (その1)
 ○F₅断層に関連した複合面構造を複数箇所を確認した。
 ○西壁のF₅断層下盤側では、ノジュールを北下がりに変位させる低角度北傾斜のせん断構造が確認される。
 ○複1及び複2で観察されたせん断構造は、F₅断層との配置からF₅断層の活動によって形成されたR1面とみなされ、F₅断層の変位センスは逆断層であると判断される。

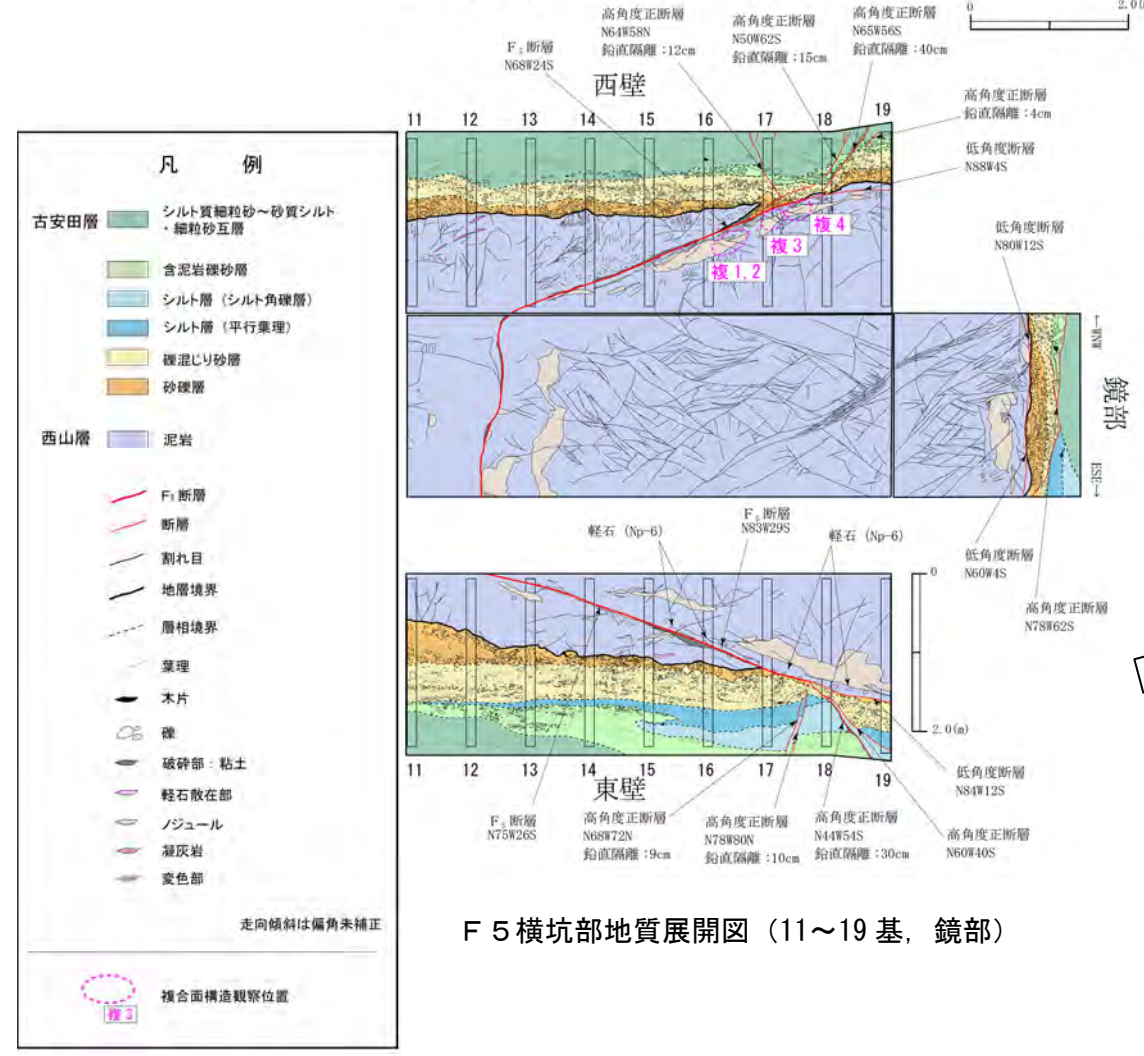
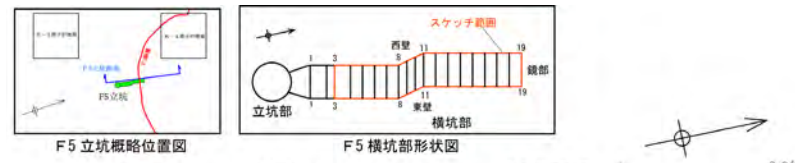
F₅断層と下盤側のせん断構造 (R1面)
 (左図の「複1」) ※走向傾斜は偏角未補正

