

柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉

敷地の地質・地質構造について  
(コメント回答)

F<sub>5</sub>断層に関する調査・評価

平成27年12月 2日

東京電力株式会社



東京電力

---

---

コメント	指摘時期
F <sub>5</sub> 断層は将来活動する可能性のある断層等ではないと評価した結果について、総合的に説明すること。	H27/10/9 審査会合

※安田層下部層のMIS9～MIS7の堆積物については、  
本資料では『古安田層』と仮称する。

# F<sub>5</sub>断層の分布（敷地全体図）



敷地内の断層分布図

- 敷地には、F系断層、V系断層、L<sub>1</sub>・L<sub>2</sub>断層、①・②断層、α・β断層が分布する。
- F系断層のうちF<sub>5</sub>断層は、褶曲構造に関連した動きと関連しない動きが見られ、それぞれについて、調査及び評価を実施した。

---

1 褶曲構造に関連したF<sub>5</sub> 断層の運動に関する調査・評価

1.1 地形

1.2 地質・地質構造

1.3 応力場

1.4 総合評価

2 褶曲構造に関連しないF<sub>5</sub> 断層の運動に関する調査・評価

2.1 地形

2.2 地質・地質構造

2.3 応力場

2.4 総合評価



---

1 褶曲構造に関連したF<sub>5</sub>断層の運動に関する調査・評価

1.1 地形

1.2 地質・地質構造

1.3 応力場

1.4 総合評価

2 褶曲構造に関連しないF<sub>5</sub>断層の運動に関する調査・評価

2.1 地形

2.2 地質・地質構造

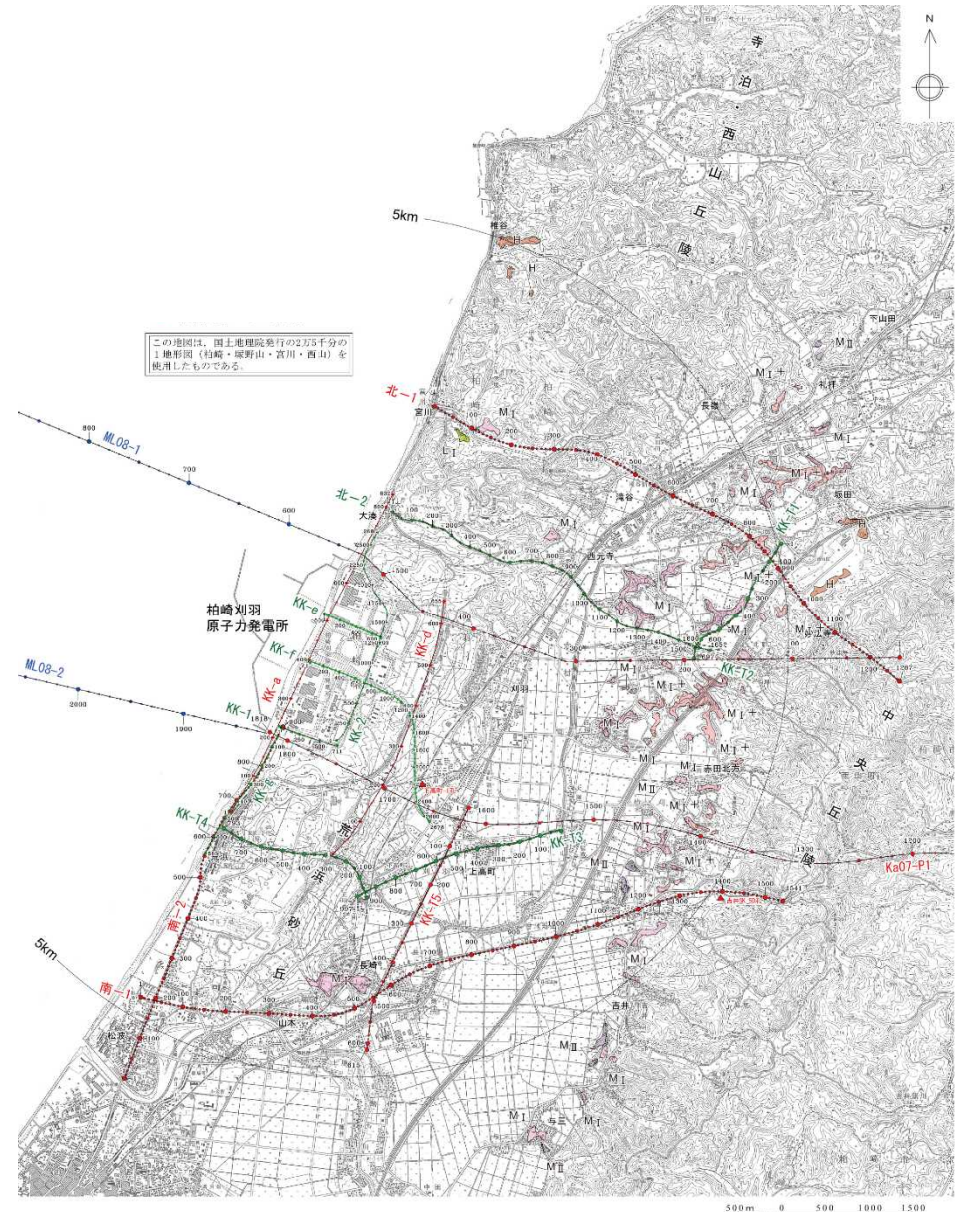
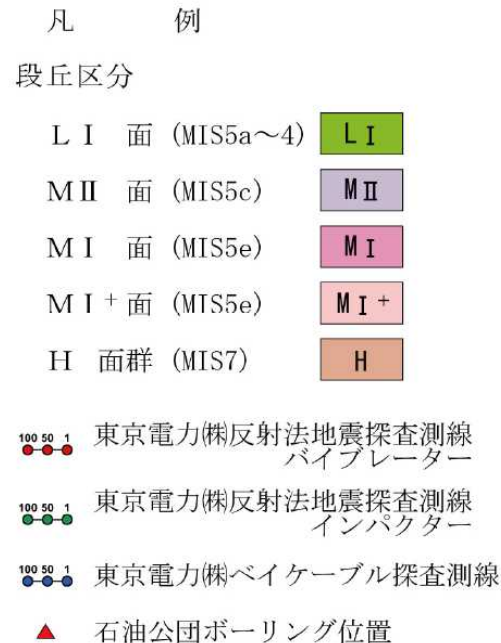
2.3 応力場

2.4 総合評価

# 1.1 地形（文献調査・空中写真判読）

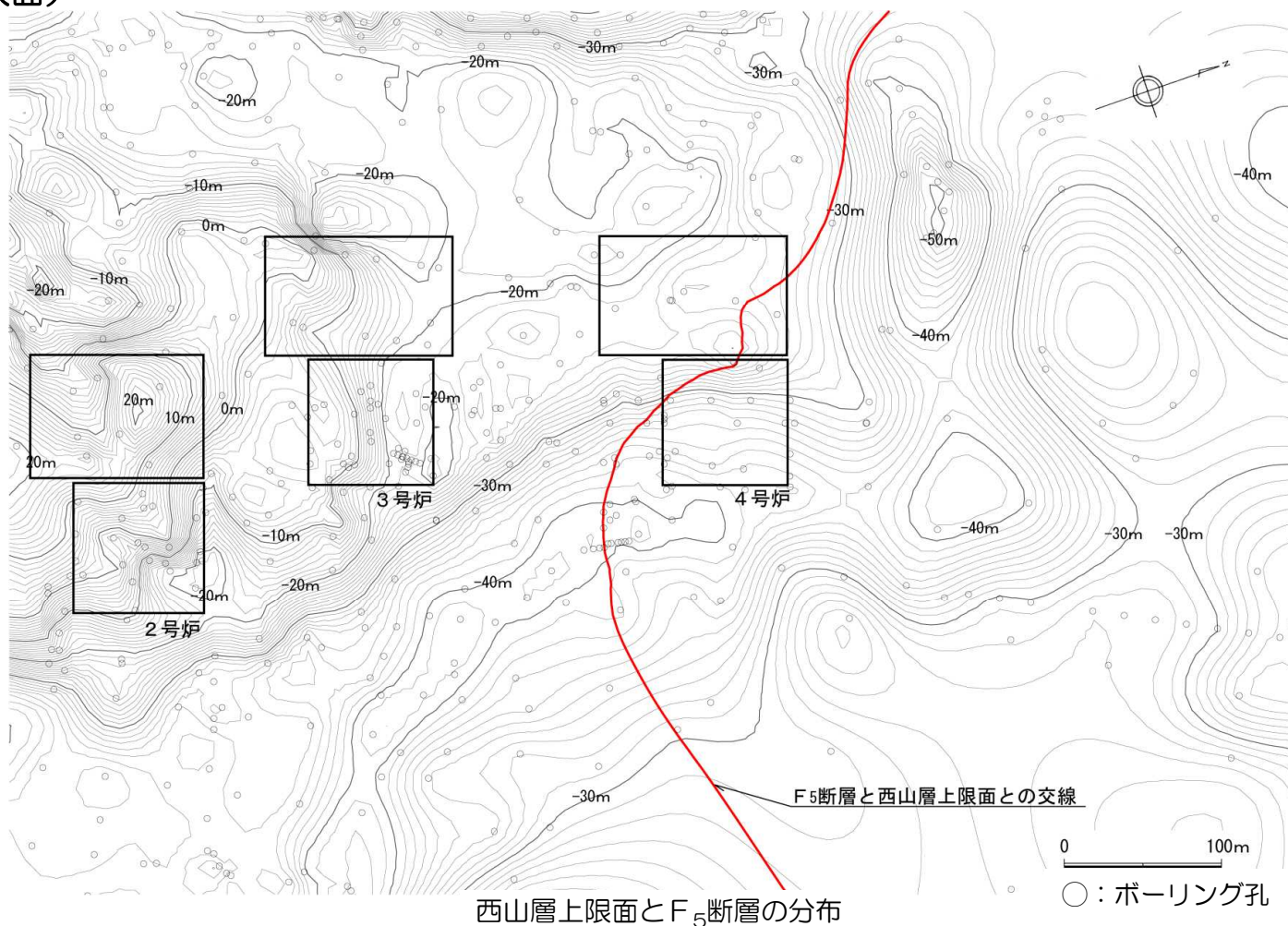
（敷地及び敷地近傍の変動地形）

- [新編]日本の活断層（1991）や活断層デジタルマップ（2002）等いずれの文献においても、敷地及び敷地近傍にリニアメントは認められない。
- 空中写真判読の結果によると、敷地近傍の柏崎平野周辺に分布する段丘面は、段丘面の標高、分布形態、連続性、面の開析程度等により、高位からH面群、M<sub>I</sub><sup>+</sup>面、M<sub>I</sub>面、M<sub>II</sub>面及びL<sub>I</sub>面に区分される。
- 最も広く分布する段丘面はM<sub>I</sub>面である。
- 敷地及び敷地近傍にリニアメントは判読されない。



# 1.1 地形（古地形）

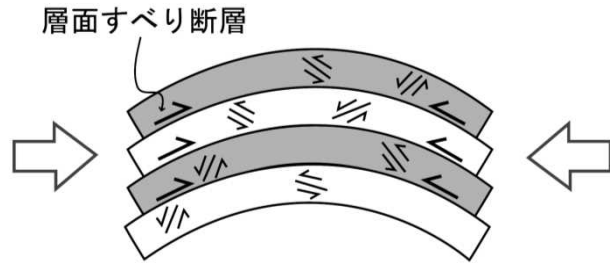
（西山層上限面）



- 西山層上限面は、F<sub>5</sub>断層を境して系統的な地形の屈曲や段差などが認められないことから、F<sub>5</sub>断層の中期更新世以降の累積的な断層活動は推定されない。



# 1.2 地質・地質構造 (文献調査)



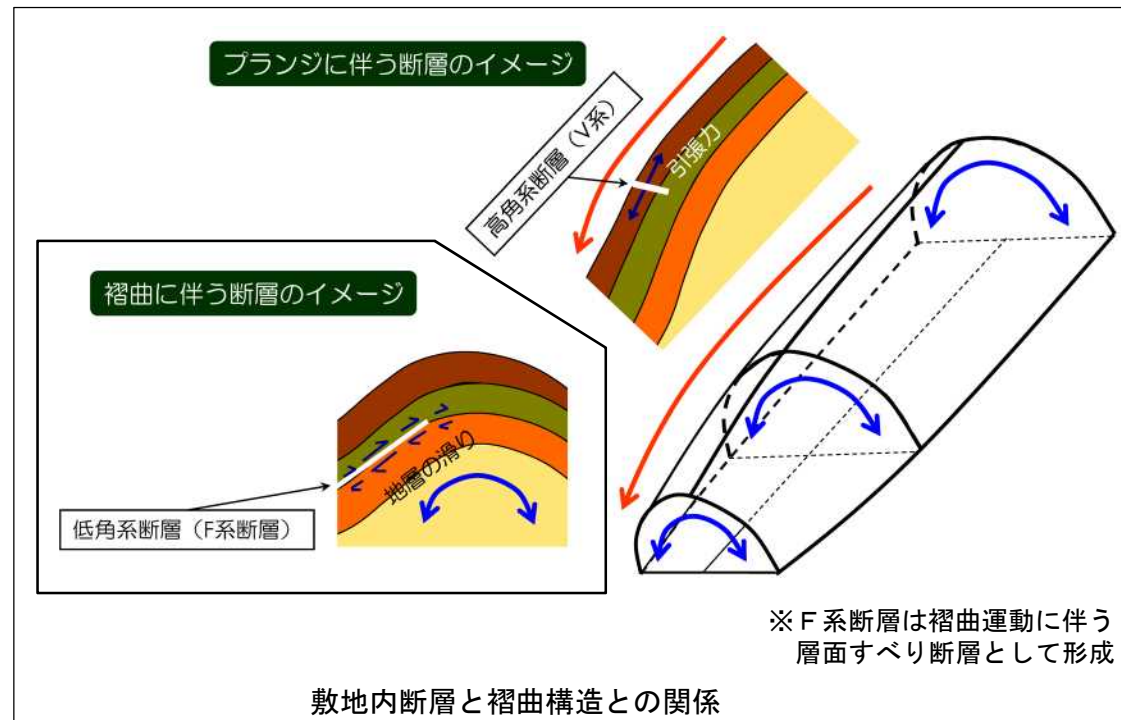
第6図 Flexural-slip foldの模式図.

一方、層面すべり断層とは、層理面上ですべる断層のことである。

(中略)

大坪・山路 (2005) は、層面すべりの断層のセンス・運動方向を丹念に注目し、上盤側が傾斜方向に上がる逆断層センスのものが多いことを示した。さらに層面すべり断層の運動方向の平面空間分布より、この地域の褶曲構造がFlexural-slip fold (例えば、Twiss and Moores, 1992 ; 第6図) であることを示した。このように層面すべり断層は、褶曲形成時における岩体の変形様式を理解することができる重要な構造である。

大坪 (2008) より抜粋

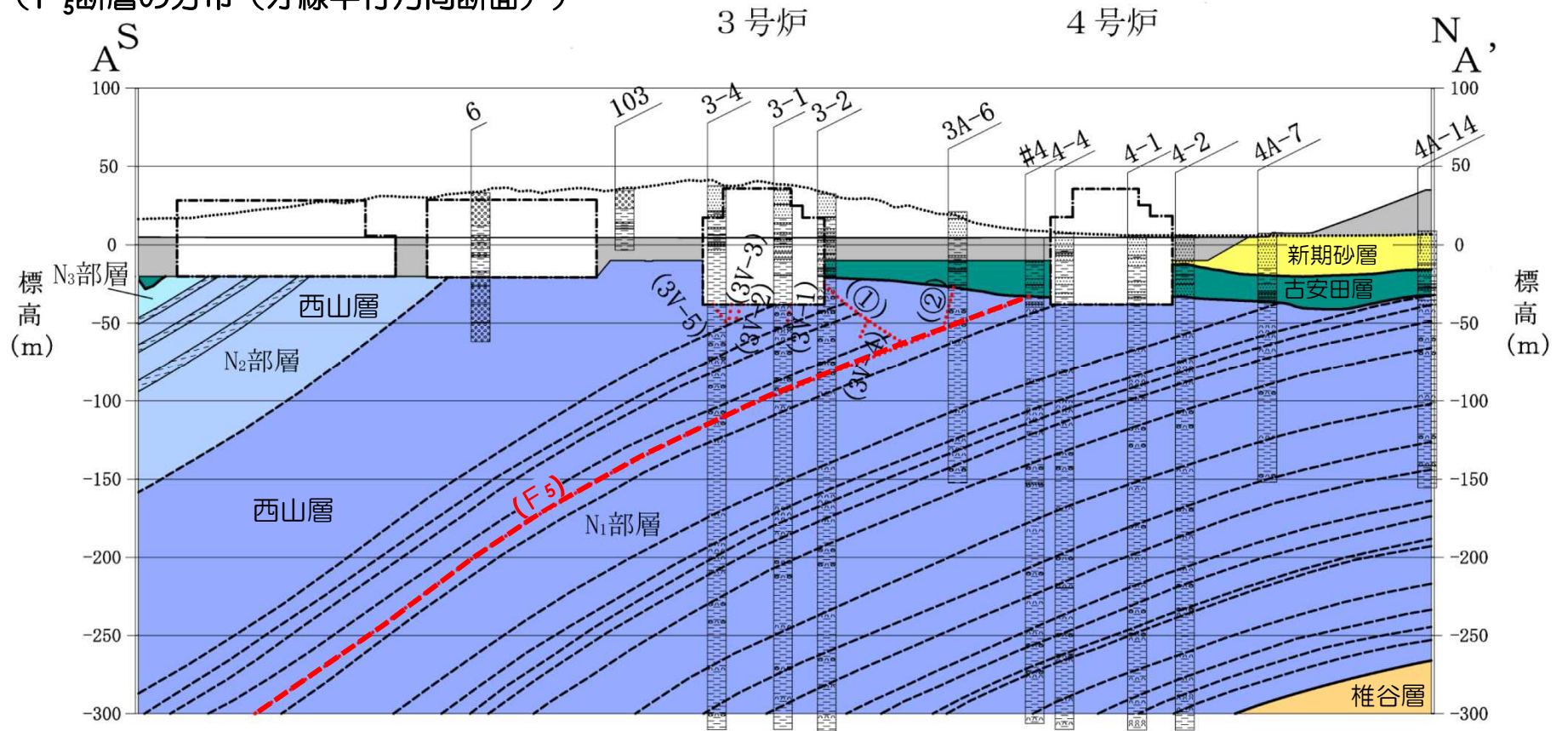


敷地内断層と褶曲構造との関係

- 層理面に平行な断層は、層面すべり断層と呼ばれ、褶曲運動に伴って逆断層的にすべるとされている。(大坪(2008)など)

# 1.2 地質・地質構造（敷地内ボーリング調査）

（F<sub>5</sub>断層の分布（汀線平行方向断面））



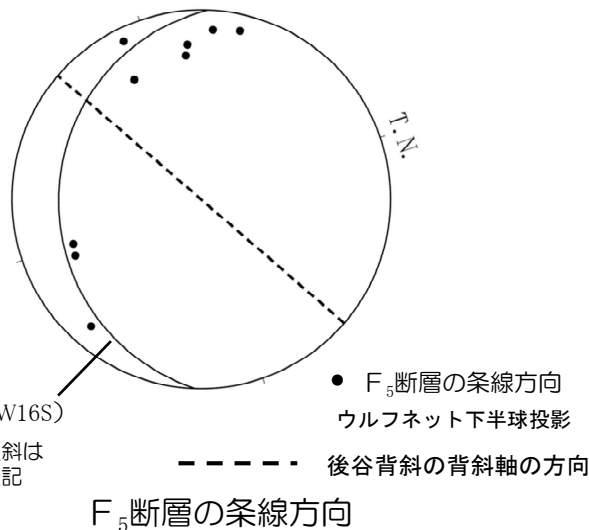
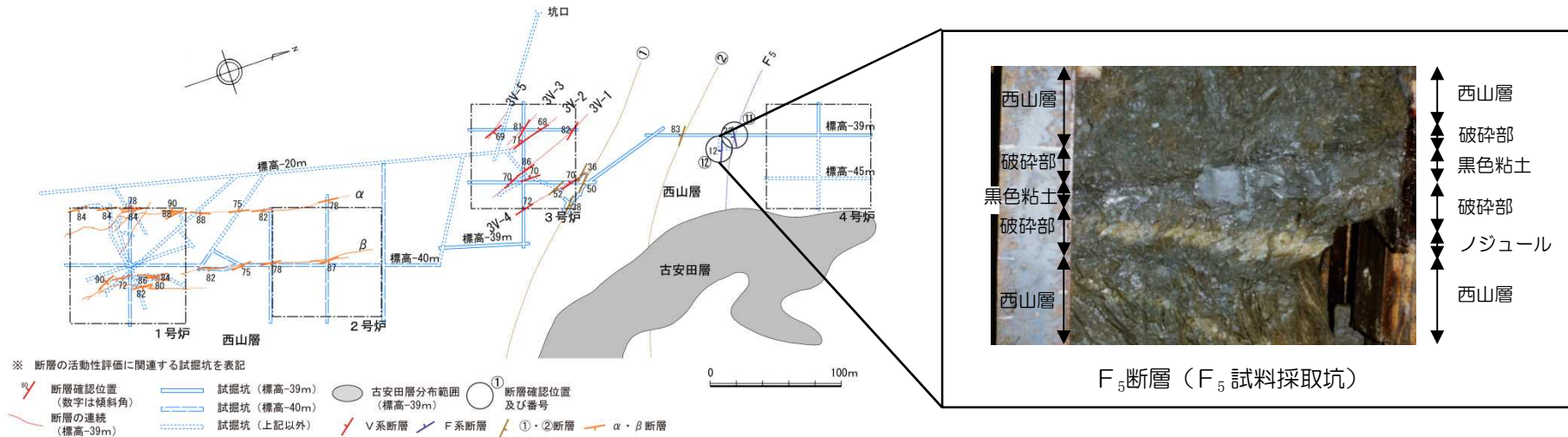
3・4号炉心を通る汀線平行方向の地質鉛直断面図

- 凡例
- : 盛土・埋め戻し土
  - : 西山層(N<sub>3</sub>部層)
  - : 新期砂層
  - : 西山層(N<sub>2</sub>部層)
  - : 古安田層
  - : 西山層(N<sub>2</sub>部層)中の鍵層
  - : 椎谷層
  - : 西山層(N<sub>1</sub>部層)
  - : 西山層(N<sub>1</sub>部層)中の鍵層