F₅断層と下盤側のせん断構造 (R1面)
 (左図の「複2」) ※走向傾斜は偏角未補正



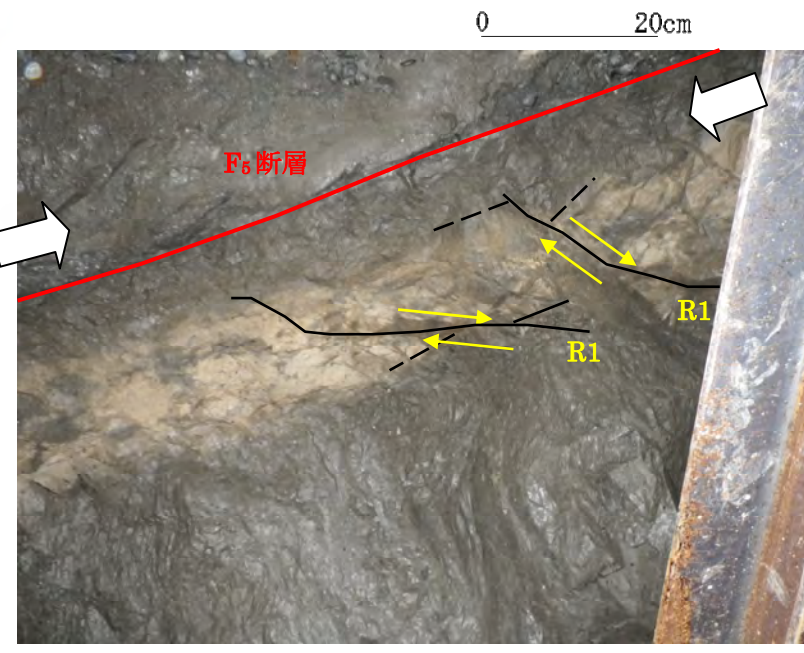
各種破断面の模式図
 (垣見・加藤, 1994)

F₅断層の複合面構造



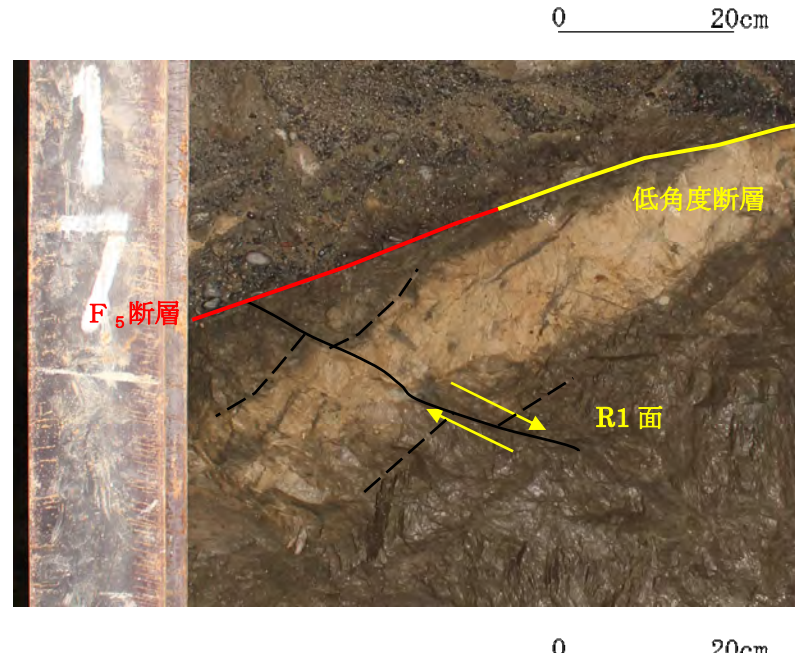
F₅ 横坑部地質展開図 (11~19 基, 鏡部)

S ← → N



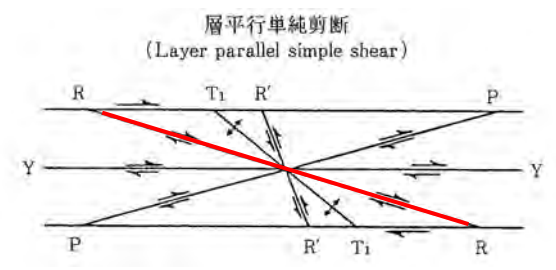
F₅断層と下盤側のせん断構造 (R1面)
(左図の「複3」) ※走向傾斜は偏角未補正

S ← → N



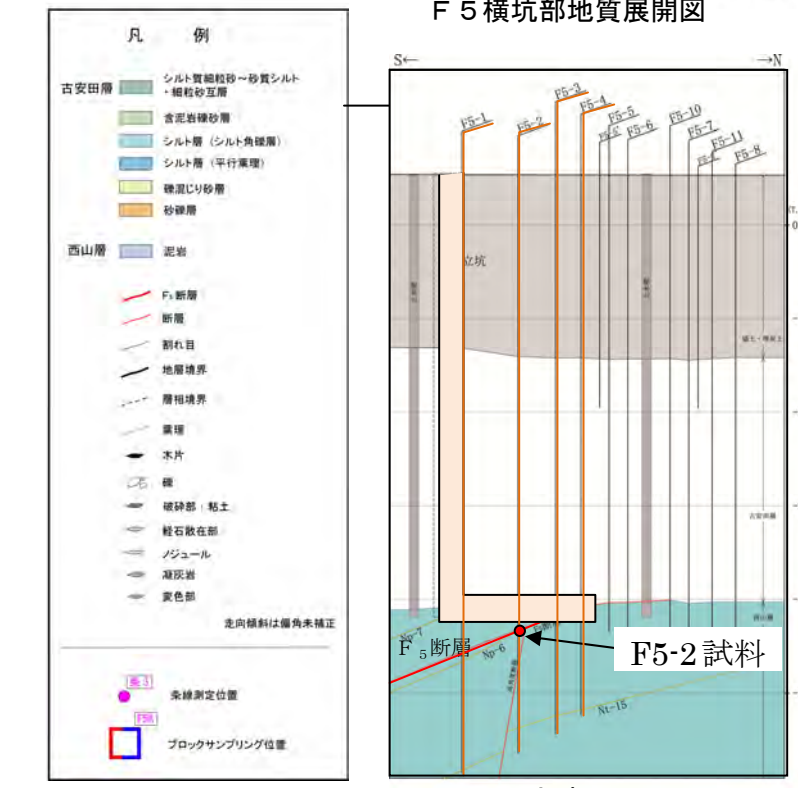
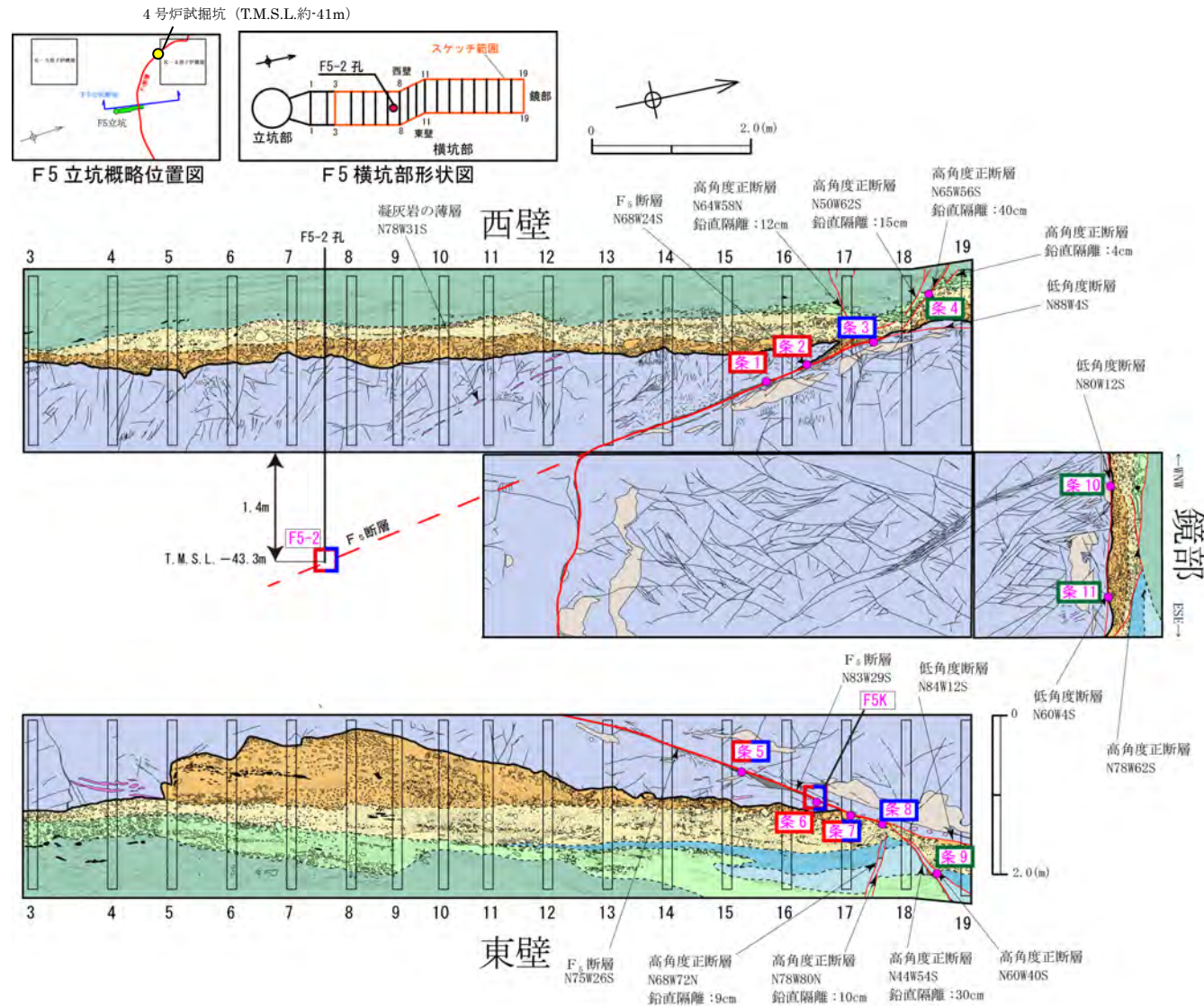
F₅断層下盤側のせん断構造 (R1面)
(左図の「複4」) ※走向傾斜は偏角未補正