■ F<sub>5</sub>断層は、西山層中の鍵層とほぼ平行に分布しており、層面すべり断層と判断される。

# 1.2 地質・地質構造（試掘坑調査）

（F<sub>5</sub>断層試掘坑調査）

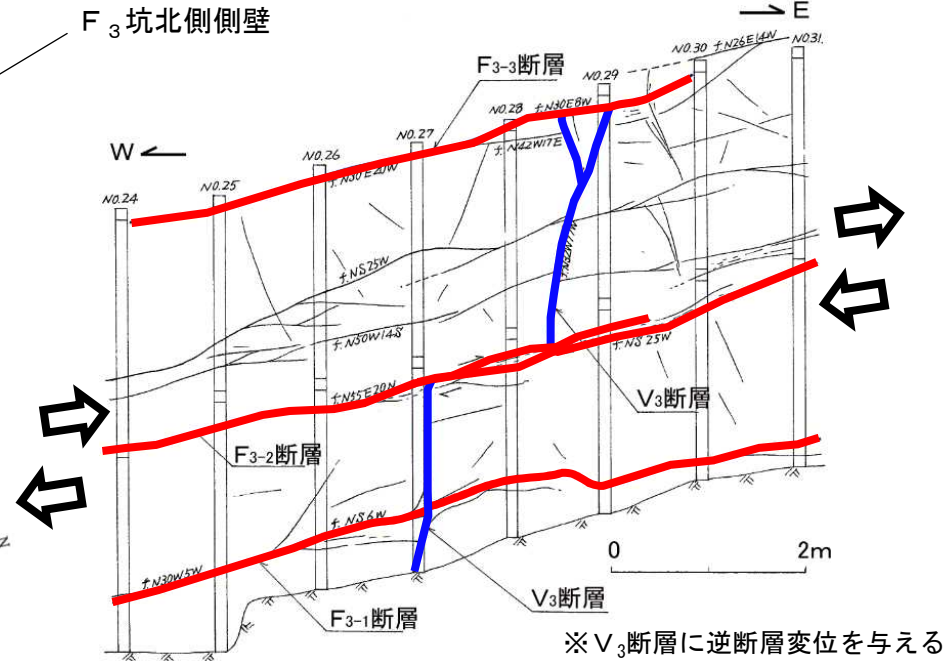
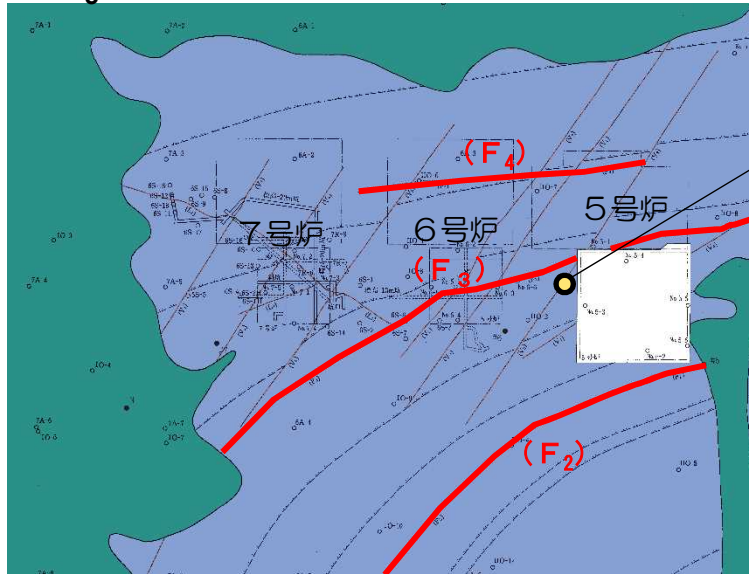


- F系断層は、WNW-ESE走向で南に緩く傾斜する西山層の層理面に平行な断層で、F<sub>5</sub>断層が分布する。
- 平均幅5cm程度の破碎部及び平均幅6.6cm程度の黒色粘土を伴う。
- 試掘坑（標高-39m付近、西山層の被り約10m）で確認されたF<sub>5</sub>断層の条線は、褶曲軸に中～高角度で交差する方向を示し、褶曲の成長に伴って形成されたと考えられる。



# 1.2 地質・地質構造（試掘坑調査）

（F<sub>3</sub>断層試掘坑調査）

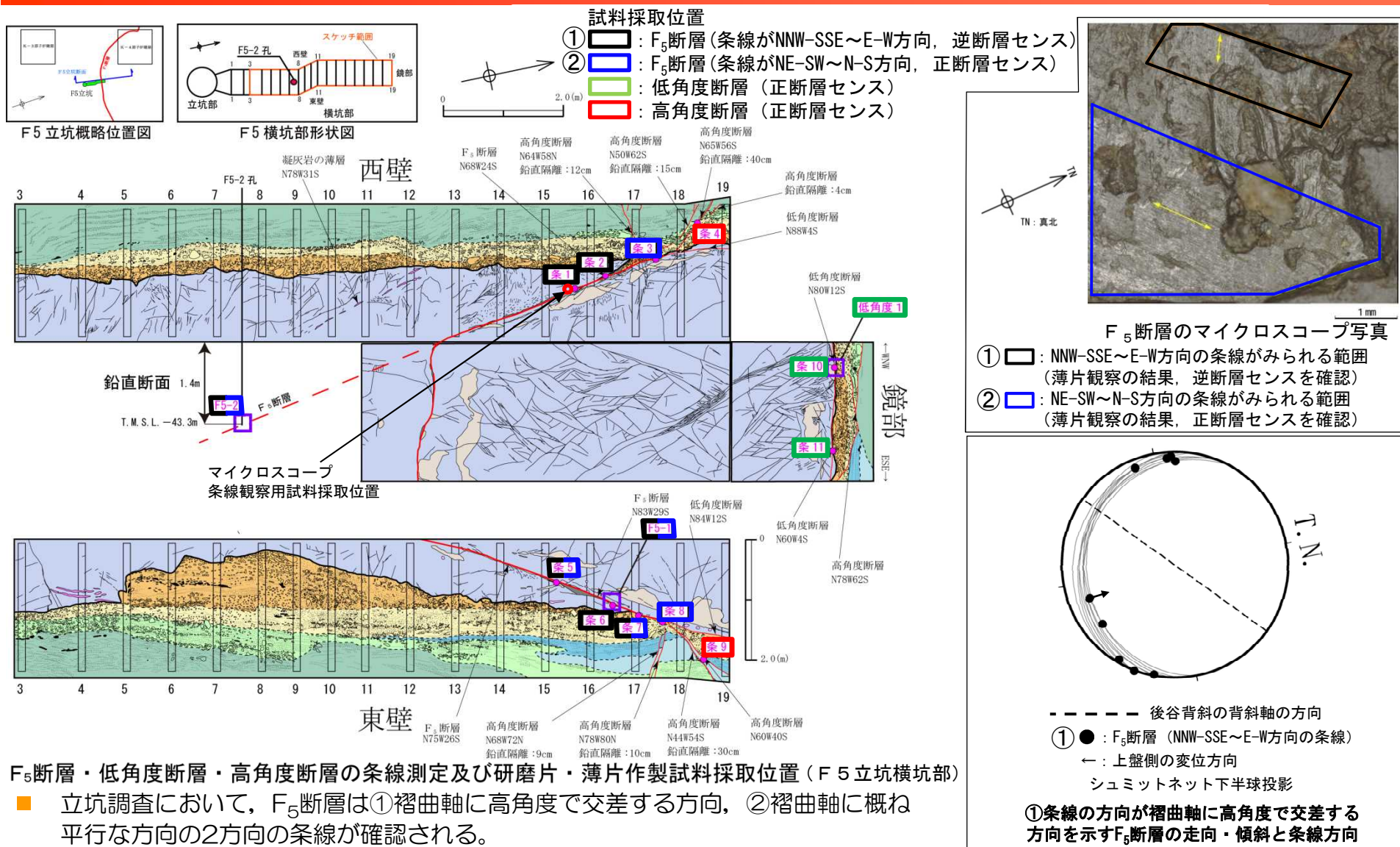


5号炉試掘坑調査結果（F<sub>3</sub>坑北側側壁）

- 凡例
- 古安田層
  - 西山層
  - 凝灰岩類
  - 断層（破線は推定部）
  - NO. 6-1 ボーリング（既往調査）  
（—水平ボーリング）
  - #5 ボーリング（平成19年度以降に実施）
  - 断面位置
  - 試掘坑（標高-20m～-30m）
  - 試掘坑（上記以外）
- 6号及び7号炉付近地質水平断面図（標高-20m）

- 大湊側敷地でも層理面に平行な断層であるF<sub>3</sub>断層が認められ、F<sub>3</sub>断層はV<sub>3</sub>断層を逆断層的に変位させていることを確認している。

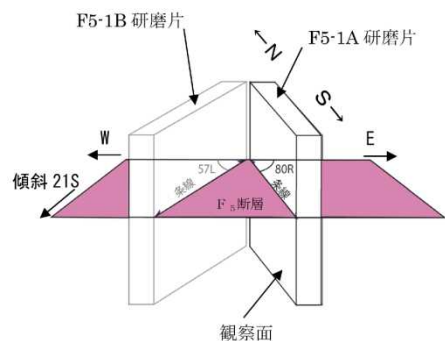
# 1.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）





# 1.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

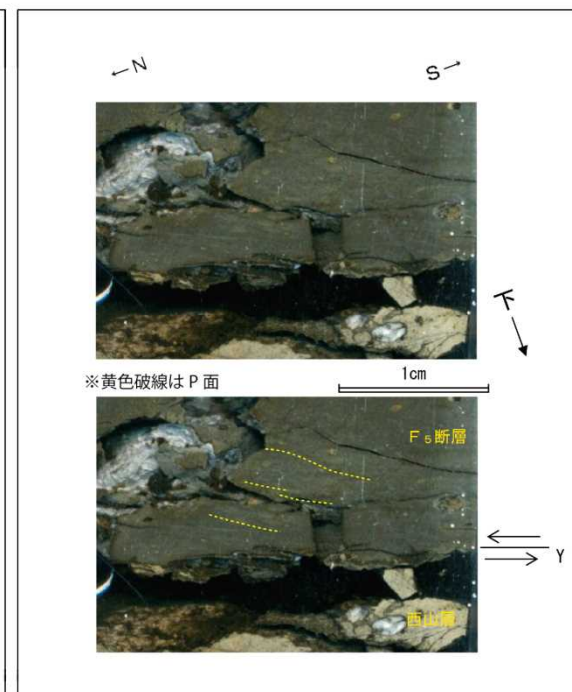
（F5-1A 研磨片）



- 研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。



F5-1A 研磨片観察結果

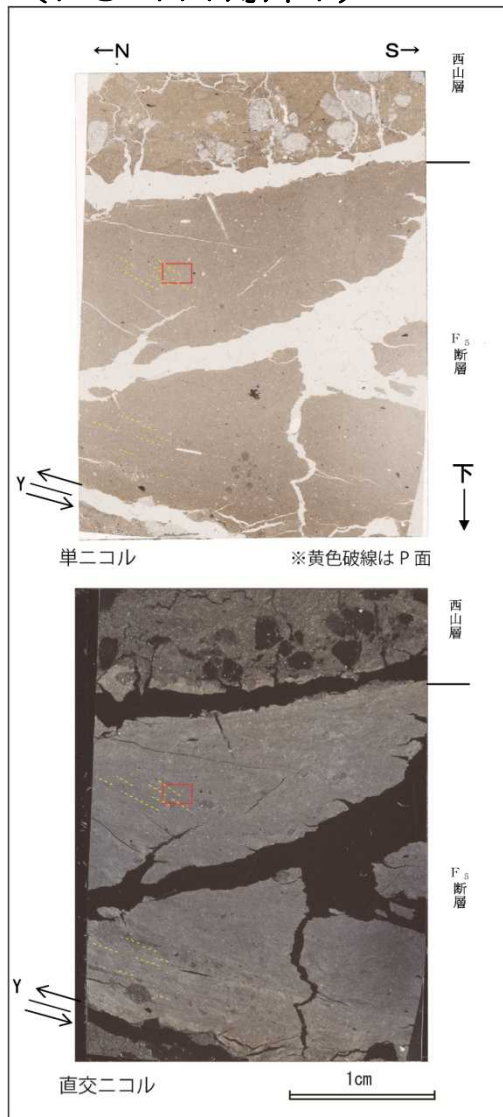


F5-1A 研磨片観察結果(赤枠内拡大)

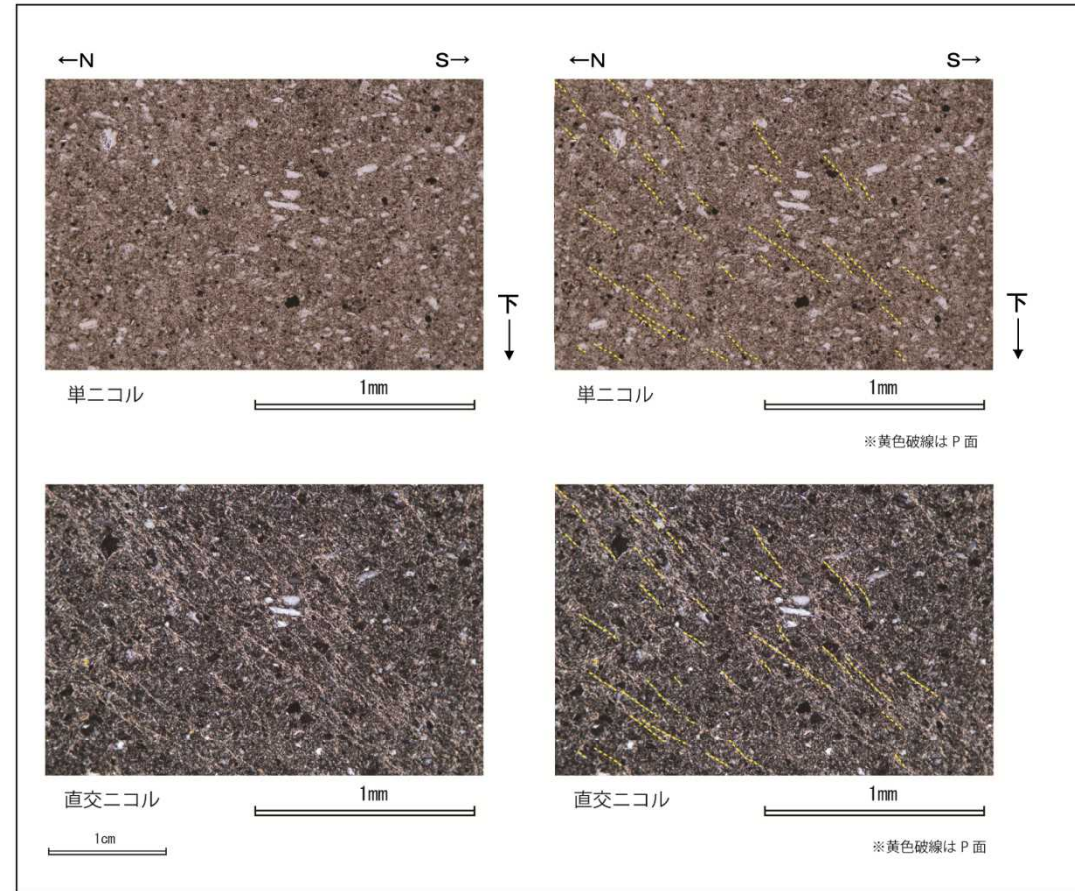
- F<sub>5</sub>断層粘土部にはS方向下がりのP面が認められ、断層面との配置から、上盤側がN方向へ向かう逆断層変位が推定される。

# 1.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

(F5-1A 薄片1)



F5-1A(その1) 薄片観察結果



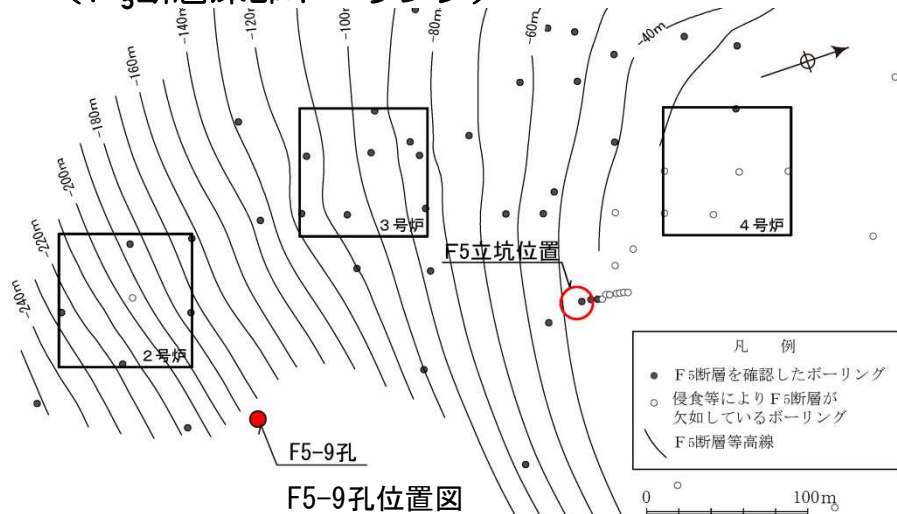
F5-1A(その1) 薄片観察結果(赤枠内の拡大)

- F<sub>5</sub>断層粘土部のS方向下がりの系統的な粘土鉱物の配列がP面と判断され、断層面との配置から、上盤側がN方向へ向かう逆断層変位が推定される。

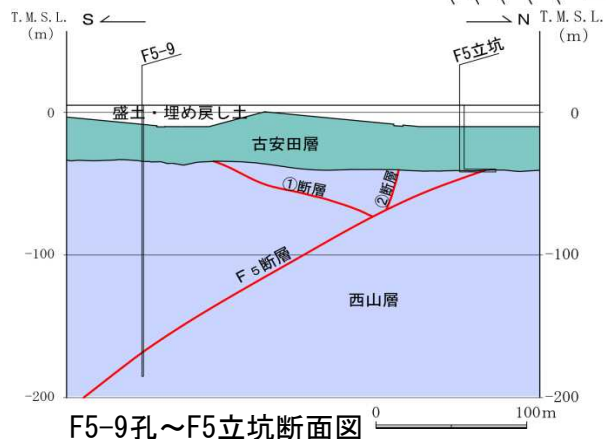


# 1.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

（F<sub>5</sub>断層深部ボーリング）



F5-9孔位置図



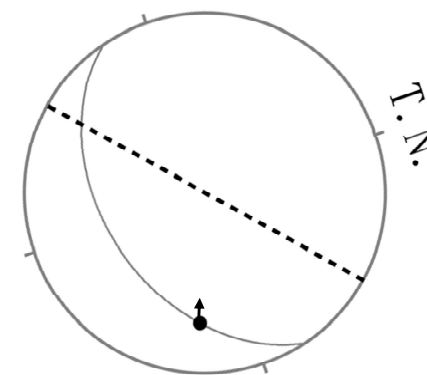
F5-9孔～F5立坑断面図



F<sub>5</sub>断層のコア写真（F5-9孔標高-168m（深度173m）付近）



断層面に見られる条線

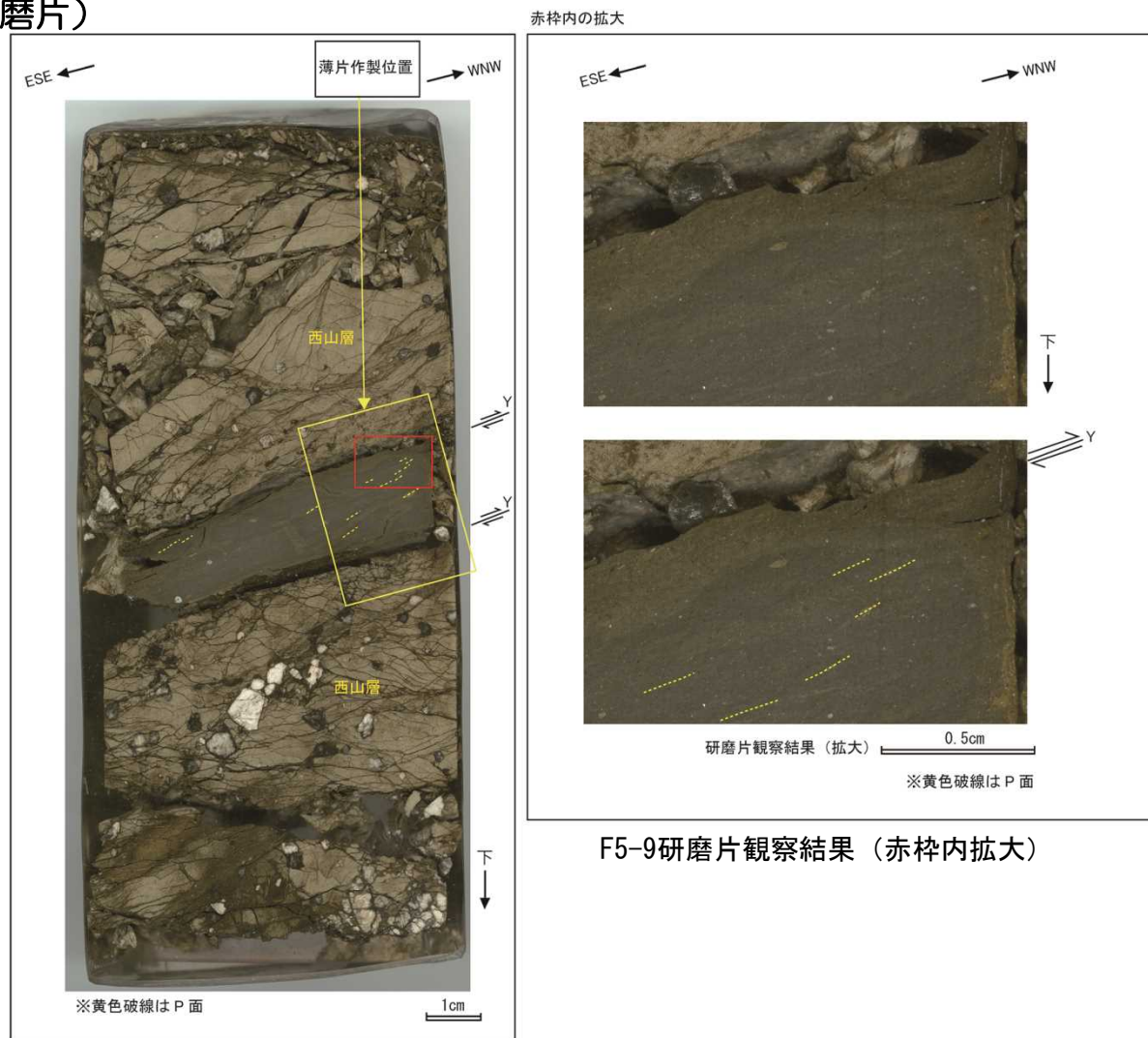
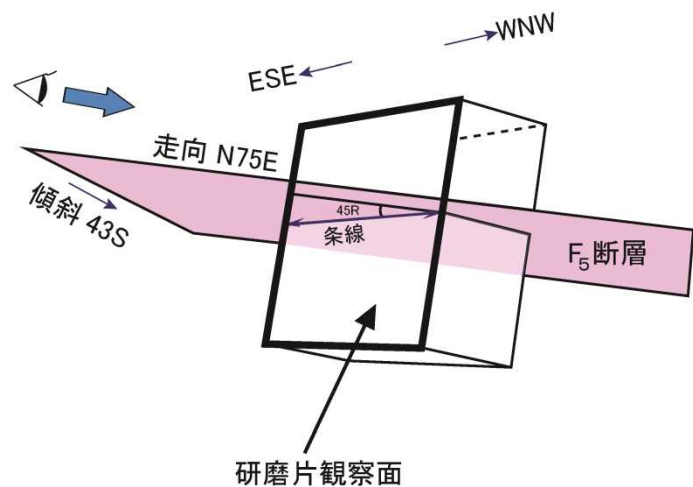


--- 後谷背斜の背斜軸の方向  
● : F<sub>5</sub>断層の条線方向  
← : 上盤側の変位方向  
シュミットネット下半球投影  
条線方向

- F5-9孔の標高-168m付近においてF<sub>5</sub>断層を確認し、BHTV観察の結果、断層面の走向・傾斜はN75E43Sを示す。
- 深部（標高-168m付近）のF<sub>5</sub>断層の条線は、褶曲軸に高角度で交差する方向を示し、研磨片・薄片観察の結果、その運動センスは逆断層センスであることを確認した。