F₅断層の複合面構造 (その2)
 ○複3及び複4で観察されたせん断構造は、F₅断層との配置からF₅断層の活動によって形成されたR1面とみなされ、F₅断層の変位センスは逆断層であると判断される。
 ○以上より、F₅断層の西山層中に見られる変位センスは、逆断層を示していると判断される。

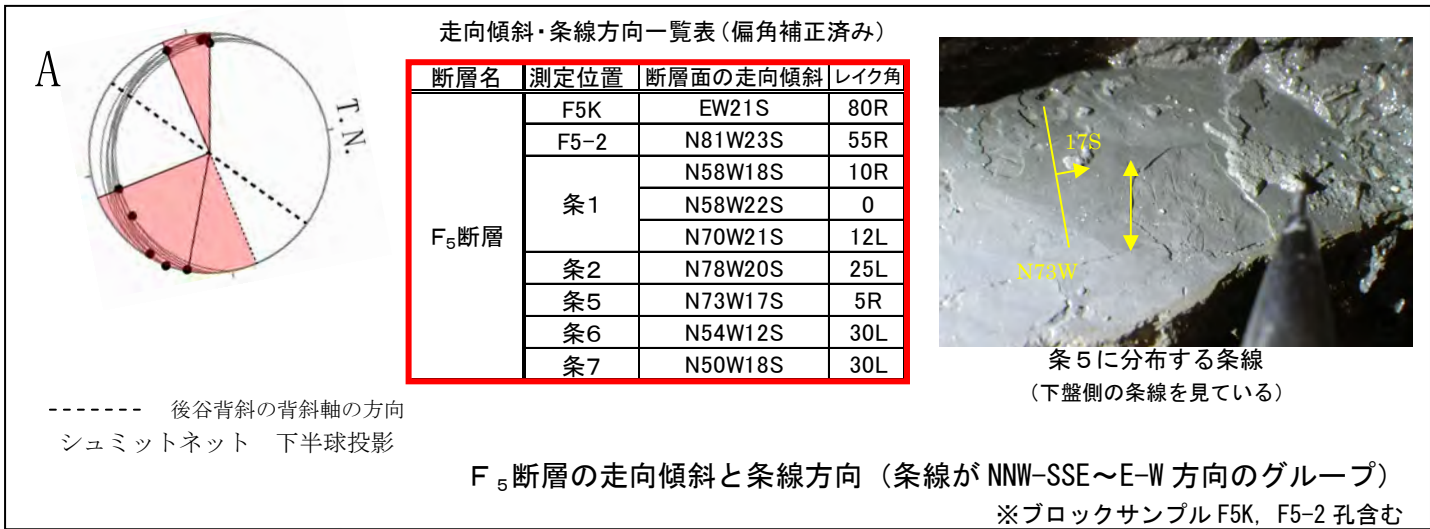


各種破断面の模式図
(垣見・加藤, 1994)

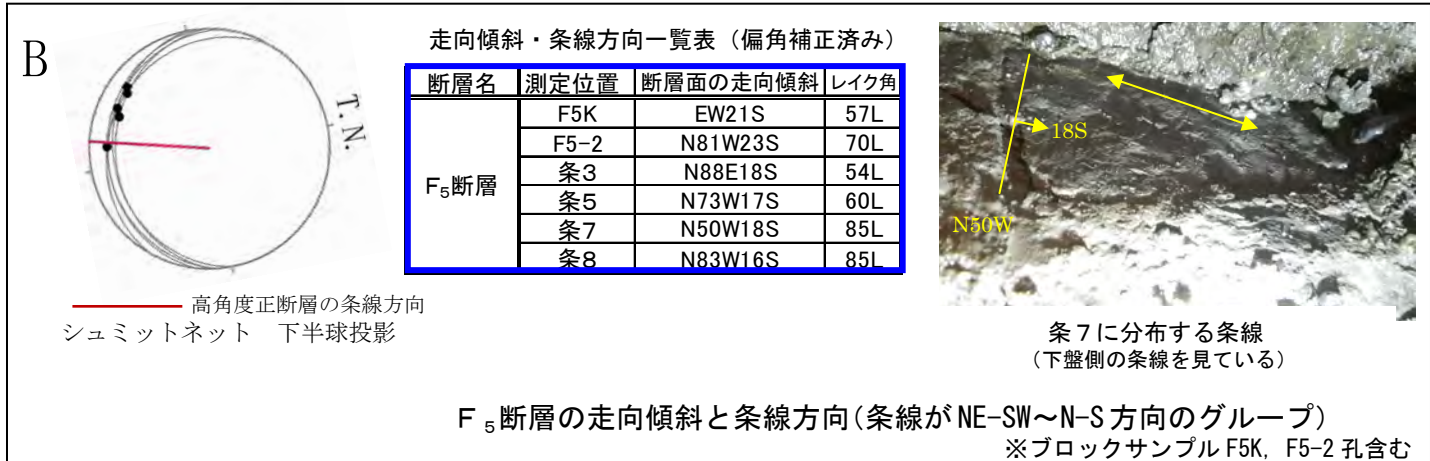
断層の条線



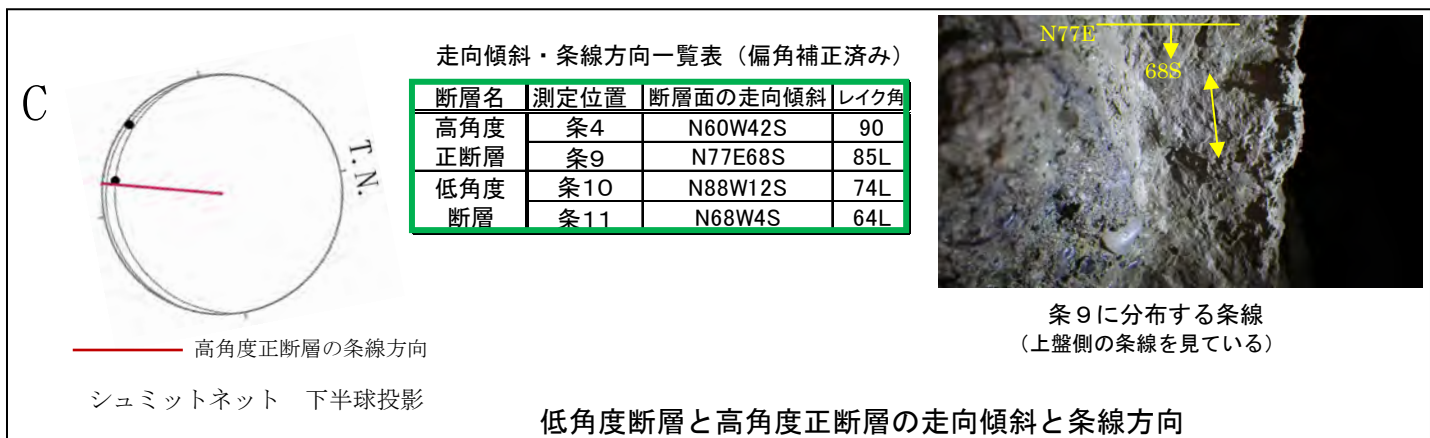
F5立坑断面図



F₅断層の走向傾斜と条線方向 (条線が NNW-SSE~E-W 方向のグループ)
※ブロックサンプル F5K, F5-2 孔含む



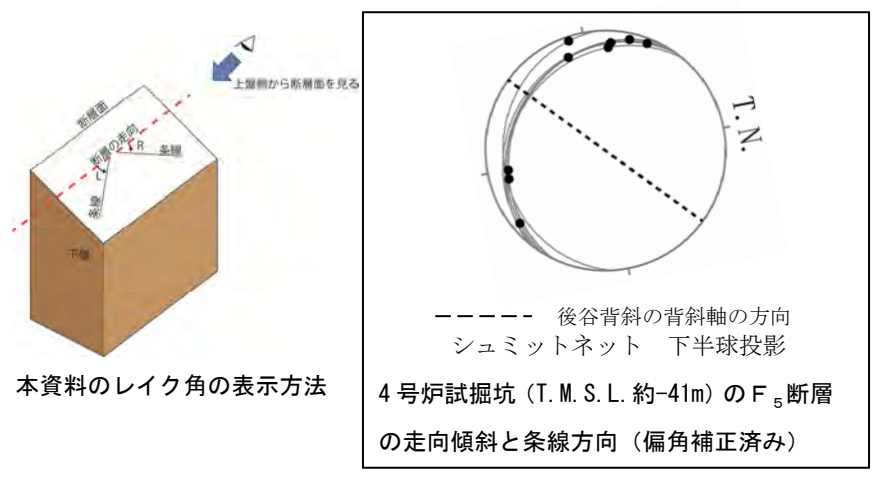
F₅断層の走向傾斜と条線方向 (条線が NE-SW~N-S 方向のグループ)
※ブロックサンプル F5K, F5-2 孔含む