## 1.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

（F<sub>5</sub>断層深部ボーリング F5-9孔研磨片）



F5-9研磨片観察結果（赤枠内拡大）

- 研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。

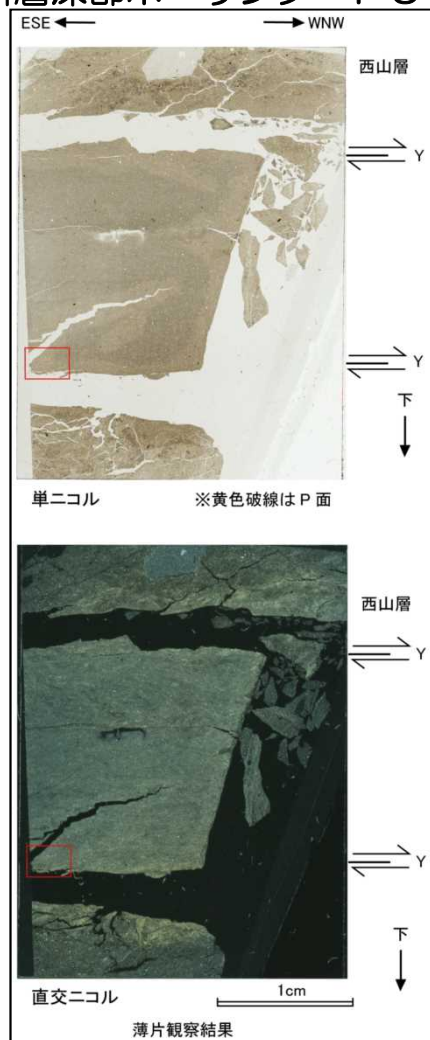
F5-9研磨片観察結果

- F<sub>5</sub>断層粘土部のESE方向下がりの系統的な粘土鉱物の配列がP面と判断され、断層面との配置から、上盤側がWNW方向へ向かう逆断層変位が推定される。



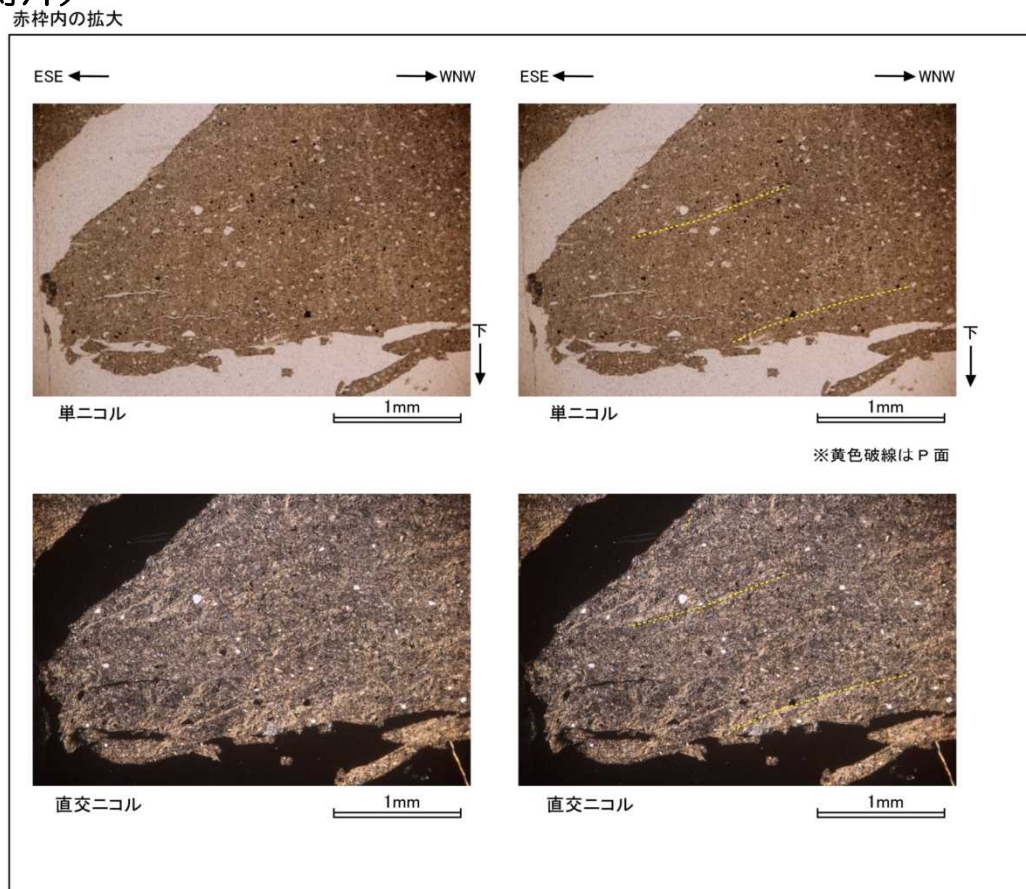
## 1.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

（F<sub>5</sub>断層深部ボーリング F5-9孔薄片）



F5-9薄片観察結果

- F<sub>5</sub>断層粘土部のESE方向下がりの系統的な粘土鉱物の配列がP面と判断され、断層面との配置から、上盤側がWNW方向へ向かう逆断層変位が推定される。

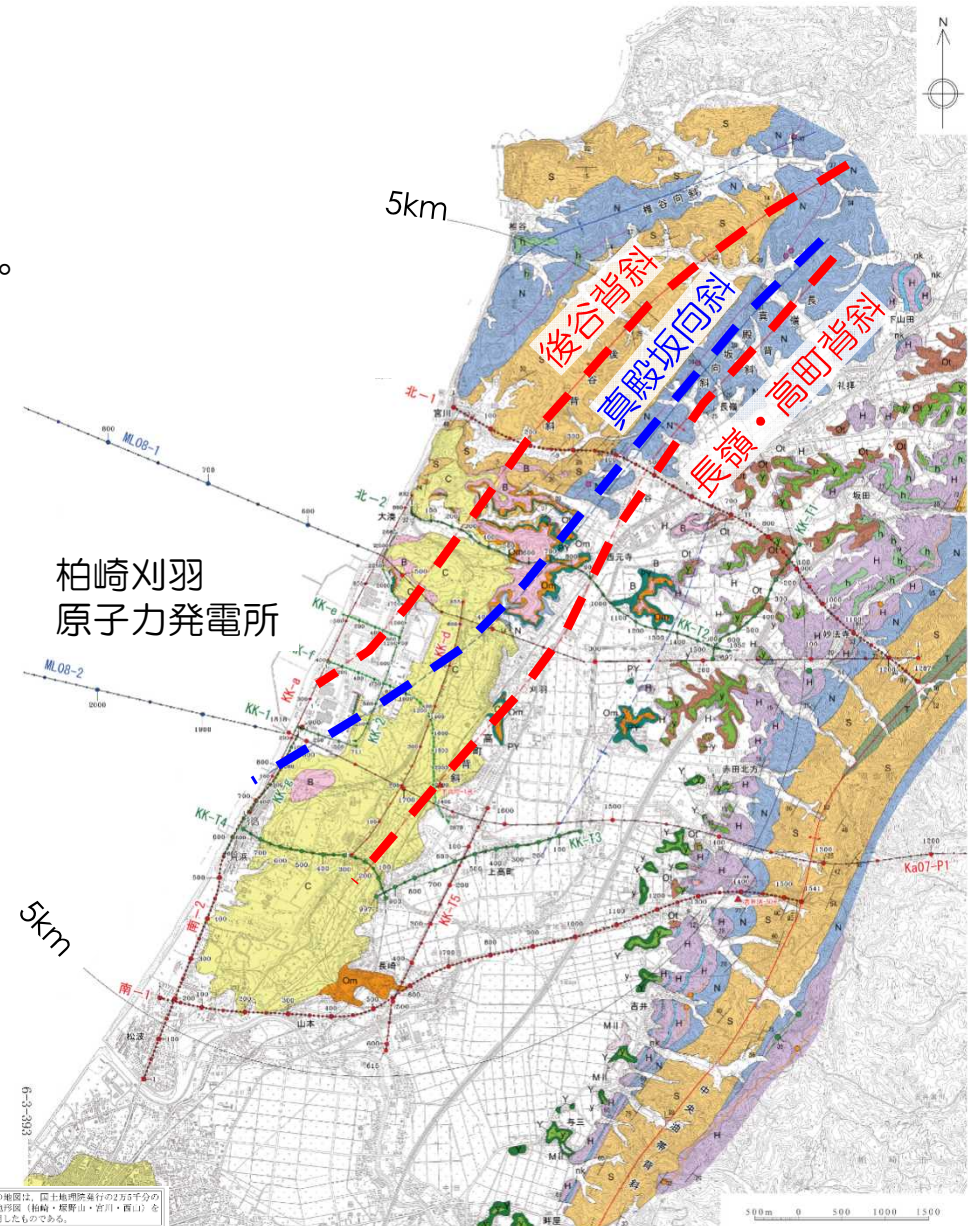


F5-9薄片観察結果（赤枠内拡大）

# 1.2 地質・地質構造（敷地近傍・敷地内ボーリング調査）

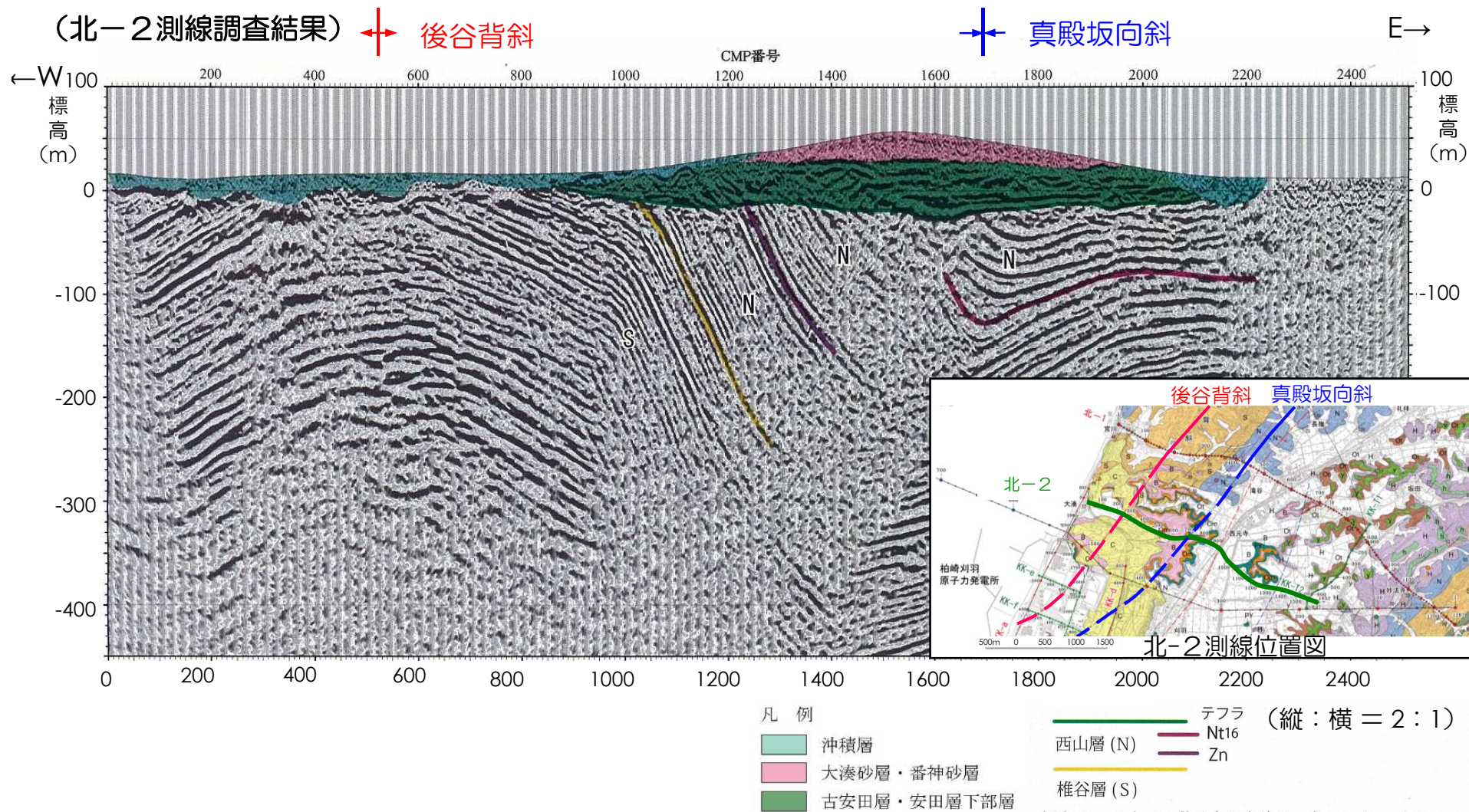
（敷地近傍の地質・地質構造）

- 敷地北側の寺泊・西山丘陵南部には、NE-SW方向の後谷背斜及び長嶺背斜が分布し、両背斜間には、真殿坂向斜が位置する。
- 敷地における地質調査結果によると、後谷背斜及び真殿坂向斜は敷地に連続し、後谷背斜は敷地中央部付近で、真殿坂向斜は敷地の南端部付近でそれぞれ海域に達する。





# 1.2 地質・地質構造（敷地近傍・敷地内ボーリング調査）



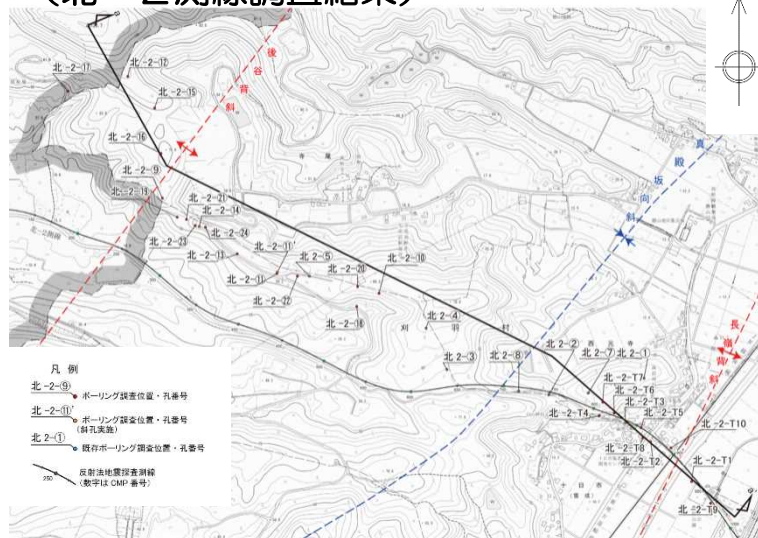
北-2測線反射法地震探査結果

- 真殿坂向斜は椎谷層及び西山層が向斜軸の北西側で急傾斜を示す非対称な向斜構造であり、同向斜構造はほぼ水平な古安田層及び大湊砂層等に覆われている。



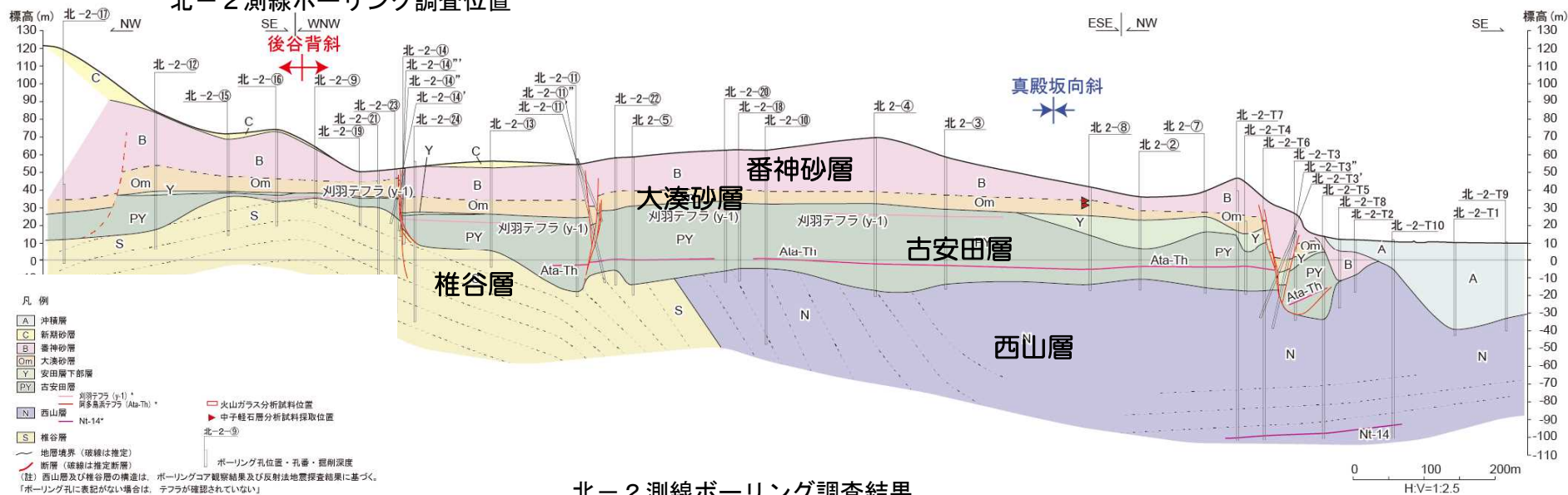
# 1.2 地質・地質構造（敷地近傍・敷地内ボーリング調査）

（北-2測線調査結果）



- 後谷背斜～真殿坂向斜付近にかけて椎谷層及び西山層を不整合に覆う地層を確認した。
- 当地層は阿多鳥浜テフラ（Ata-Th）及び刈羽テフラ（y-1）を挟在することから、中部更新統の古安田層である。
- 後谷背斜及び真殿坂向斜を横断して実施した群列ボーリング調査の結果、古安田層中に分布する阿多鳥浜テフラ、刈羽テフラ（y-1）及びその直上に分布する腐植層はほぼ水平に分布し、椎谷層及び西山層に認められる褶曲構造に調和的な構造は認められず、少なくとも古安田層堆積終了以降の活動は認められない。

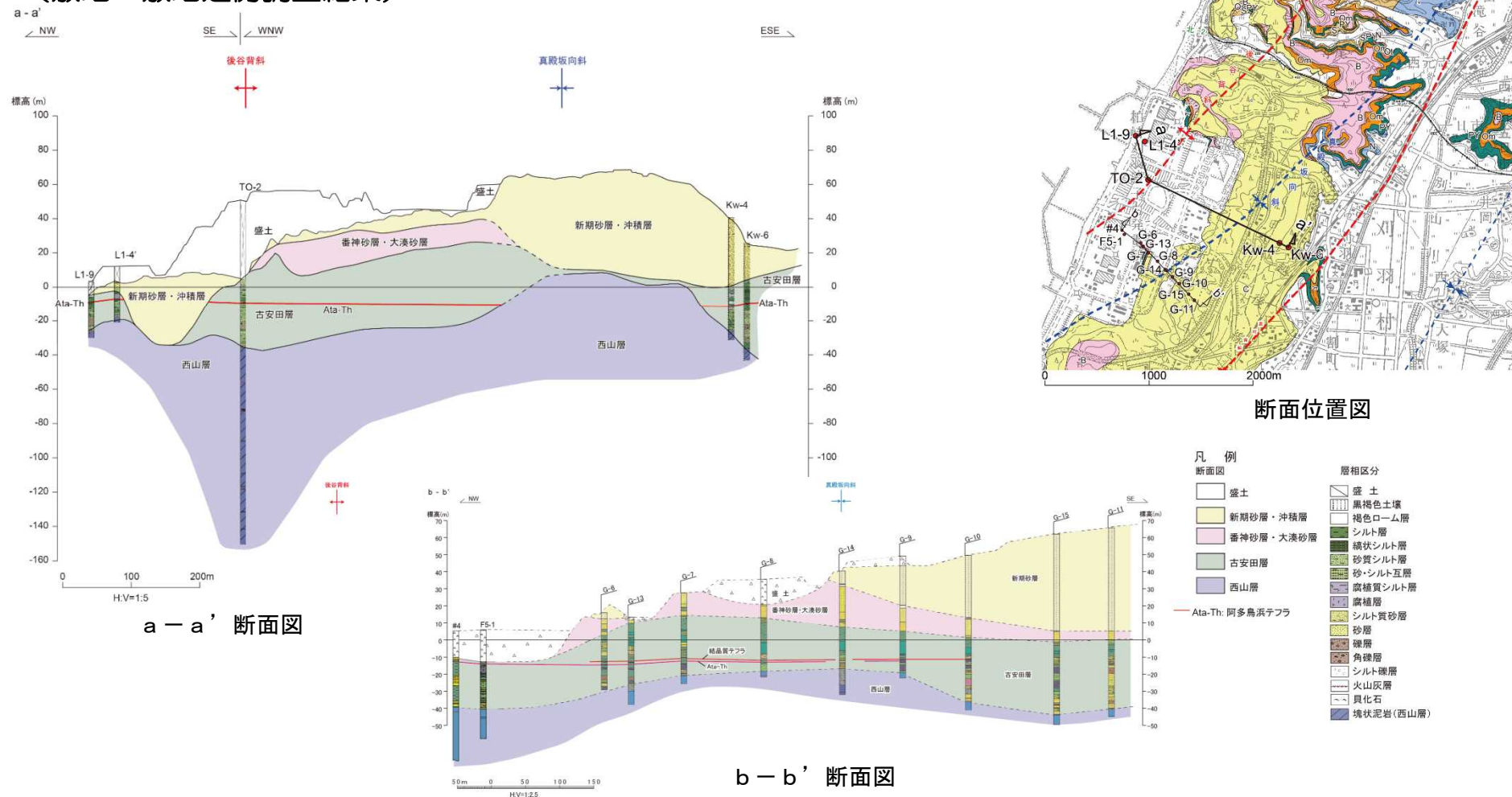
北-2測線ボーリング調査位置



北-2測線ボーリング調査結果

# 1.2 地質・地質構造（敷地近傍・敷地内ボーリング調査）

（敷地～敷地近傍調査結果）

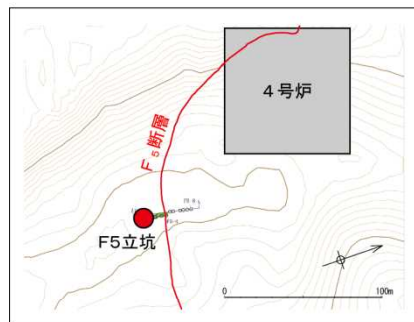


敷地近傍及び敷地の褶曲構造については、褶曲構造を横断して実施したボーリング調査によって、上載層である古安田層中に挟在する阿多鳥浜テフラ（約24万年前）等がほぼ水平に分布し、褶曲構造に調和的な構造が認められないことから、褶曲構造は少なくとも古安田層堆積終了以降の活動は認められないことを確認している。

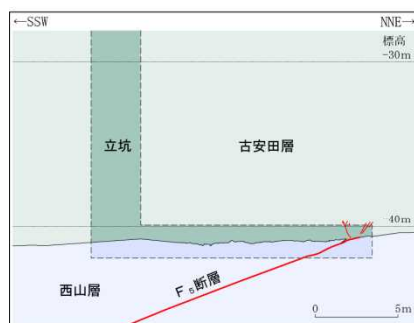


# 1.2 地質・地質構造（立坑調査）

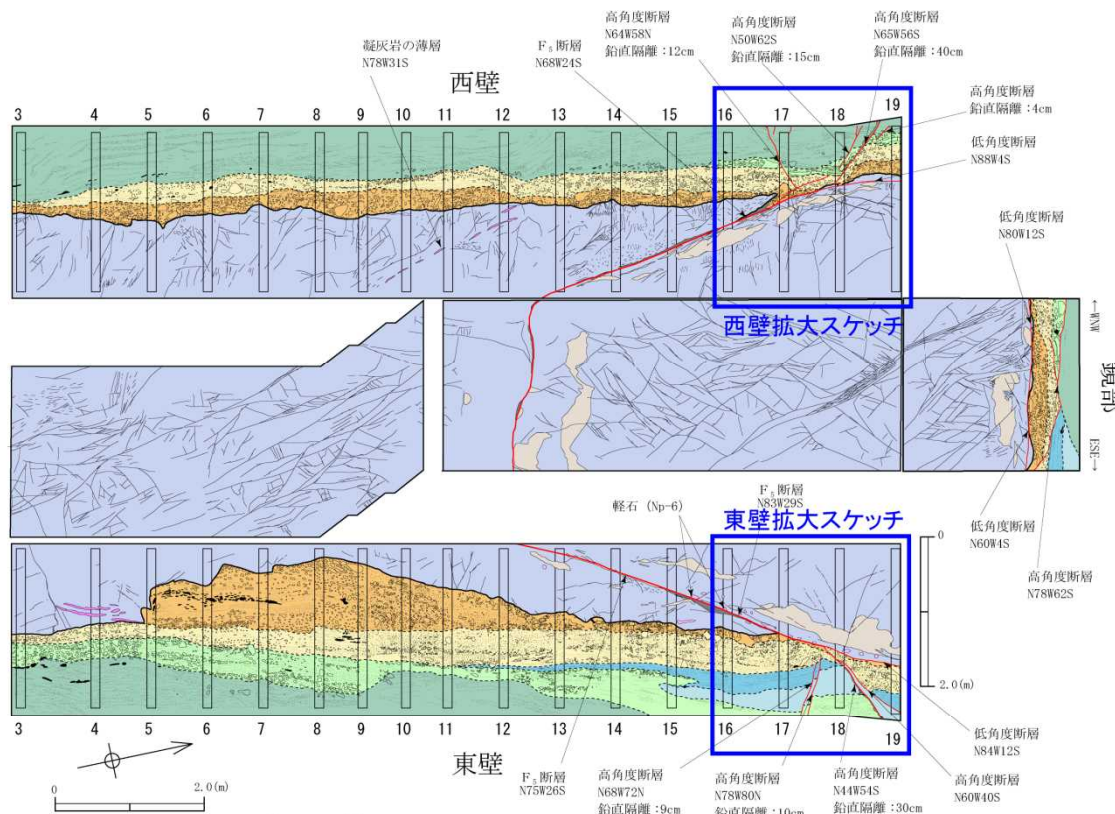
（F5立坑調査）



荒浜側立坑調査位置図



F5立坑断面図



F5横坑部地質展開図

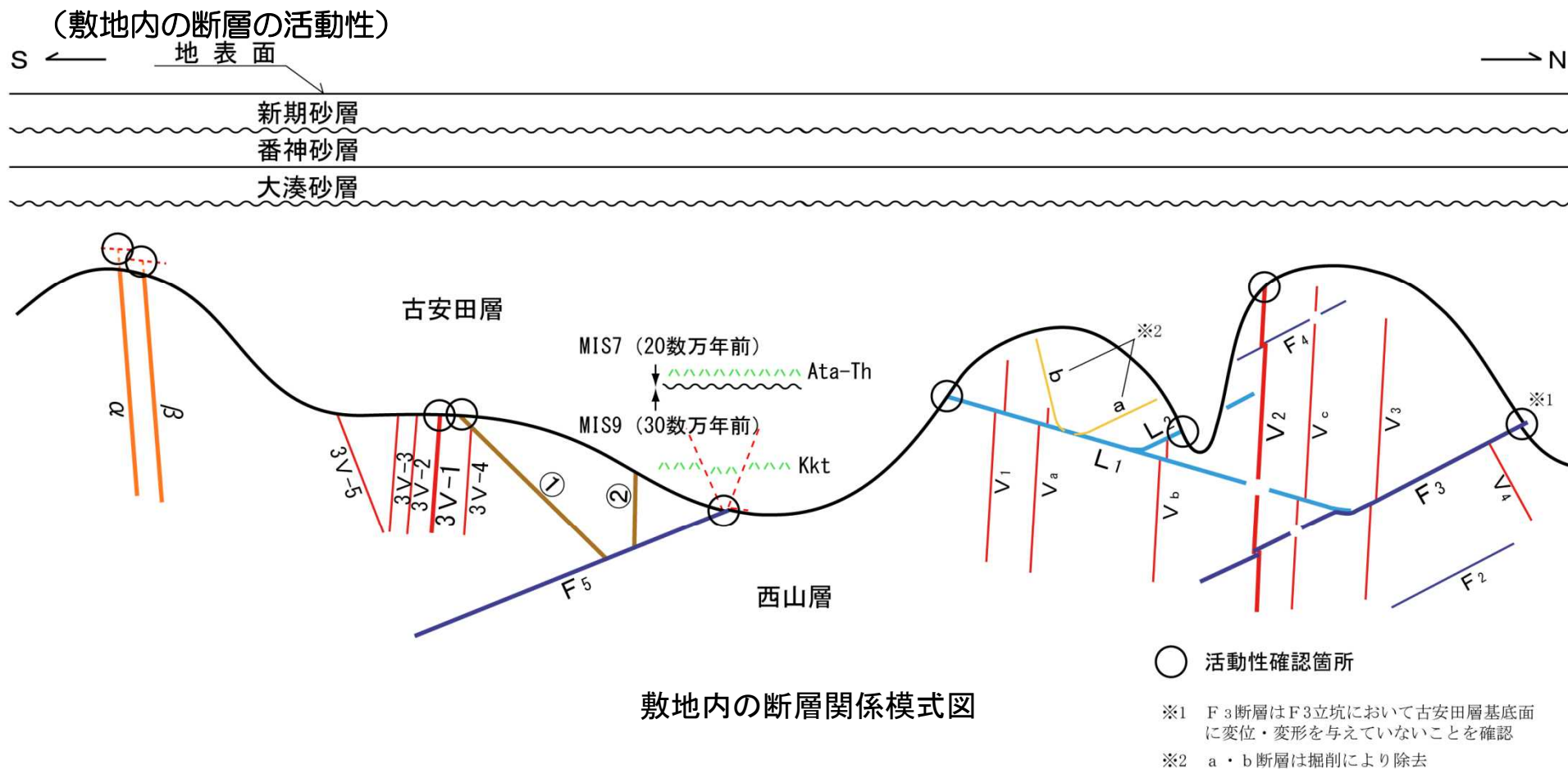
凡 例	
古安田層	シルト質細粒砂～砂質シルト・細粒砂互層
	含泥岩礫砂層
	シルト層（シルト角礫層）
	シルト層（平行葉理）
	礫混じり砂層
	砂礫層
西山層	泥岩
	F <sub>5</sub> 断層
	断層
	割れ目
	地層境界
	層相境界
	葉理
	木片
	礫
	破砕部：粘土
	軽石散在部
	ノジュール
	凝灰岩
	変色部

走向傾斜は偏角未補正

- 立坑調査の結果，F<sub>5</sub>断層，高角度断層および低角度断層を確認した。
- 壁面観察の結果，F<sub>5</sub>断層は古安田層に逆断層変位を与えていない。



## 1.2 地質・地質構造（敷地近傍・敷地内ボーリング調査）

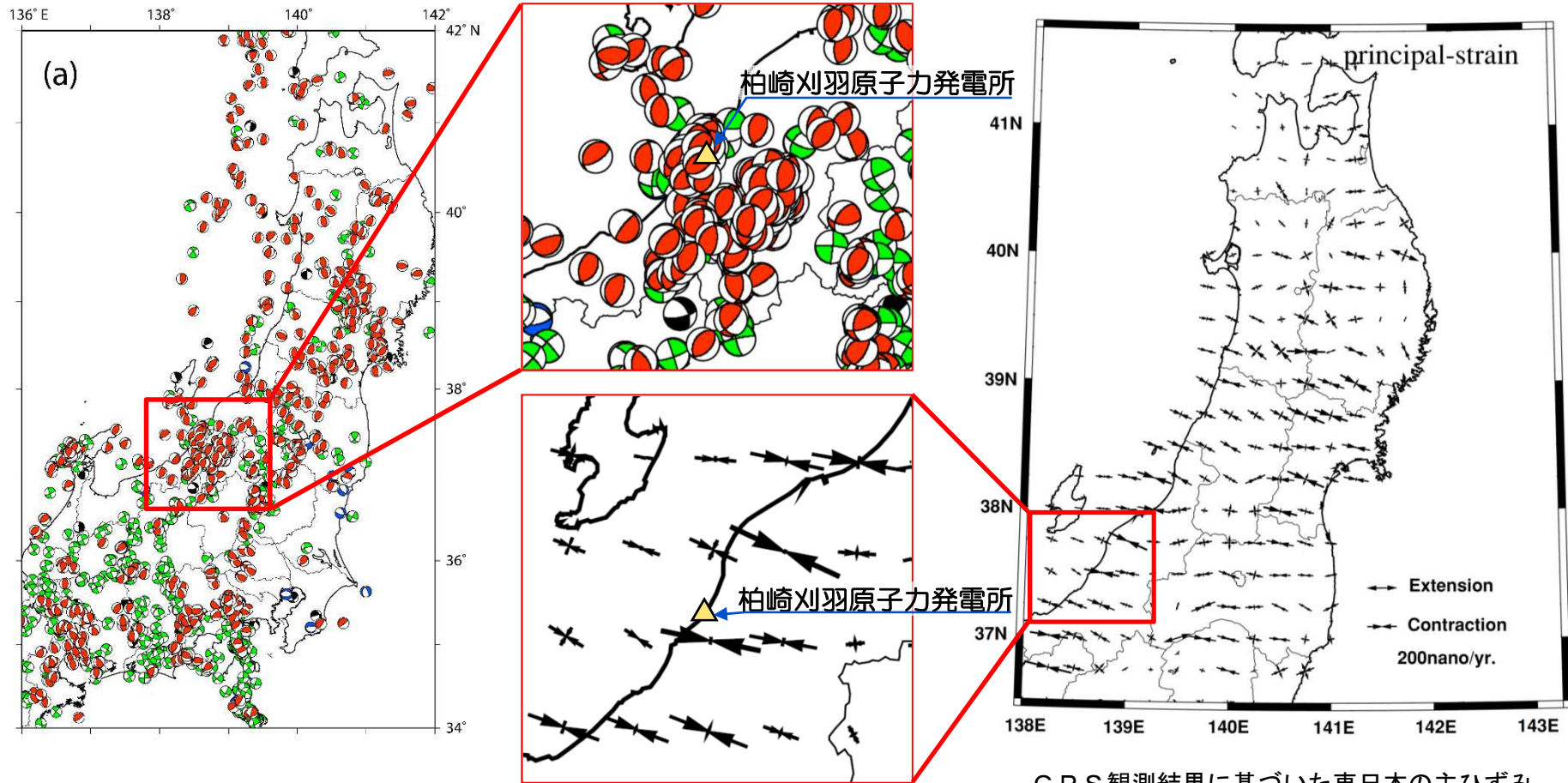


敷地内の断層関係模式図

- 敷地内には褶曲運動に伴って形成された断層が複数確認されているが、いずれの断層についても少なくとも古安田層堆積終了以降の活動は認められないことを確認している。

# 1.3 応力場（文献調査・測量結果）

（柏崎周辺の応力場）



東日本の自然地震震源分布図

Yoshida et al. (2012) より抜粋

G P S 観測結果に基づいた東日本の主ひずみ

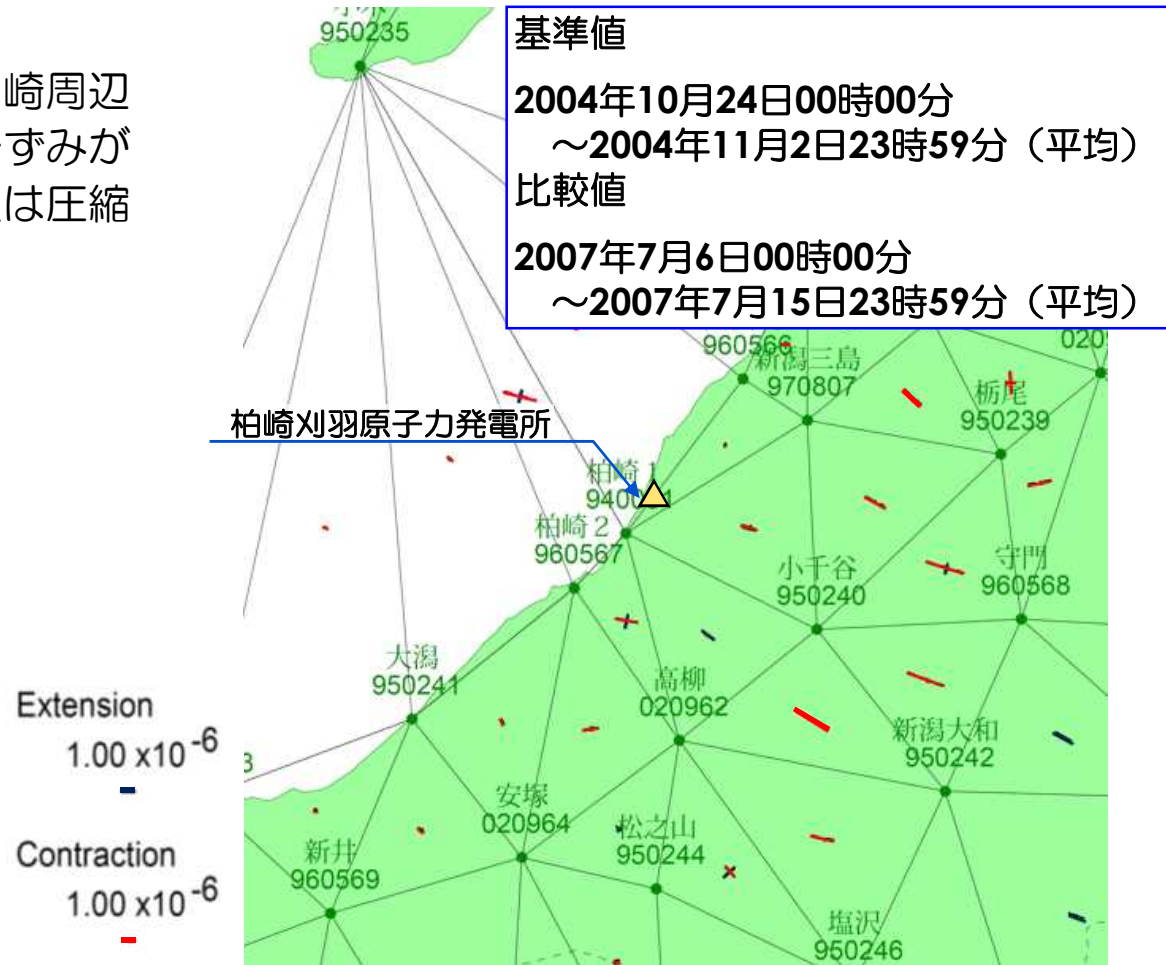
Miura et al. (2004) より抜粋

- 柏崎地域を含む東北日本は、概ね東西方向の圧縮応力による逆断層が卓越すること（Yoshida et al.(2012)）、GPS観測結果(Miura et al.(2004)など)によって分析された主ひずみは概ね東西方向の圧縮ひずみが卓越することから、敷地周辺は圧縮応力場と考えられる。

# 1.3 応力場（文献調査・測量結果）

（柏崎周辺の応力場）

- GPS観測結果によると、柏崎周辺地域は概ね東西方向の圧縮ひずみが卓越することから、敷地周辺は圧縮応力場と考えられる。



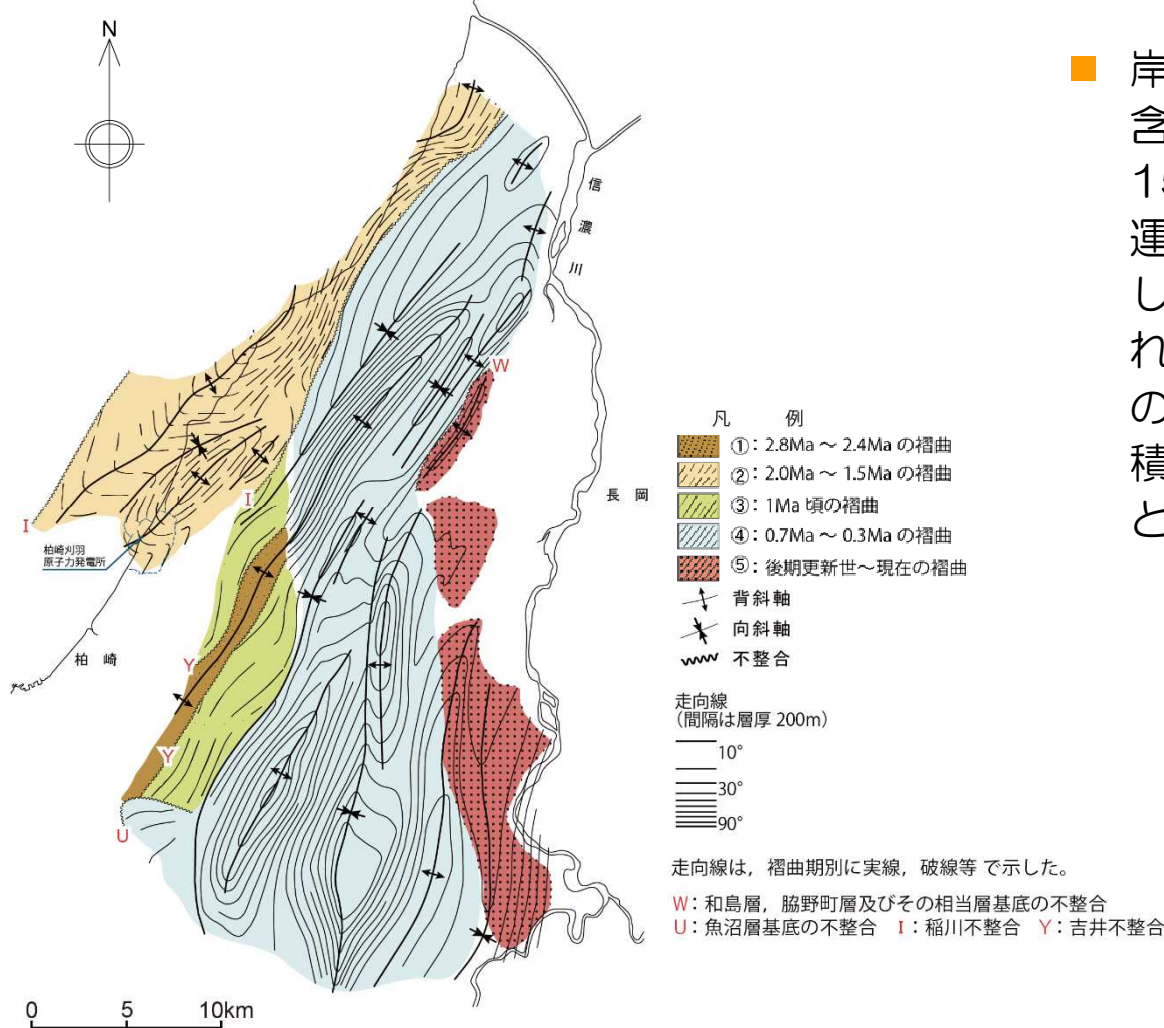
「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。（承認番号 平20業使、第226号）」

主ひずみ分布図



# 1.3 応力場（文献調査・測量結果）

（鮮新世～更新世の褶曲形成史）



岸ほか（1996）による柏崎及び周辺地域の褶曲形成史

- 岸・宮脇(1996)によると、敷地を含む寺泊・西山丘陵の褶曲運動は約150万年前以降停止しており、褶曲運動の活発な場所は西から東へ移動し、現在は信濃川左岸が活動域とされている。また、敷地近傍及び敷地の褶曲構造は少なくとも古安田層堆積終了以降の活動は認められないことを確認している。

## 1.4 総合評価（褶曲構造に関連したF<sub>5</sub>断層の運動に関する調査・評価）

### 【地形】

- リニアメントが判読されず、多数のボーリング調査の結果からも西山層上限面に系統的な標高差などは確認されないことから、F<sub>5</sub>断層全体が中期更新世以降に累積的な活動を行っているとは考えられない。

### 【地質・地質構造】

- F<sub>5</sub>断層は敷地近傍・敷地の西山層の褶曲の成長に伴い形成され、褶曲の成長時期（前期更新世）に逆断層として活動したと考えられるが、敷地近傍・敷地の褶曲運動は少なくとも古安田層堆積終了以降の活動は認められず、褶曲運動の停止とともにその活動を停止していると考えられる。

### 【応力場】

- 敷地周辺は圧縮応力場にあると考えられるが、少なくとも古安田層堆積終了以降の敷地近傍・敷地の褶曲運動は停止しており、現在は信濃川左岸が活発な活動域と考えられる。
- 以上のことから、地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した結果、褶曲運動と関連するF<sub>5</sub>断層については、少なくとも古安田層堆積終了以降の活動は認められないと判断される。

---

1 褶曲構造に関連したF<sub>5</sub>断層の運動に関する調査・評価

1.1 地形

1.2 地質・地質構造

1.3 応力場

1.4 総合評価

2 褶曲構造に関連しないF<sub>5</sub>断層の運動に関する調査・評価

2.1 地形

2.2 地質・地質構造

2.3 応力場

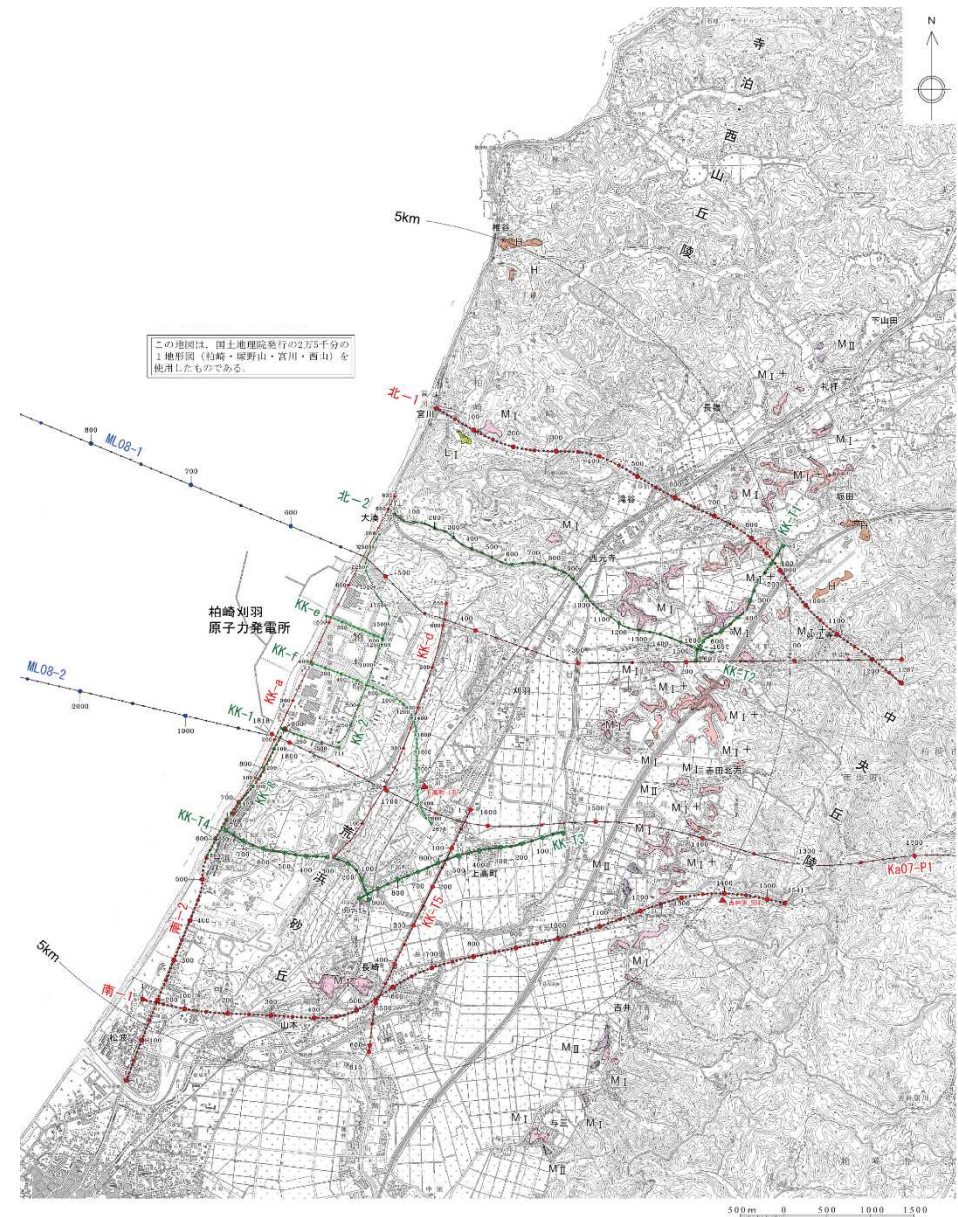
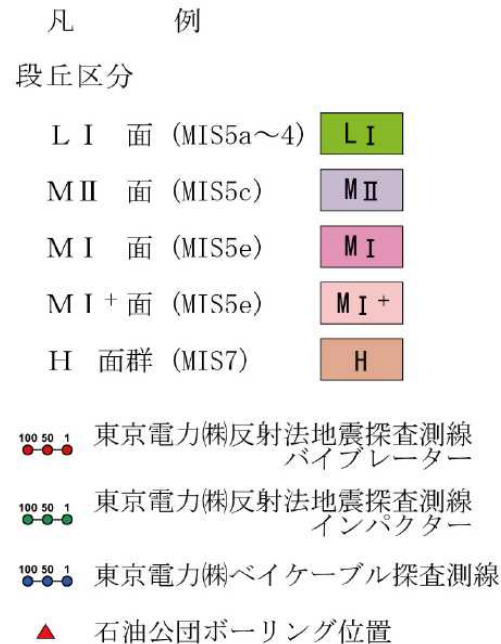
2.4 総合評価