低角度断層と高角度正断層の走向傾斜と条線方向

F₅断層, 低角度断層及び高角度正断層の成因

- F₅断層の断層面から, NNW-SSE~E-W, NE-SW~N-S 方向の2方向の条線を確認した。
- このうち, NNW-SSE~E-W 方向の条線 (A) は, 褶曲軸に高角度に交差する関係にあることから, 褶曲運動に関連した構造的な活動で形成されたと考えられる。なお, NNW-SSE~E-W 方向の条線 (A) は, 4号炉試掘坑でも確認している。
- 一方, NE-SW~N-S 方向の条線 (B) 及び低角度断層と高角度正断層に見られる条線 (C) は褶曲軸とほぼ同じ方向にあることから, 褶曲運動に関連していない非構造的な動きで形成されたと考えられる。



まとめ

○ボーリング調査により、F₅断層及び上載層の分布を確認し、立坑及び横坑を掘削した。

○横坑部の観察の結果、F₅断層、低角度断層、高角度正断層を確認した。F₅断層は西山層に層理面と平行に分布し、粘土を挟む。低角度断層は古安田層と西山層の境界付近に位置し、粘土及び破碎部をほとんど伴わない。高角度正断層は、古安田層中に分布し、粘土及び破碎部はほとんど伴わない。低角度断層と高角度正断層は、条線の方法、分布形態から、一連の断層と考えられる。

○群列ボーリングの結果、高角度正断層は加久藤テフラを含むMIS9の古安田層に約65cmの変位を与えているものの、その上位に分布する阿多鳥浜テフラを含むMIS7の古安田層中の腐植層Aに変位を与えていないことから、MIS9の古安田層中で止まっていると判断され、少なくとも古安田層堆積終了以降の活動はないものと判断される。

○複合面構造及び条線観察の結果、F₅断層には条線の方法が褶曲軸に高角度に交差する活動と褶曲軸にほぼ平行である活動の2種類が認められ、低角度断層及び高角度正断層には条線の方法が褶曲軸にほぼ平行である活動が認められる。古安田層に変位を与えている最終活動は、条線の方法が褶曲軸にほぼ平行であることから構造的なものではなく、地震動等を起因とした非構造的なものと考えられる。

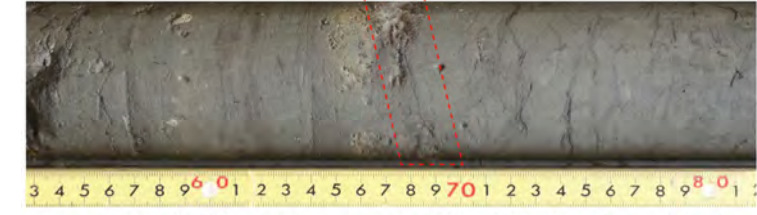
参考資料 火山ガラス主成分分析・屈折率分析結果



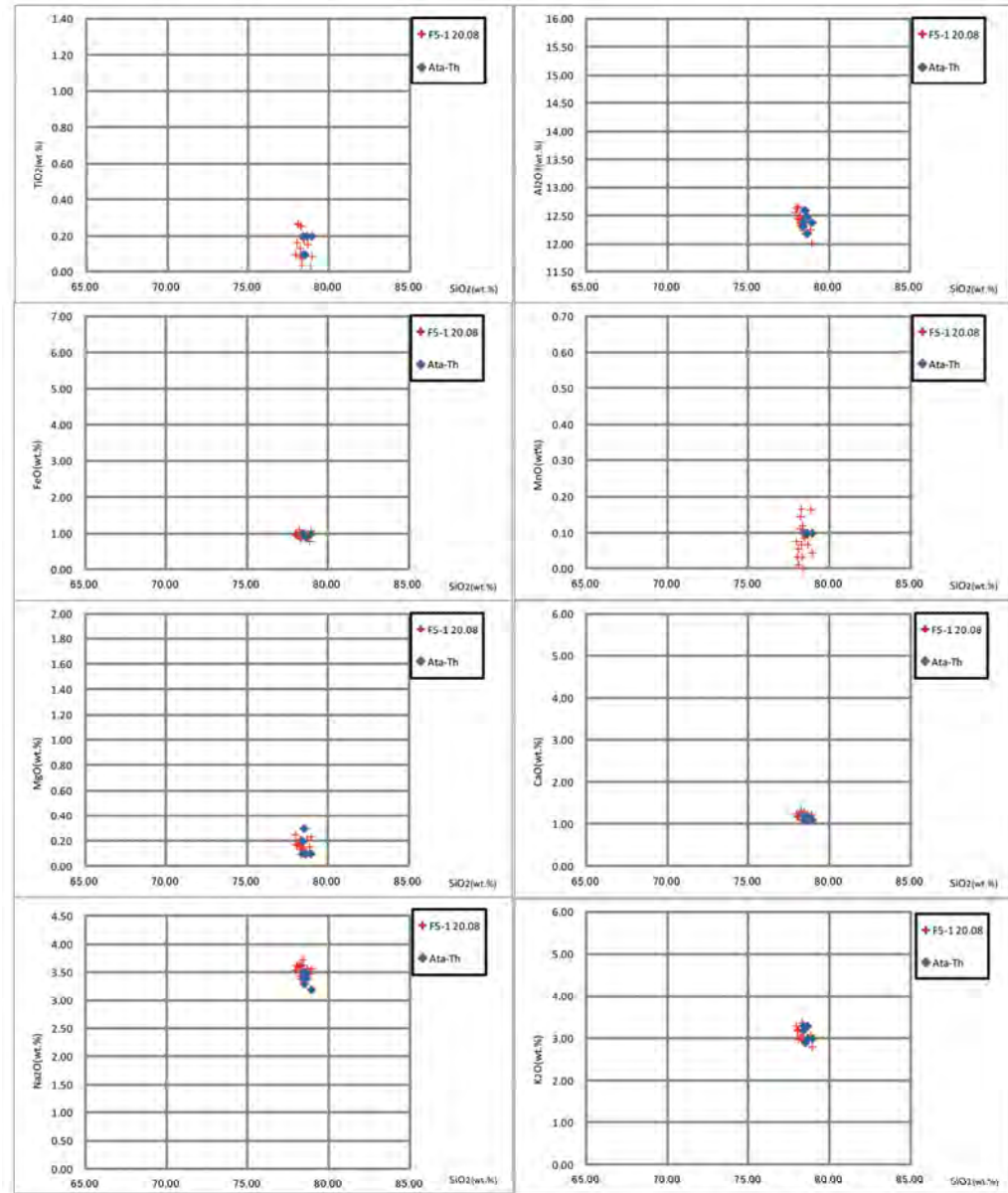
F5-1 孔の掘削深度 20.08m に層厚 20mm の細粒火山灰が分布する。