# 2.1 地形（文献調査・空中写真判読）

## （敷地及び敷地近傍の変動地形）

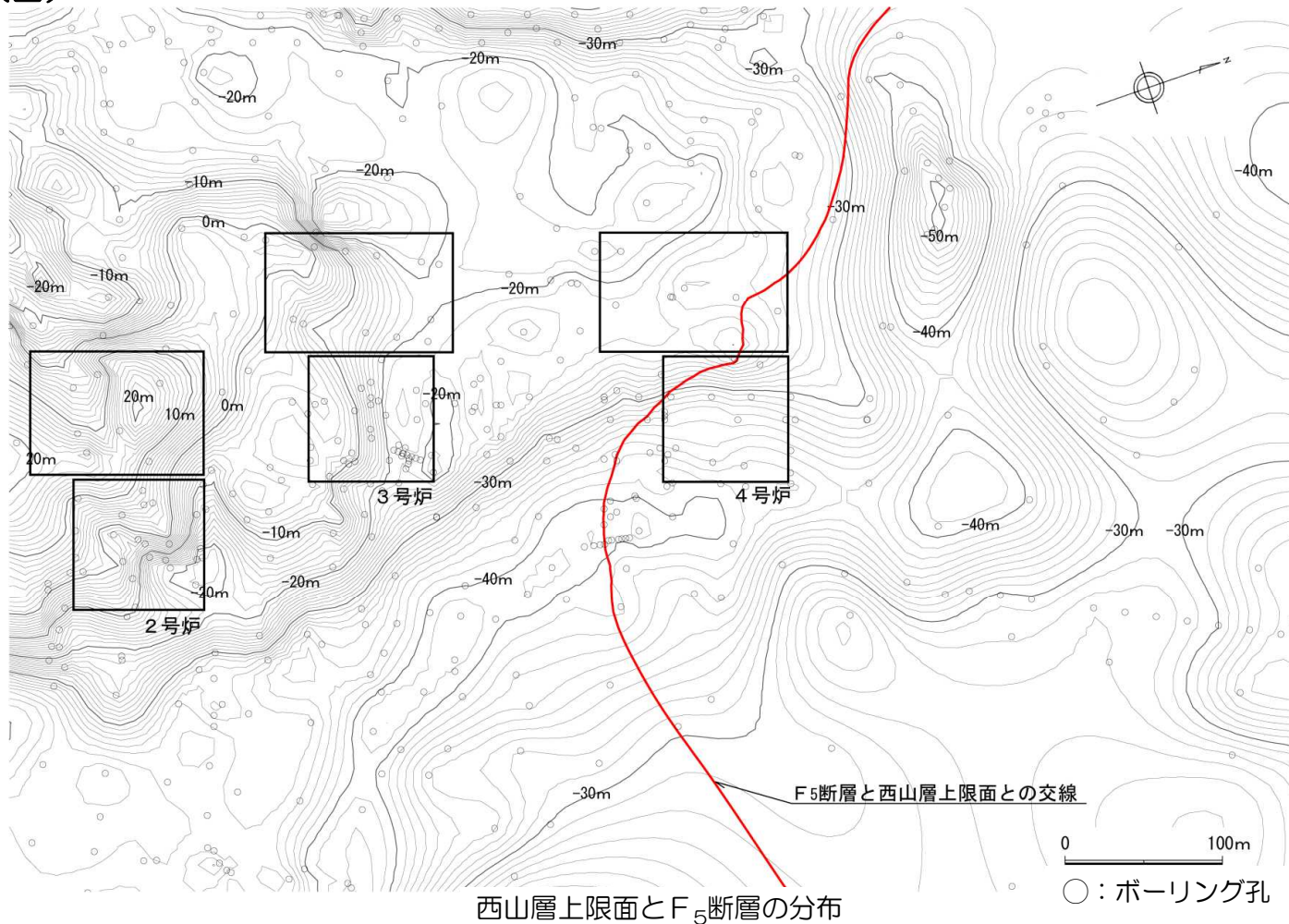
- [新編]日本の活断層（1991）や活断層デジタルマップ（2002）等いずれの文献においても、敷地及び敷地近傍にリニアメントは認められない。
- 空中写真判読の結果によると、敷地近傍の柏崎平野周辺に分布する段丘面は、段丘面の標高、分布形態、連続性、面の開析程度等により、高位からH面群、M<sub>I</sub><sup>+</sup>面、M<sub>I</sub>面、M<sub>II</sub>面及びL<sub>I</sub>面に区分される。
- 最も広く分布する段丘面はM<sub>I</sub>面である。
- 敷地及び敷地近傍にリニアメントは判読されない。



## 2.1 地形（古地形）

P.6再掲

（西山層上限面）

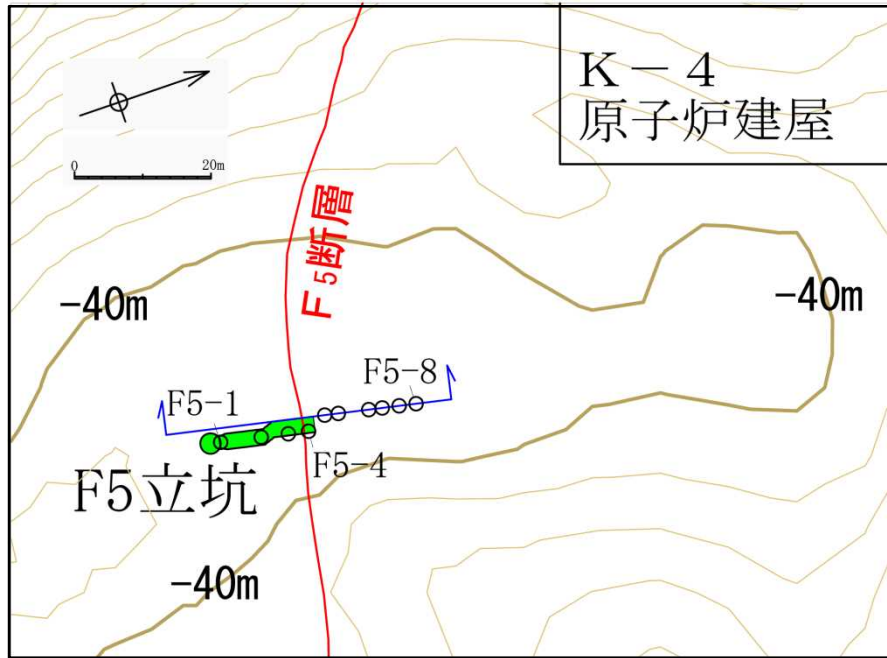


- 西山層上限面は、F<sub>5</sub>断層を境して系統的な地形の屈曲や段差などが認められないことから、F<sub>5</sub>断層の中期更新世以降の累積的な断層活動は推定されない。



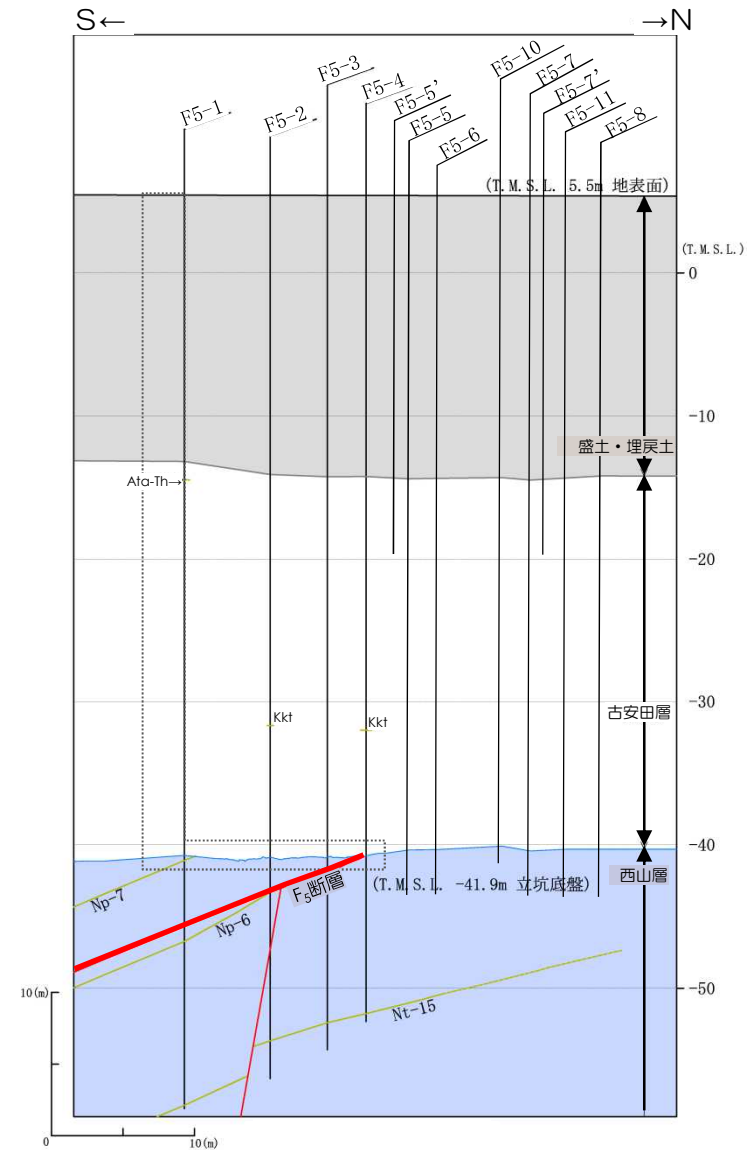
## 2.2 地質・地質構造（立坑調査）

（F5立坑調査）



F5立坑ボーリング配置図

- 古安田層中の高角度断層，低角度断層および条線がNE-SW~N-S方向を示すF<sub>5</sub>断層の活動性を評価するため，ボーリング調査を行った。

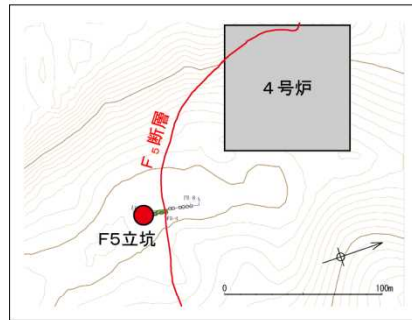


F5立坑ボーリング調査

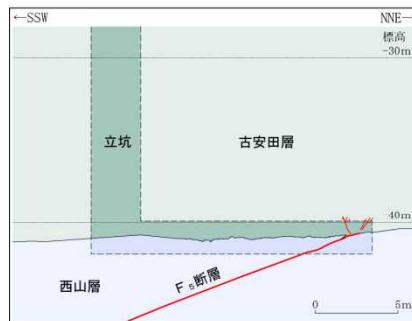


## 2.2 地質・地質構造（立坑調査）

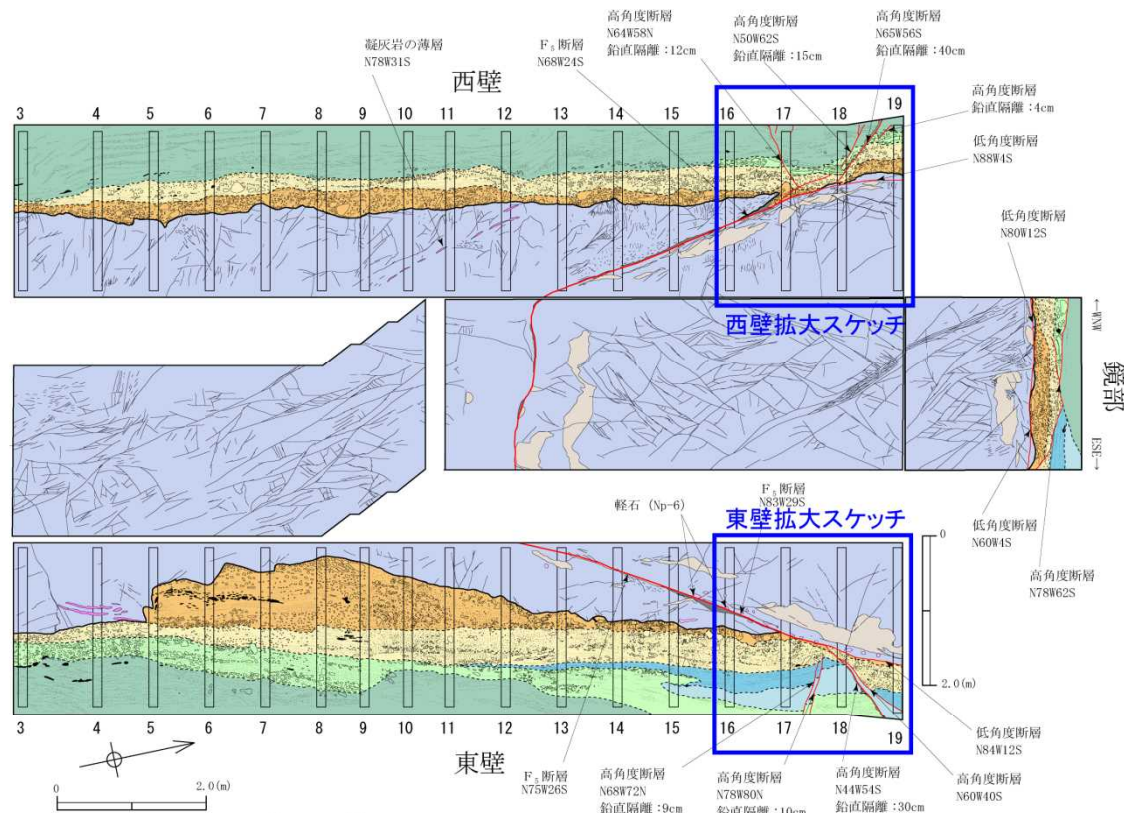
### （F5立坑調査（横坑部））



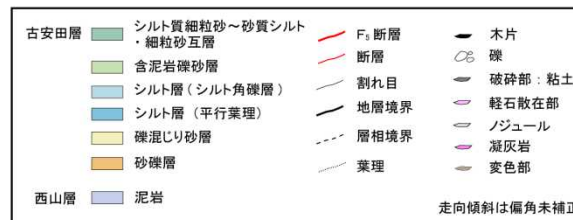
荒浜側立坑調査位置図



F5立坑断面図



凡例

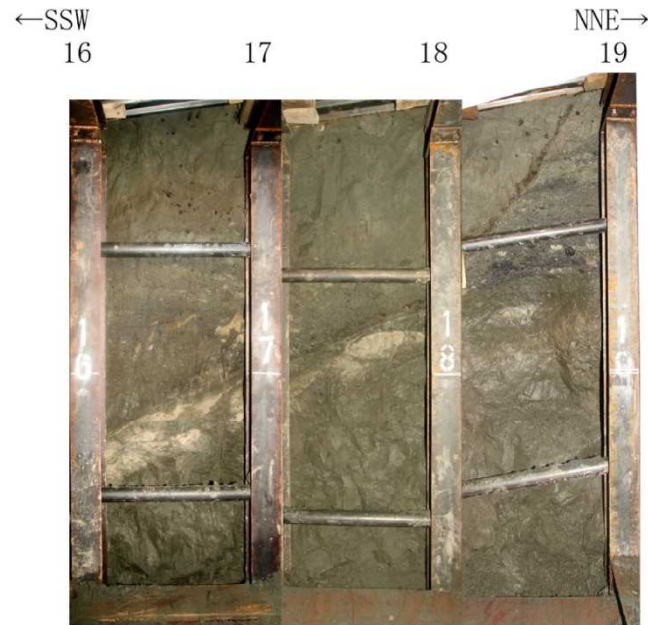


F5横坑部地質展開図

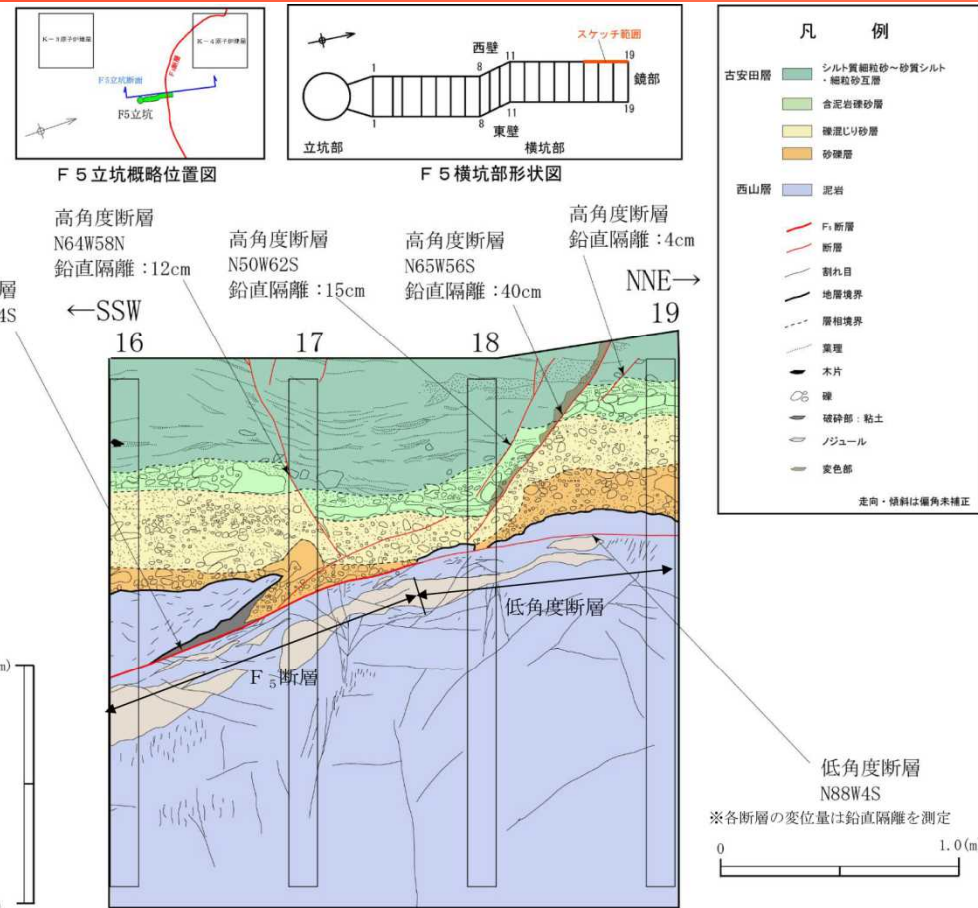
- F<sub>5</sub>断層が古安田層と接する位置付近において、南傾斜・北傾斜の共役な高角度断層及び低角度断層が確認された。

## 2.2 地質・地質構造（立坑調査）

（F5立坑調査（西壁））



F5横坑部西壁16-19基写真

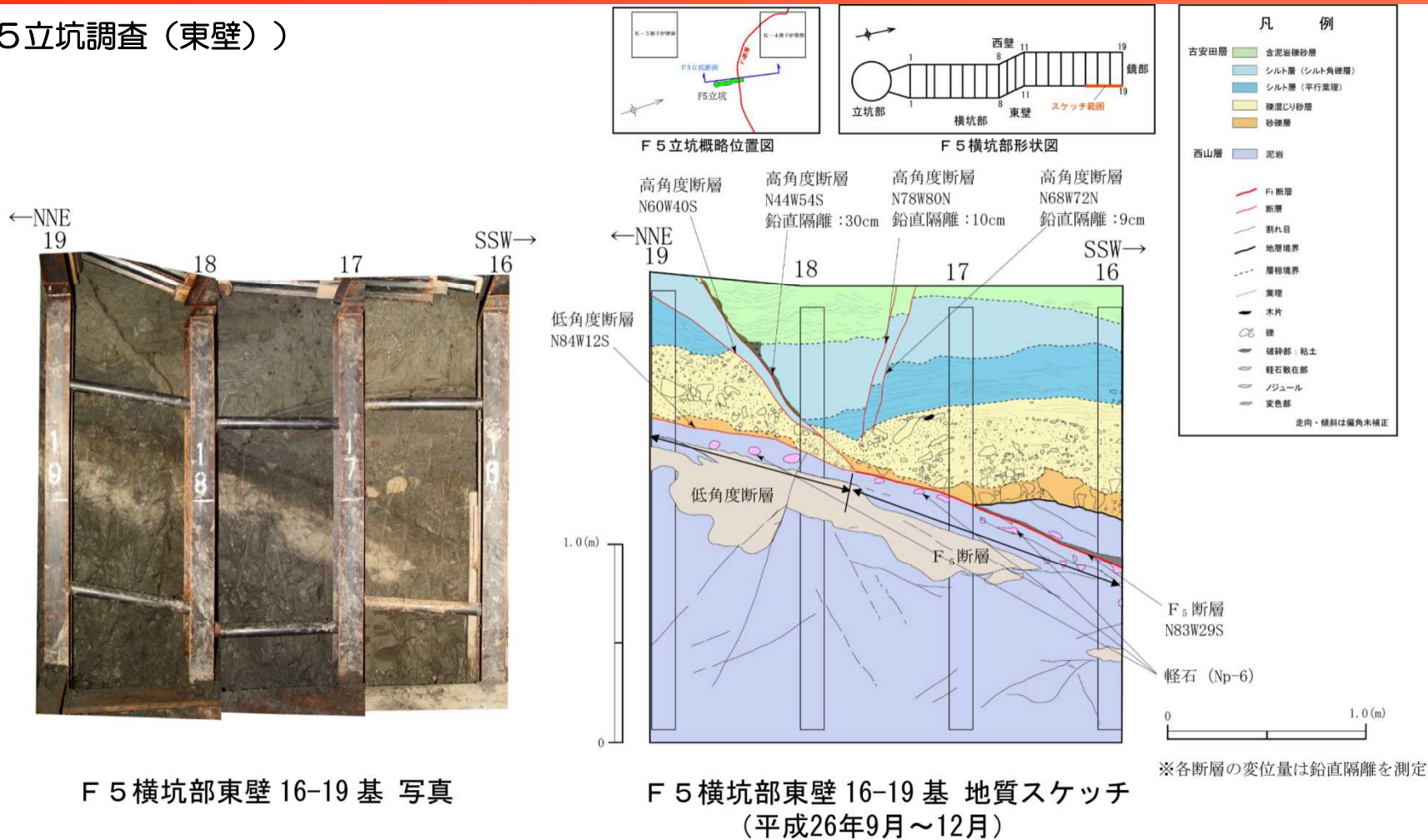


F5横坑部西壁16-19基地質スケッチ  
（平成26年9月～12月）

- 古安田層中の高角度断層は、F<sub>5</sub>断層の直上に北傾斜と南傾斜の正断層としてV字状に分布し、その間の地層が落ち込んでいる。
- 高角度断層の鉛直変位量は、南傾斜の断層が大きく、最大で約40cm程度である。