F5-2 孔の掘削深度 37.37m に、レンズ状の細粒火山灰が分布する。

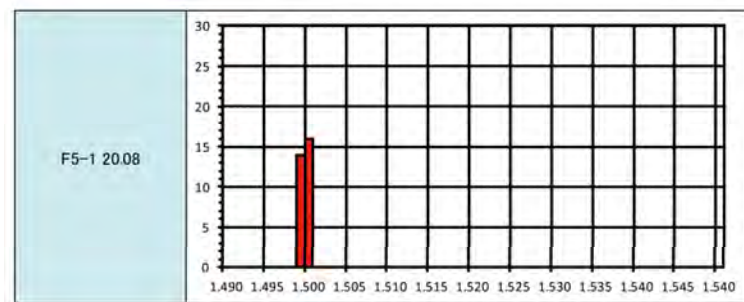


F5-4 孔の掘削深度 37.67m に、レンズ状の細粒火山灰が分布する。



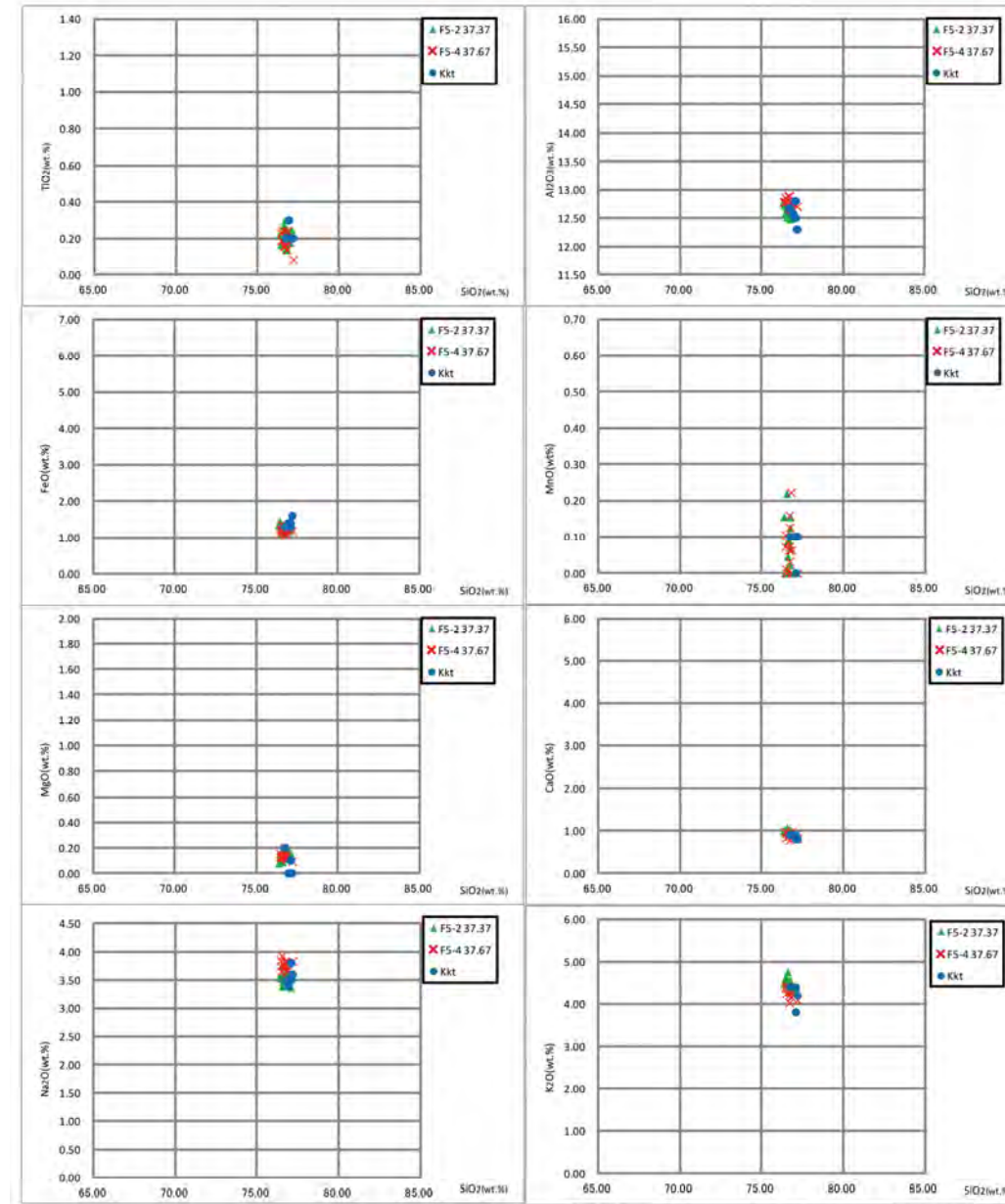
※阿多島浜テフラのデータは新編火山灰アトラス(2003)より引用。

火山ガラスの主成分分析結果



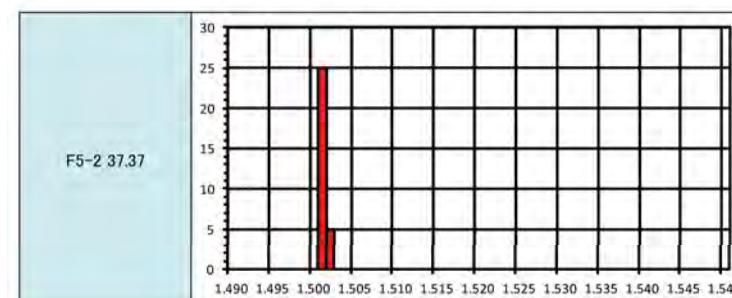
※阿多島浜テフラの屈折率は1.498-1.500を示す(「新編火山灰アトラス」, 2003)。

火山ガラスの屈折率分析結果



※加久藤テフラのデータは新編火山灰アトラス(2003)より引用。

火山ガラスの主成分分析結果



※加久藤テフラの屈折率は1.500-1.502を示す(「新編火山灰アトラス」, 2003)。

火山ガラスの屈折率分析結果

OF5-1 孔の掘削深度 20.08m に分布するテフラは、火山ガラスの主成分分析及び屈折率分析の結果から、阿多島浜テフラ (Ata-Th: 約 24 万年前) に対比される。

OF5-2 孔の掘削深度 37.37m 及び F5-4 孔の掘削深度 37.67m に分布するテフラは、火山ガラスの主成分分析及び屈折率分析の結果から、加久藤テフラ (Kkt: 約 33~34 万年前) に対比される。