## 2.2 地質・地質構造（立坑調査）

（F5立坑調査（東壁））



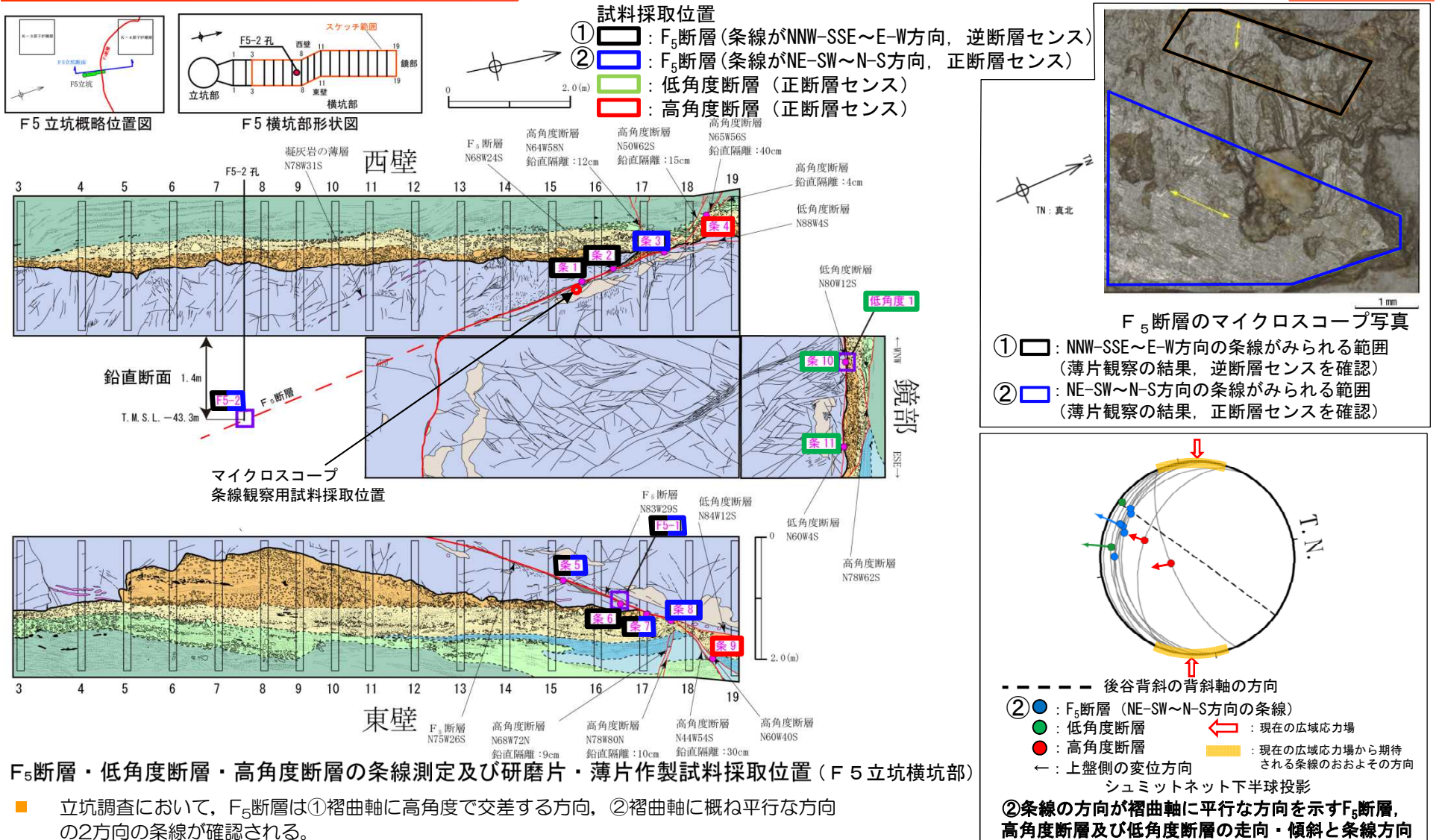
F5横坑部東壁16-19基写真

F5横坑部東壁16-19基地質スケッチ  
(平成26年9月~12月)

- 古安田層中の高角度断層は、F<sub>5</sub>断層の直上に北傾斜と南傾斜の正断層としてV字状に分布し、その間の地層が落ち込んでいる。

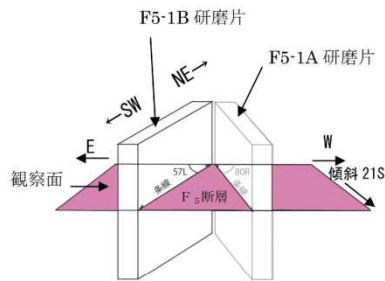


## 2.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

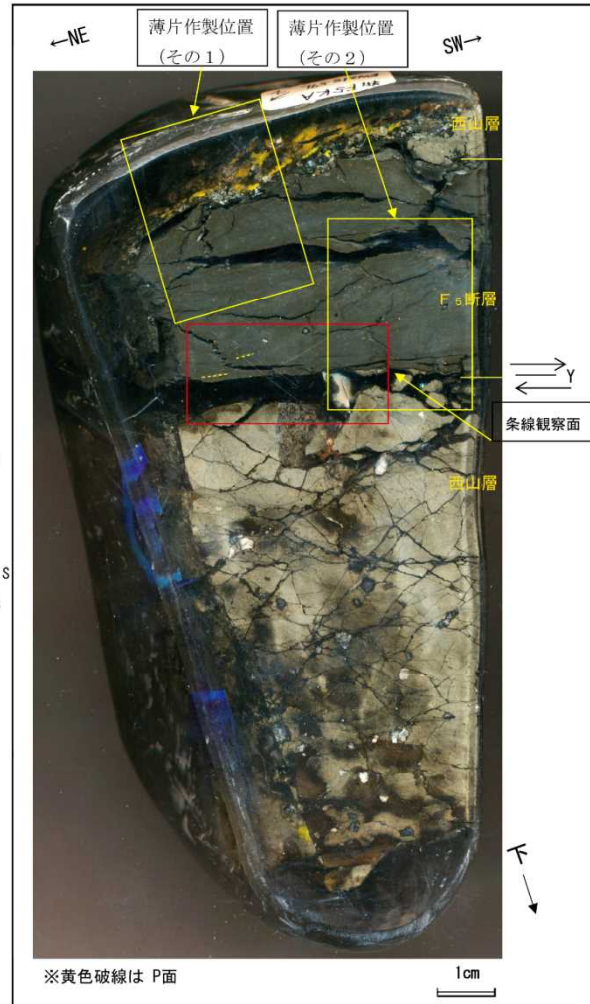


## 2.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

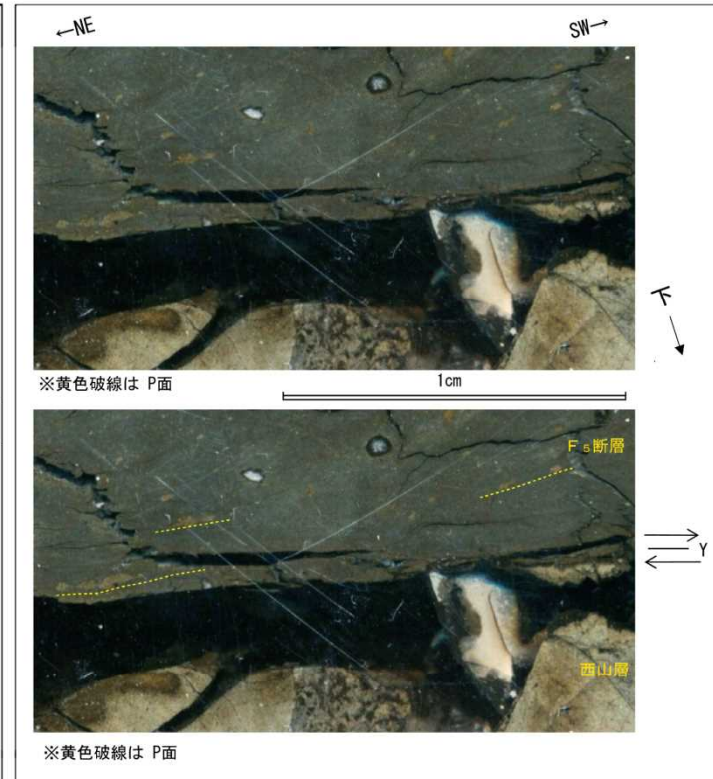
（F5-1B 研磨片）



- 研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。



F5-1B 研磨片観察結果



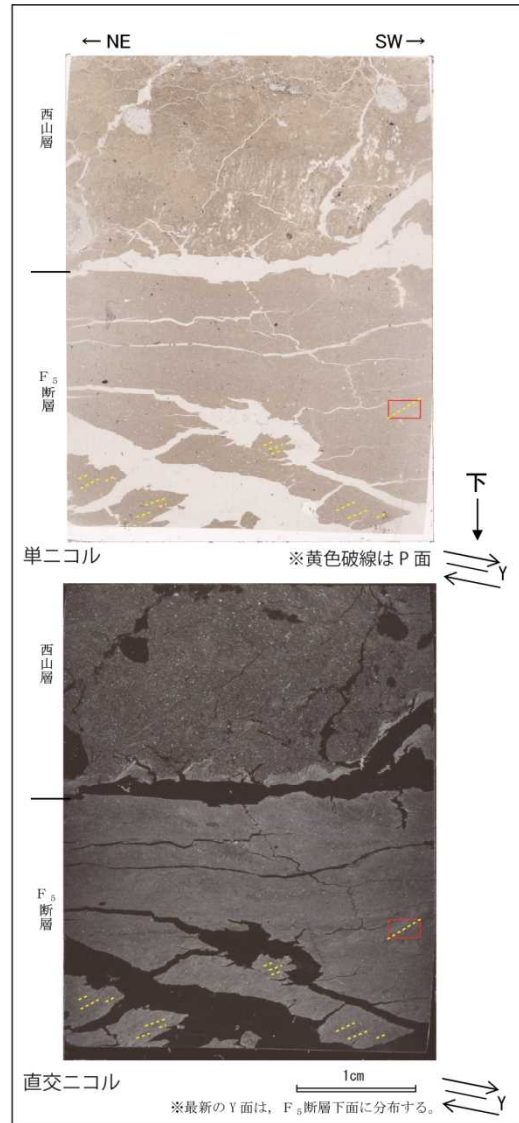
F5-1B 研磨片観察結果(赤枠内拡大)

- F<sub>5</sub>断層粘土部のNE方向下がりの細片の長軸方向の配列がP面と判断され、断層面との配置から、上盤側がSW方向へ向かう正断層変位が推定される。

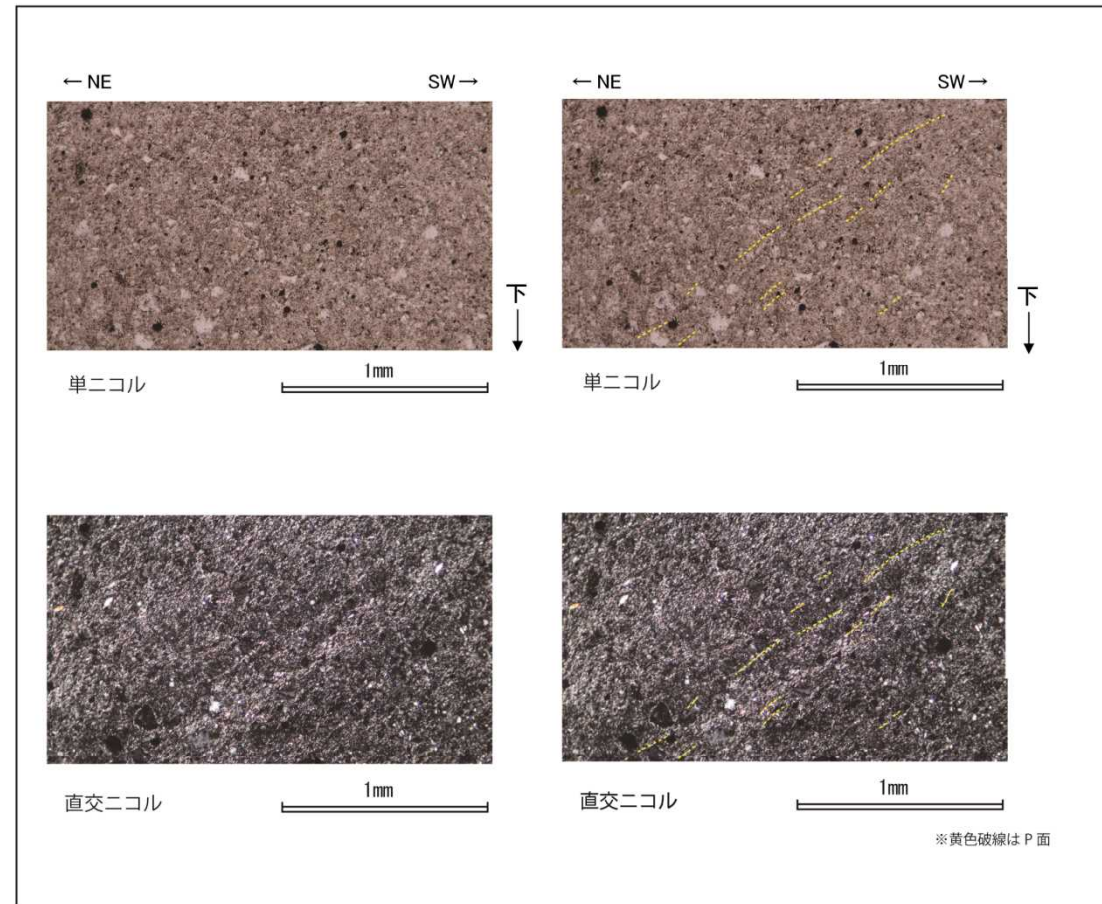


## 2.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

(F5-1B 薄片1)



F5-1B(その1) 薄片観察結果



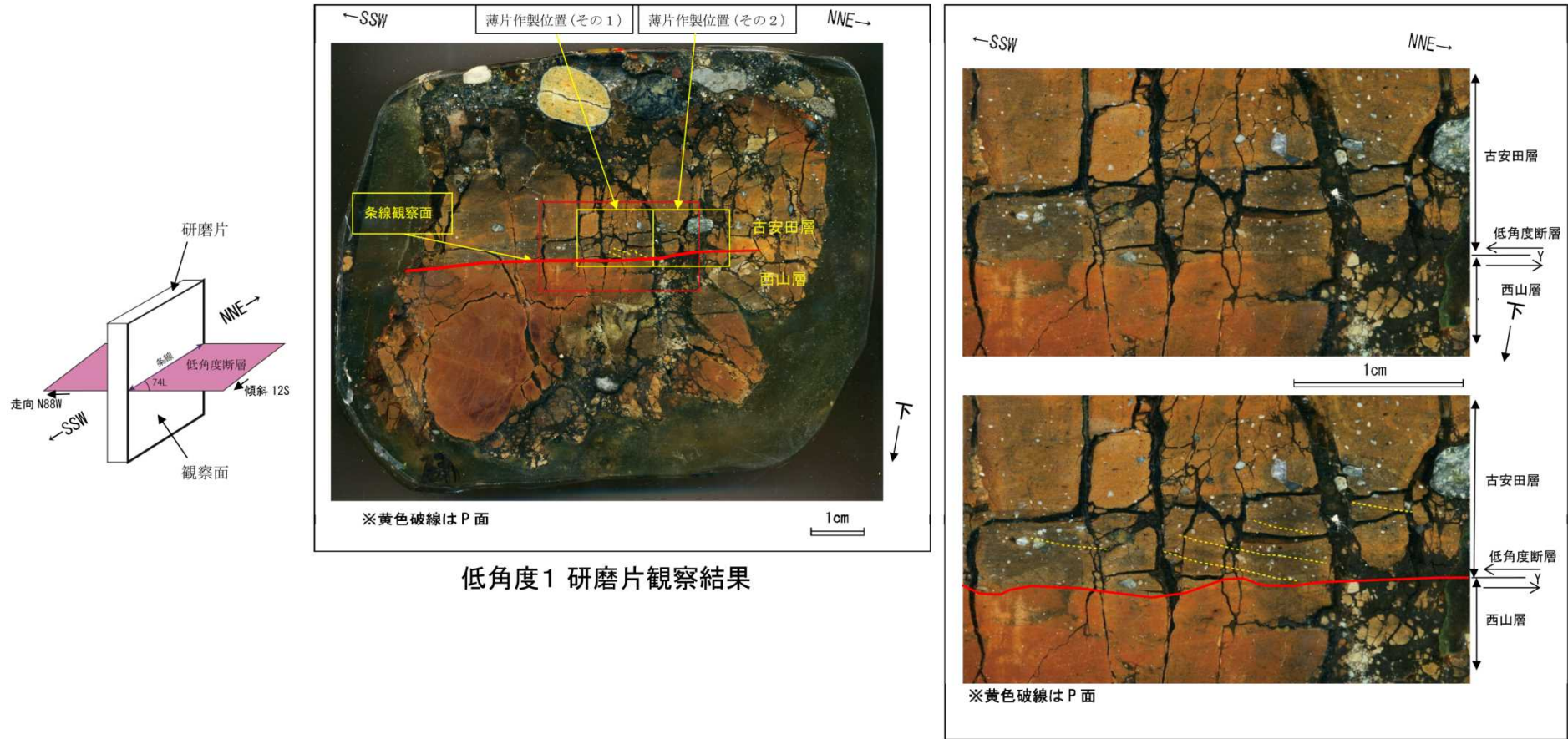
F5-1B(その1) 薄片観察結果(赤枠内の拡大)

- F<sub>5</sub>断層粘土部のNE方向下がりの系統的な粘土鉱物の配列がP面と判断され、断層面との配置から、上盤側がSW方向へ向かう正断層変位が推定される。



## 2.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

（低角度1 研磨片）



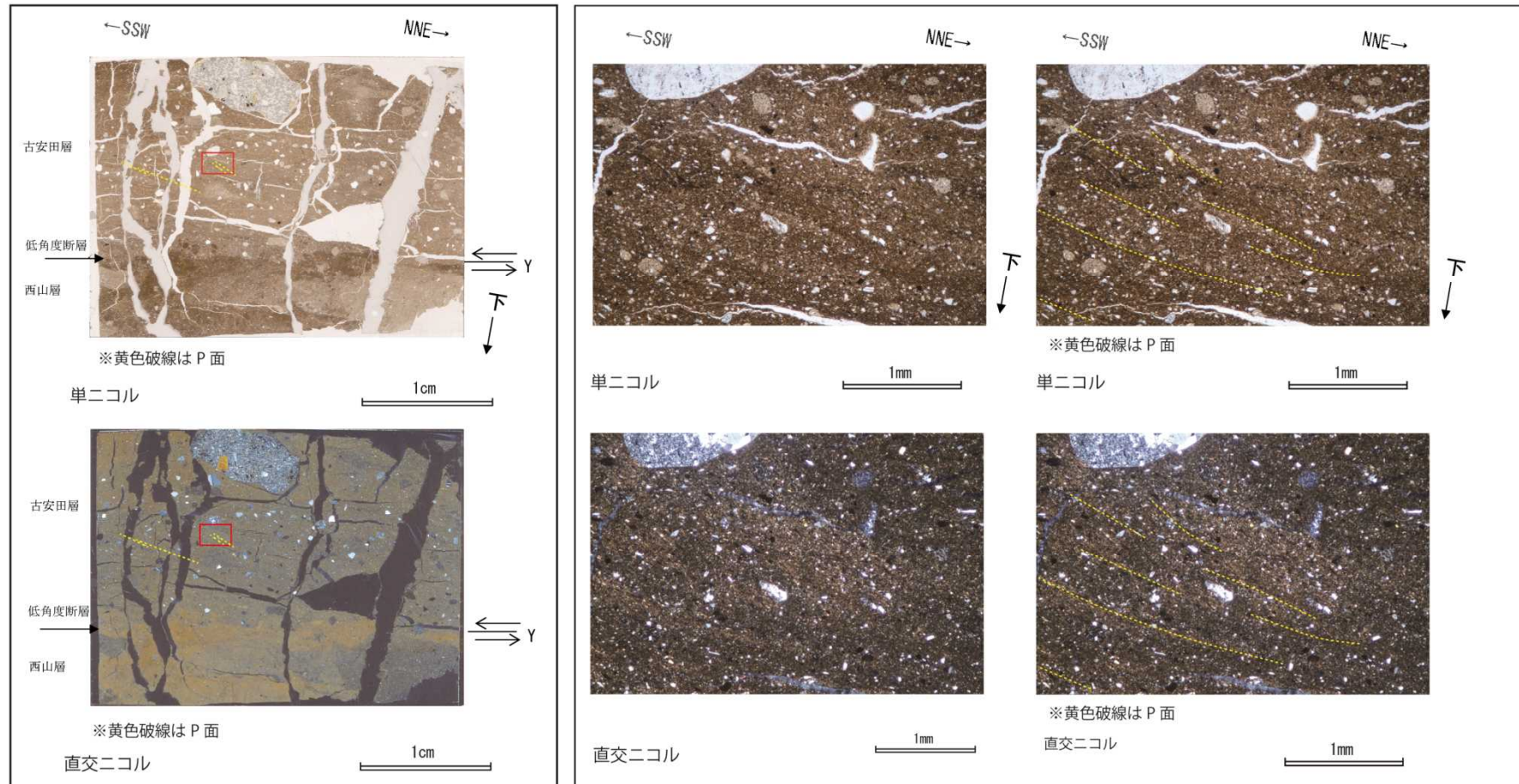
低角度1 研磨片観察結果

低角度1 研磨片観察結果(赤枠内拡大)

- 研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。
- 低角度断層上盤側のNNE方向下がりの砂粒子の配列及び褐色シルト層がP面と判断され、断層面との配置から、上盤側がSSW方向へ向かう正断層変位が推定される。

## 2.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

（低角度1薄片1）



低角度1(その1) 薄片観察結果

低角度1(その1) 薄片観察結果(赤枠内の拡大)

- 低角度断層上盤側のNNE方向下がりの系統的な粘土鉱物の配列及び石英粒子の長軸の配列がP面と判断され、断層面との配置から、上盤側がSSW方向へ向かう正断層変位が推定される。



## 2.2 地質・地質構造（文献調査）

（模型実験との比較）

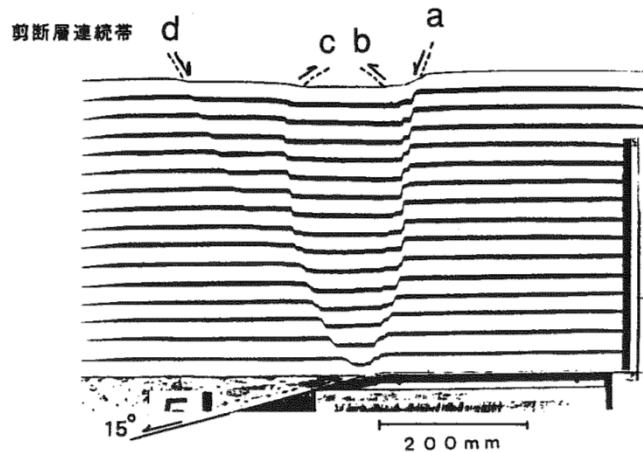
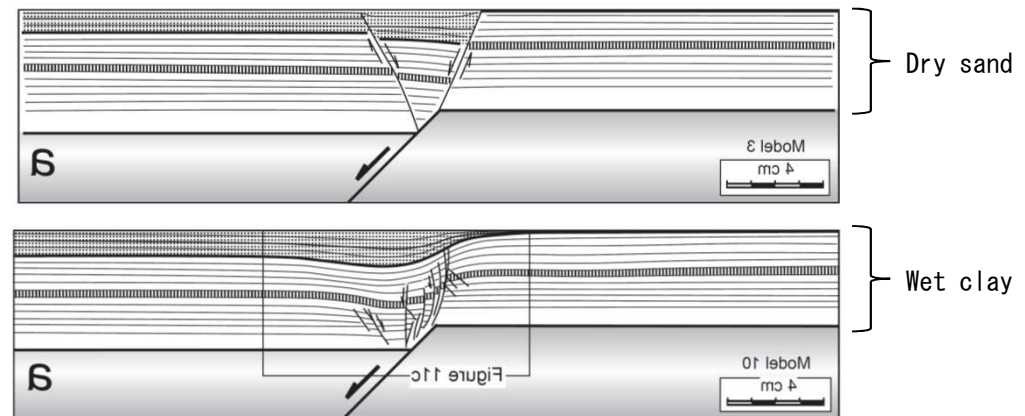


図-9 剪断層及び剪断層連続帯の形状

（正断層（ $\alpha=15^\circ$ ），鉛直変位量：5.0mm）

豊浦標準砂地盤層厚：400mm）

上田ほか（1999）より抜粋



Withjack, M. O., and Callaway, J. S., (2000) を反転・追記

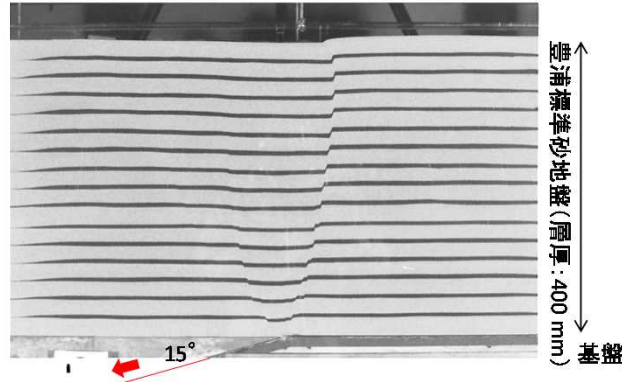
- 複数の文献において、基盤の正断層変位によって断層と上載層の接する位置付近に共役な正断層が形成され、中央が落ち込む形態を示すことが実験によって示されている。
- 立坑調査で確認された一連の正断層の形態は文献で示された断層と非常によく似ており、同様のメカニズムによって形成された可能性がある。



## 2.2 地質・地質構造（文献調査）

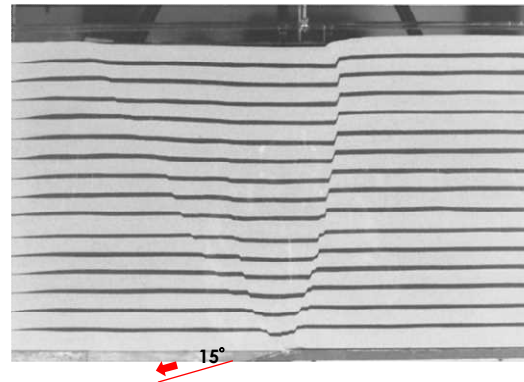
### （模型実験との比較）

基盤の断層変位量  
（鉛直変位量）:  $Dv = 3 \text{ mm}$



- ・ シンセティックな断層（基盤の断層と同じ方向に傾斜した副次断層）が発達後、アンチセティック（基盤の断層と反対に傾斜した副次断層）な断層も形成される。

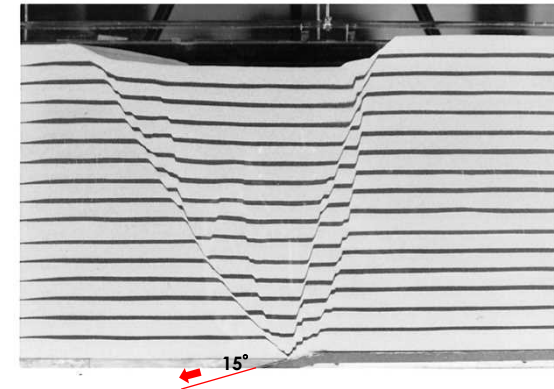
$Dv = 4 \text{ mm}$



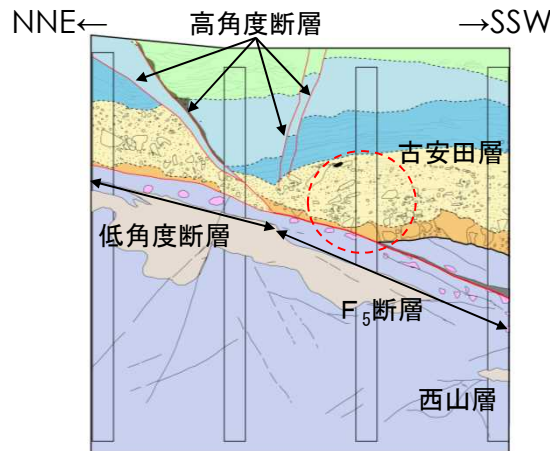
- ・ シンセティックな断層は、雁行状の配列が認められるものの、アンチセティックな断層のようなステップする構造は認められない。

（上田他（1999）の実験データの提供を受けて作成）

$Dv = 10 \text{ mm}$



- ・ 基盤の断層から、新たなシンセティックな断層が成長、発達する。
- ・ 最初に形成されたシンセティックな断層とアンチセティックな断層の間の地盤（地溝部）において、断層群の成長が顕著である。
- ・ 一方、最初に形成されたシンセティックな断層の下盤側においては、断層群の発達は認められない。

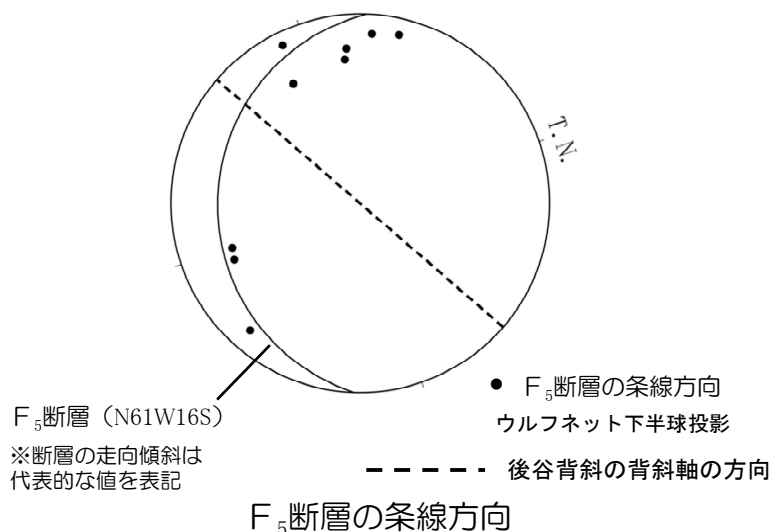
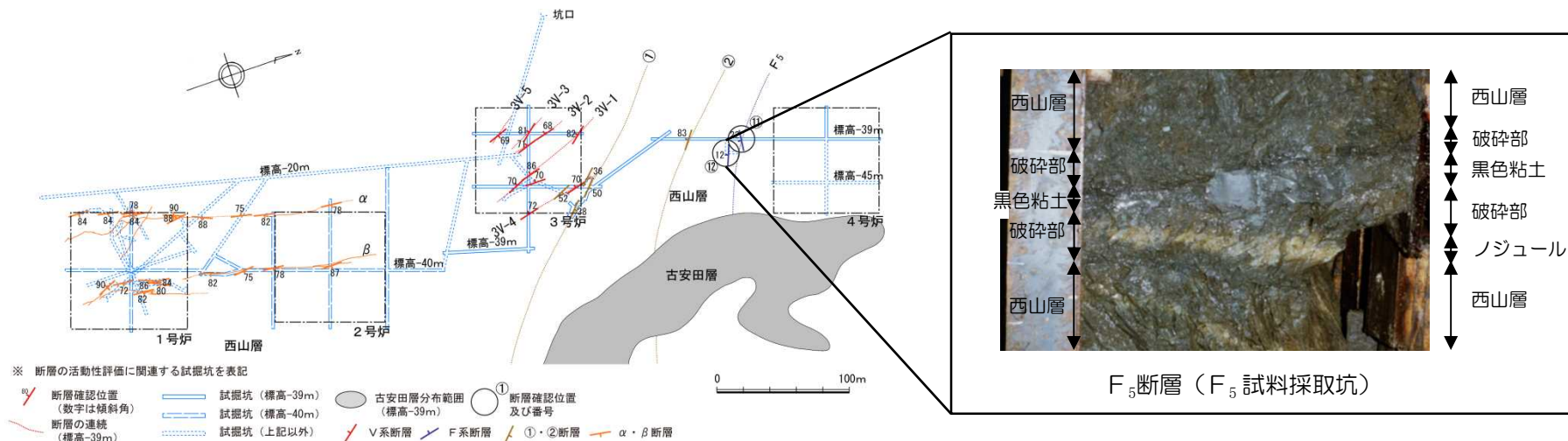


F 5 横坑部東壁16-19基地質スケッチ  
（平成26年9月～12月）

- 断層の成長過程を示す実験結果によると、基盤の断層の変位量が大きくなると、シンセティックな断層の上盤側に新たなシンセティックな断層の形成が確認される。
- $F_5$ 断層の壁面観察結果によると、南傾斜高角度断層の上盤側に位置の異なる複数のシンセティックな断層は確認されないことから、高角度断層の形成以降の活動はないと判断される。

## 2.2 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

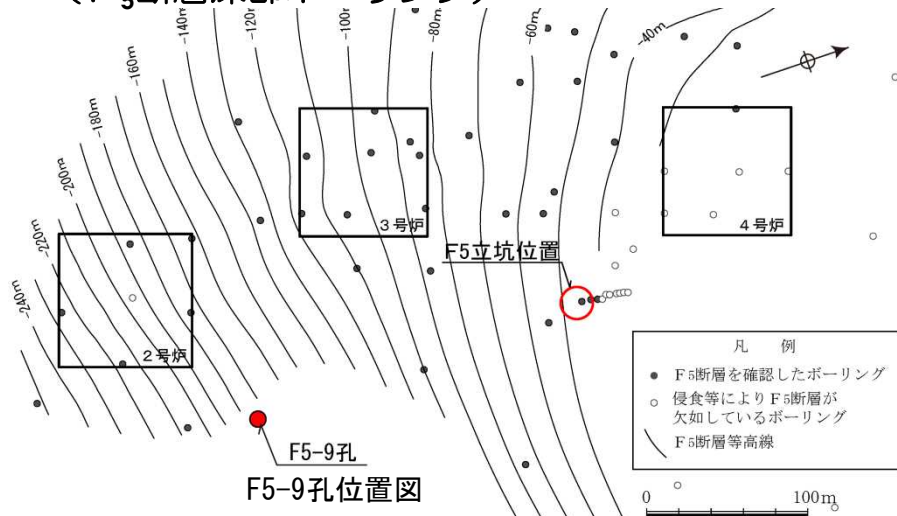
（F<sub>5</sub>断層試掘坑調査）



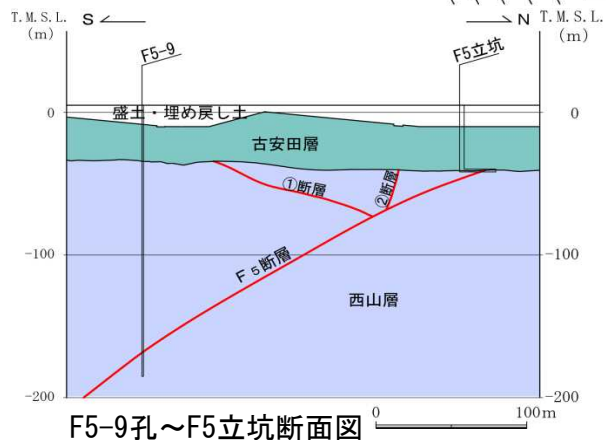
- F系断層は、WNW-ESE走向で南に緩く傾斜する西山層の層理面に平行な断層で、F<sub>5</sub>断層が分布する。
- 平均幅5cm程度の破碎部及び平均幅6.6cm程度の黑色粘土を伴う。
- 試掘坑（標高-39m付近、西山層の被り約10m）で確認されたF<sub>5</sub>断層の条線の方法は、一連の正断層の条線の方法と異なる。

## 2.2 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

（F<sub>5</sub>断層深部ボーリング）



F5-9孔位置図



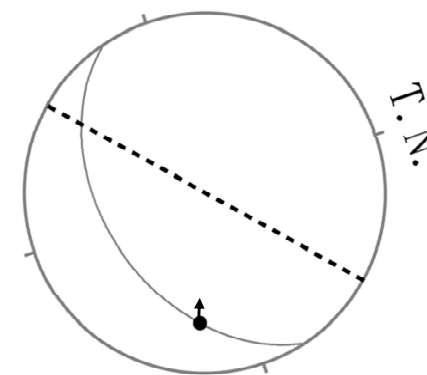
F5-9孔～F5立坑断面図



F<sub>5</sub>断層のコア写真（F5-9孔標高-168m（深度173m）付近）



断層面に見られる条線



--- 後谷背斜の背斜軸の方向  
● : F<sub>5</sub>断層の条線方向  
← : 上盤側の変位方向  
シュミットネット下半球投影  
条線方向

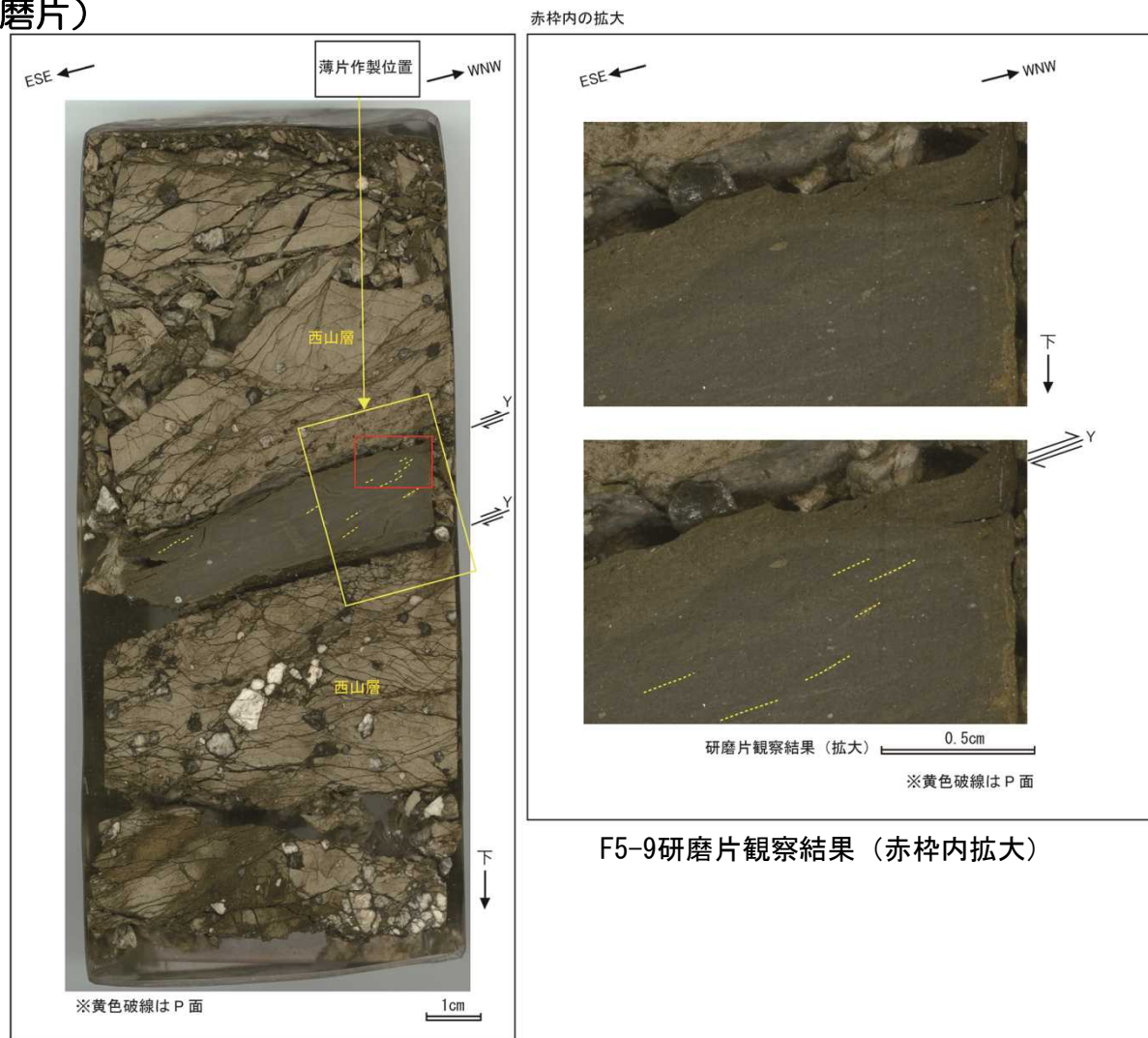
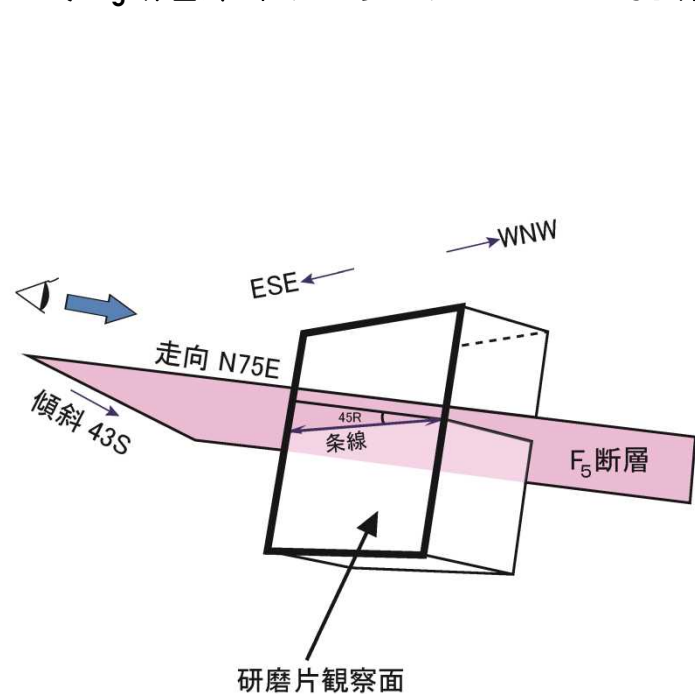
- 深部（標高-168m付近）のF<sub>5</sub>断層の条線は、褶曲軸に高角度で交差する方向を示し、研磨片・薄片観察の結果、その運動センスは逆断層センスであることを確認した。



## 2.2 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

P.15再掲

（F<sub>5</sub>断層深部ボーリング F5-9孔研磨片）



F5-9研磨片観察結果（赤枠内拡大）

- 研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。

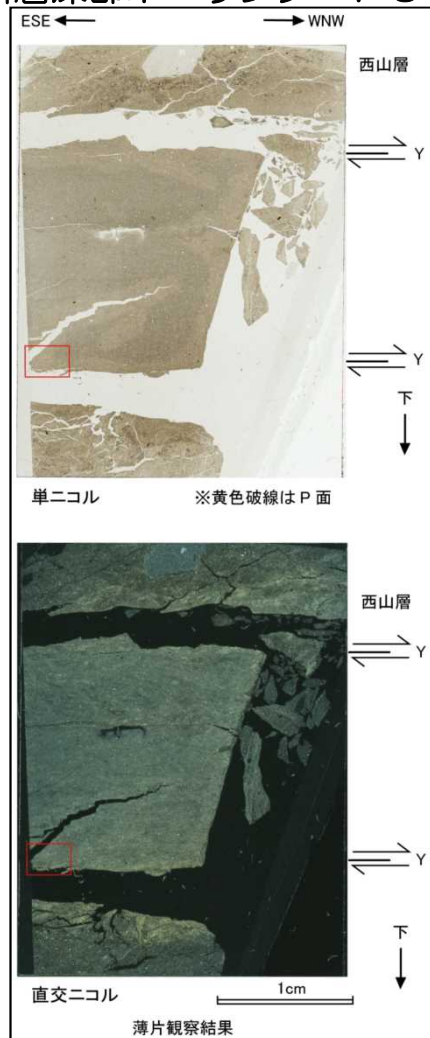
F5-9研磨片観察結果

- F<sub>5</sub>断層粘土部のESE方向下がりの系統的な粘土鉱物の配列がP面と判断され、断層面との配置から、上盤側がWNW方向へ向かう逆断層変位が推定される。

## 2.2 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

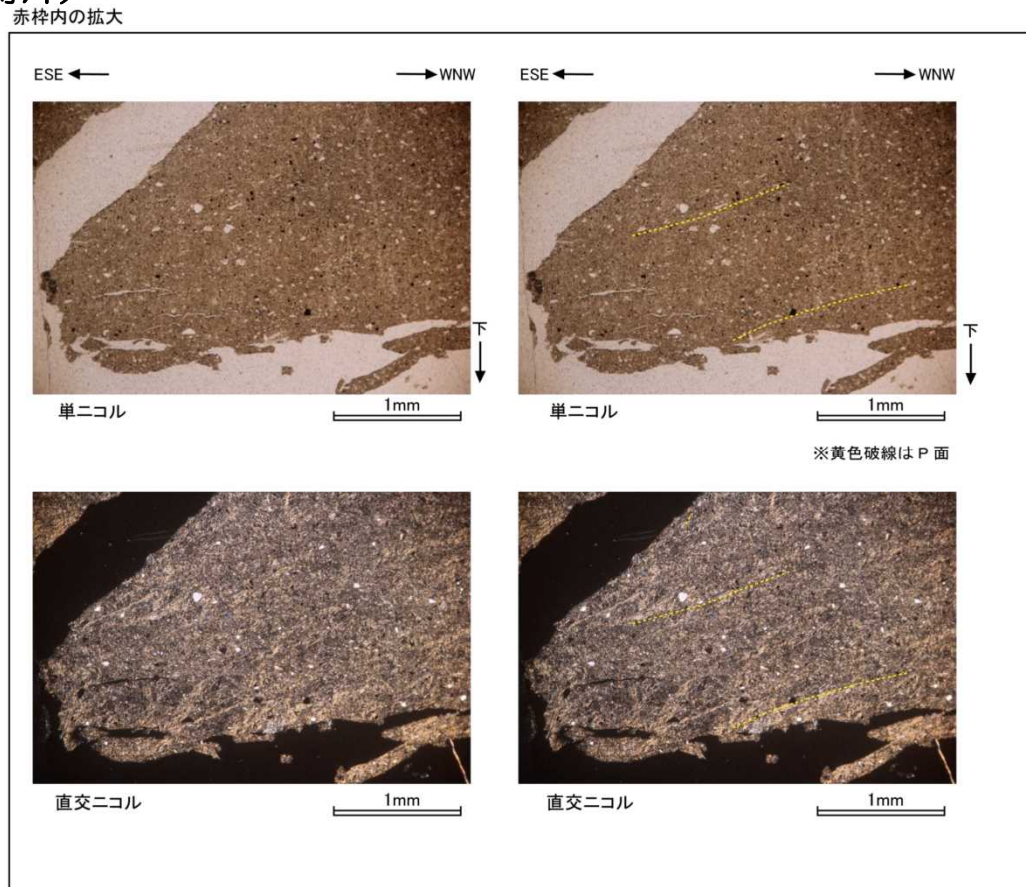
P.16再掲

（F<sub>5</sub>断層深部ボーリング F5-9孔薄片）

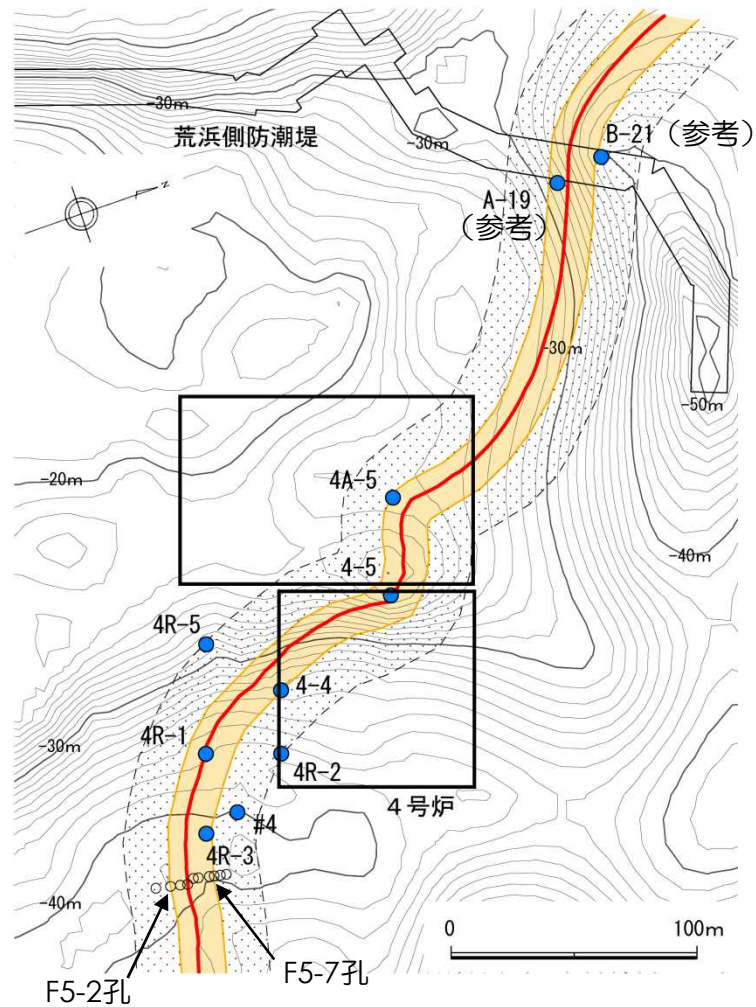


F5-9薄片観察結果

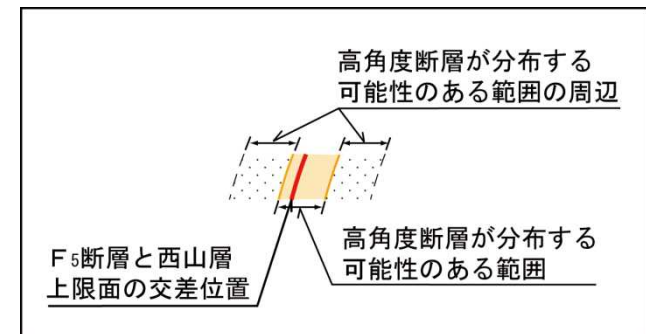
- F<sub>5</sub>断層粘土部のESE方向下がりの系統的な粘土鉱物の配列がP面と判断され、断層面との配置から、上盤側がWNW方向へ向かう逆断層変位が推定される。



## 2.2 地質・地質構造（一連の正断層の分布）



F<sub>5</sub>断層周辺の西山層上限面図



- F<sub>5</sub>断層が正断層として活動した場合，その直上に立坑調査で確認したと同様の高角度断層が確認されるはずであるが，F<sub>5</sub>断層と古安田層の接する位置付近の複数のボーリング調査では，いずれの孔においても高角度断層は確認されない。



## 2.2 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

（4A-5孔・4-5孔柱状図）

4A-5孔 柱状図

孔口標高：T.M.S.L.+8.73m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
8.00	0.73	8.00		盛土・埋め戻し土			0.00~8.00 盛土・埋め戻し土
17.07	-8.34	9.07		新期砂層・沖積層	褐色		8.00~17.07 細~中粒砂
32.45	-23.72	15.38		古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		17.07~21.71 シルト(一部細粒砂挟む) 21.71~23.37 細~中粒砂 23.37~31.55 シルト(一部細粒砂挟む)
				西山層	暗緑灰色		31.55~32.45 砂礫 32.45~160.80 泥岩 33.87 幅50mm粘土(F5) 33.87~40.00 へき開分布

4-5孔 柱状図

孔口標高：T.M.S.L.+6.47m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
				新期砂層・沖積層	褐色		0.00~14.29 細~粗粒砂
19.20	-12.73	19.20		古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		14.29~15.45 シルト 15.45~19.20 砂礫
27.10	-20.63	7.90		西山層	暗緑灰色		19.20~23.10 シルト 23.10~25.40 細粒砂 25.40~27.10 砂礫
							27.10~316.55 泥岩 27.10~37.50 へき開分布 28.15 幅20~25mm粘土(F5) 28.35~28.50 径1~5mm程度の軽石含む(Np-6)

# 2.2 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

（4R-5孔・4-4孔柱状図）

4R-5孔 柱状図

孔口標高：T.M.S.L.+8.53m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
3.00	5.53	3.00		新期砂層・沖積層  古安田層	褐色	▽ ≡	0.00～3.00 細粒砂
					黄褐色		3.00～3.50 中粒砂 3.50～6.00 シルト 6.00～9.20 中粒砂
					オリーブ灰色～暗緑灰色		9.20～12.95 シルト（一部細粒砂挟む） 12.95～20.30 細粒砂（一部シルト挟む）  20.30～32.60 シルト
36.95	-28.42	33.95		西山層	暗緑灰色		32.60～34.00 砂礫 34.00～36.95 礫混じりシルト
							36.95～311.65 泥岩
50							42.57～42.75 径1～2mm程度の軽石含む（Np-7）  49.52 幅40mm粘土（F5） 49.52～49.60 径2～5mm程度の軽石含む（Np-6） 49.70～55.95 へき開分布

4-4孔 柱状図

孔口標高：T.M.S.L.+7.39m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
				新期砂層・沖積層  古安田層	褐色	▽ ≡	0.00～10.50 細～中粒砂
10.50	-3.11	10.50					オリーブ灰色～暗緑灰色
				西山層	暗緑灰色		29.60～30.20 細粒砂（一部シルト挟む） 30.20～32.60 砂礫 32.60～35.00 シルト 35.00～36.70 腐植質シルト（縞状を呈する） 36.70～38.15 シルト 38.15～40.45 細粒砂（一部シルト挟む） 40.45～41.70 礫混じりシルト
41.70	-34.31	31.20					41.70～317.60 泥岩 41.70～42.40 へき開分布 44.75～47.70 へき開分布 46.27～46.35 灰白色細粒凝灰岩（Nt-15） 47.55～47.60 暗灰色細粒凝灰岩

# 2.2 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

（4R-1孔・4R-2孔柱状図）

4R-1孔 柱状図

孔口標高：T.M.S.L.+11.57m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
3.00	8.57	3.00		新期砂層・沖積層	褐色		0.00~3.00 細粒砂
				神砂層・大湊砂層	黄褐色		3.00 ~13.45 中~粗粒砂（一部シルト挟む）
13.45	-1.88	10.45		古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色	▽	13.45~22.00 シルト（一部細粒砂挟む）
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		22.00~22.70 細粒砂 22.70~32.20 シルト
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		32.20~32.80 腐植質シルト（縞状を呈する） 32.80~36.25 シルト
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		36.25~39.05 砂礫
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		39.05~39.60 シルト 39.60~41.65 腐植質シルト（縞状を呈する） 41.65~44.00 シルト
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		44.00~49.00 細粒砂
49.20	-37.63	35.75		古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		49.00~49.20 砂礫
50				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		49.20~318.65 泥岩 49.20~57.22 へき開分布
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		58.55~62.00 へき開分布 60.14~60.17 灰白色細粒凝灰岩 (Nt-15) 61.56~61.60 暗灰色細粒凝灰岩

4R-2孔 柱状図

孔口標高：T.M.S.L.+8.27m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
				新期砂層・沖積層	褐色~黄褐色	▽	0.00~13.36 細~中粒砂
13.36	-5.09	13.36		古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		13.36~18.00 シルト 18.00~19.00 シルト・細粒砂互層 19.00~31.10 シルト（一部細粒砂挟む） 19.47~20.00 火山灰質シルトの薄層挟む
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		31.10~35.55 シルト~細粒砂（基底部に礫を含む）
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		35.55~41.22 シルト
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		41.22~46.45 シルト~細粒砂
46.95	-38.68	33.59		古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		46.45~46.95 砂礫
50				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		46.95~316.00 泥岩 49.20~49.40 径0.5~1mm程度の軽石含む



## 2.2 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

（#4孔・4R-3孔柱状図）

#4孔 柱状図

孔口標高：T.M.S.L.+4.78m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
				盛土・埋め戻し土		▽	
16.64	-11.86	16.64		古安田層	暗緑灰色		16.64~17.65 シルト質細粒砂 17.65~26.08 シルト 17.96~17.98 灰色細粒火山灰(Ata-Th)
26.08			26.08~27.17 シルト質砂礫 27.17~30.30 細~中粒砂(一部シルトを挟む)				
30.30			30.30~32.06 粗粒砂~礫混じり粗粒砂 32.06~41.13 シルト				
41.13			41.13~44.64 細~粗粒砂(一部砂礫を挟む)				
44.64	-39.86	28.00		西山層	暗緑灰色		44.64~311.00 泥岩 47.38~47.46 灰白色細粒凝灰岩(Nt-15) 48.00~51.83 へき開分布 48.74~48.78 暗灰色細粒凝灰岩
50							

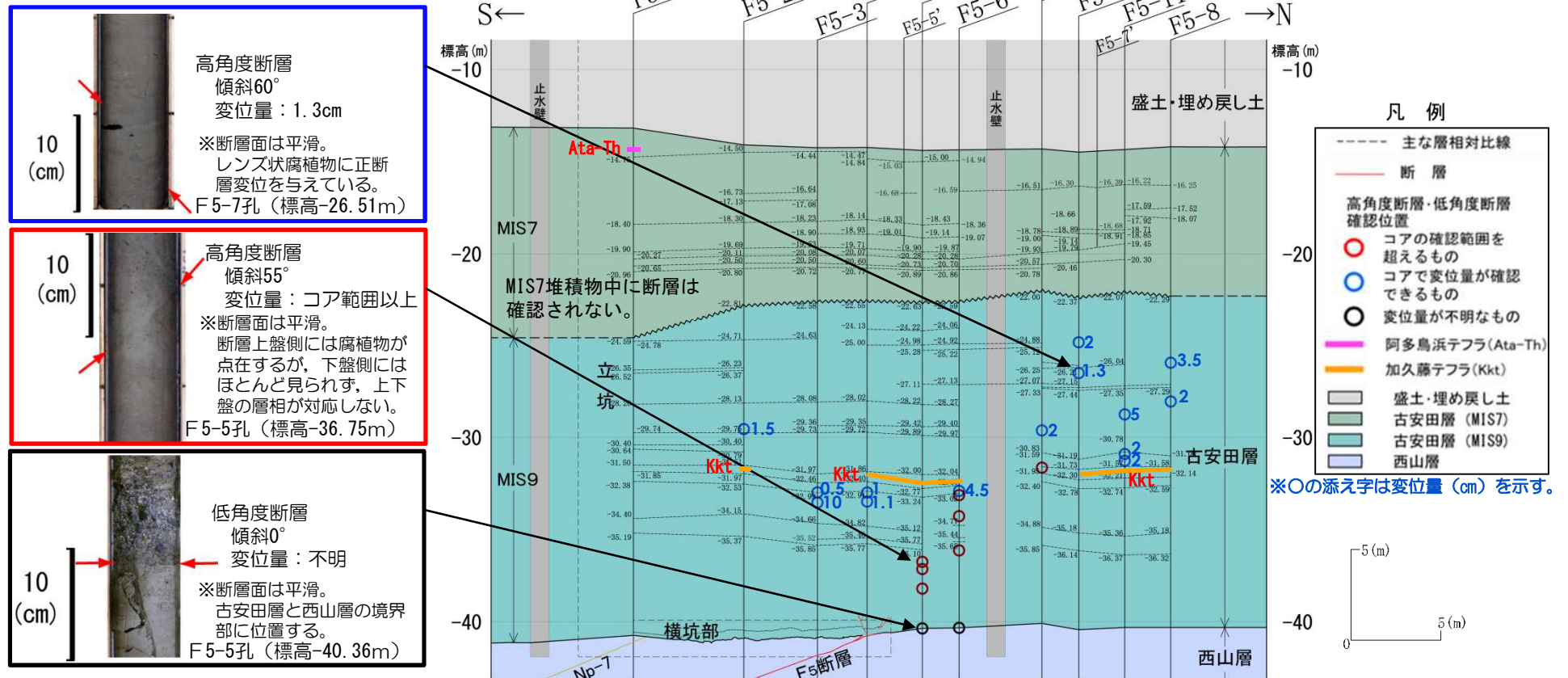
4R-3孔 柱状図

孔口標高：T.M.S.L.+12.85m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
5.60	7.25	5.60		新期砂 層・沖 積層	褐色		0.00~5.60 シルト質中粒砂
13.70	-0.85	8.10		番神砂 層・大 湊砂層	黄褐色	▽	5.60~13.70 中~粗粒砂
				古安田層	オリブ灰色~暗緑灰色		13.70~21.15 シルト(一部細粒砂挟む)
			21.15~23.13 細粒砂・シルト 23.13~33.08 シルト(所々に腐植質シルトを縞状に挟む)				
			26.80 灰白色火山灰(層厚3cm)				
			33.08~33.75 腐植質シルト(縞状を呈する) 33.75~37.30 シルト 37.30~37.57 砂礫 37.57~39.53 中粒砂(一部砂質シルト挟む) 39.53~44.70 シルト				
50				西山層	暗緑灰色		44.70~45.23 腐植質シルト(縞状を呈する) 45.23~48.87 シルト 48.87~52.63 細粒砂(一部シルト, 中粒砂挟む)
52.95	-40.10	39.25				52.63~52.95 砂礫 52.95~320.05 泥岩	
							61.60~61.70 灰白色細粒凝灰岩(Nt-15)

## 2.2 地質・地質構造（敷地内ボーリング調査）

（F5立坑ボーリング調査結果）

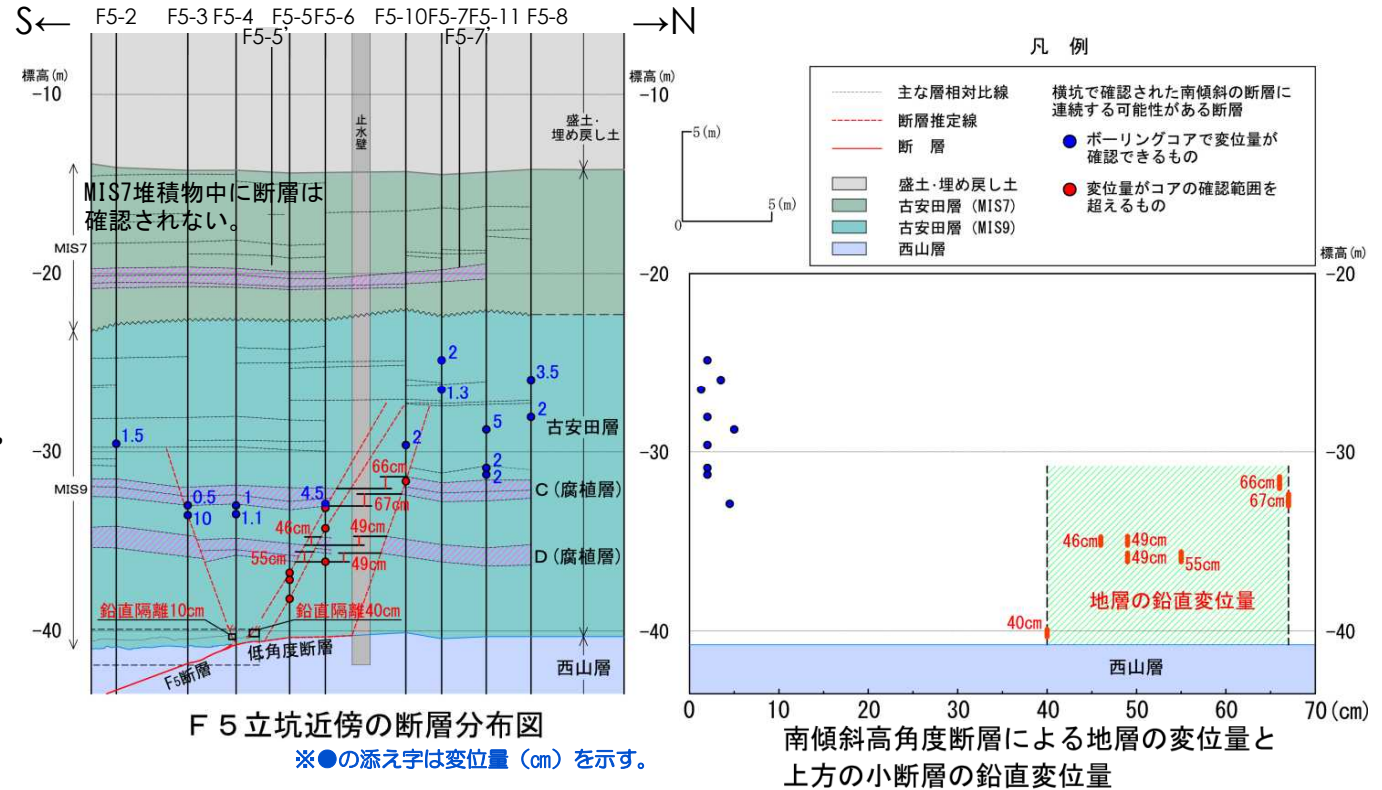


- F5立坑近傍におけるボーリング調査の結果、標高-15m~-40m間に西山層を不整合に覆い、シルト層を主体とし砂層、腐植層等を挟在する古安田層の分布を確認した。
- F<sub>5</sub>断層の上載層は加久藤テフラ（約33~34万年前）と阿多鳥浜テフラ（約24万年前）を挟在することから、MIS9からMIS7の堆積物（古安田層）と判断される。
- ボーリングコアで確認された古安田層中の断層を赤丸、青丸及び黒丸で示す。

## 2.2 地質・地質構造（敷地内ボーリング調査）

### （F5立坑ボーリング調査結果 断層の連続性および変位量）

- これらのボーリング孔ではボアホールテレビ観察が困難であるため断層の走向・傾斜は不明であるが、断層の走向が同じと仮定した上で、さらに以下の内容を基にして高角度断層と低角度断層の連続性を評価した。
  - 横坑部で確認された断層の延長上のボーリング孔に断層が認められ、断層の傾斜が矛盾なく、変位量が横坑部で確認されたものと同程度あるいはコアの確認範囲を超える場合は、断層が連続すると評価する。
  - 推定断層の上方延長の地層の傾斜がほぼ水平または地層の勾配方向と断層変位センスが整合しない場合は、当該地層を超えて断層は連続しないと評価する。

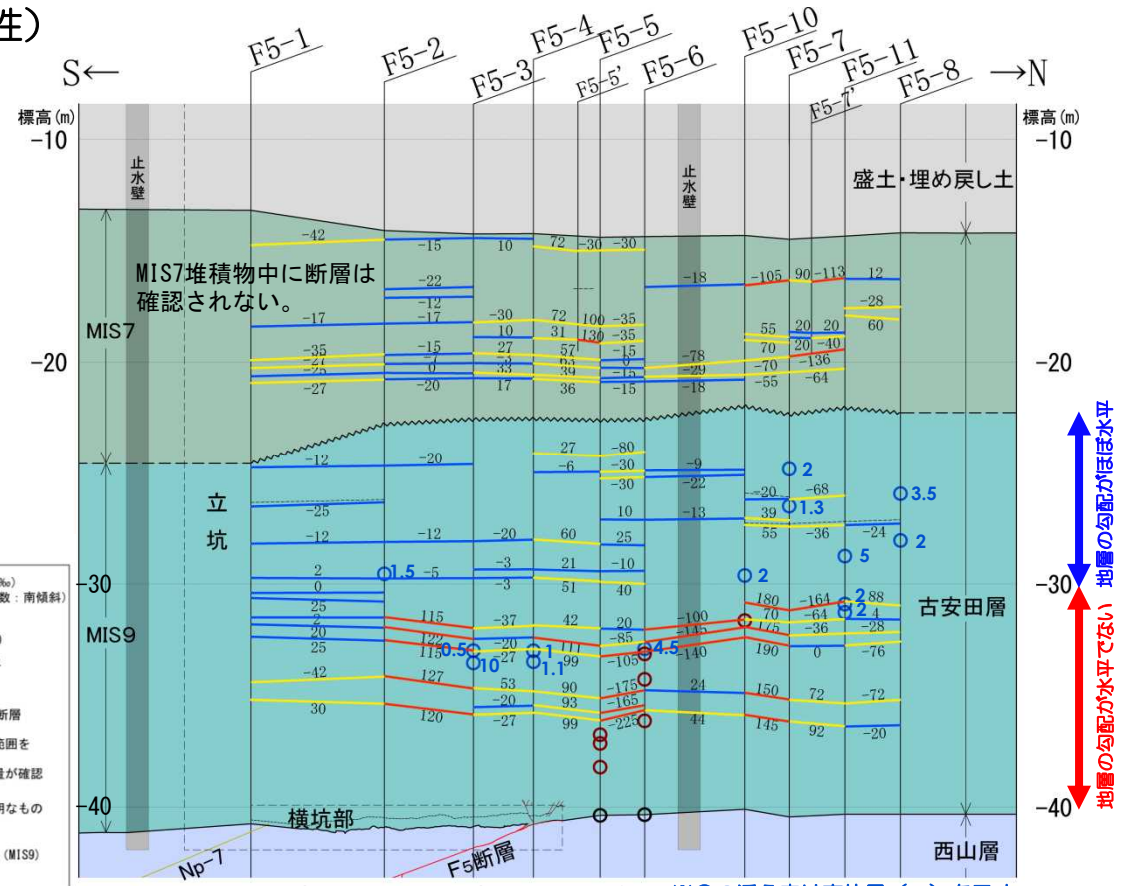
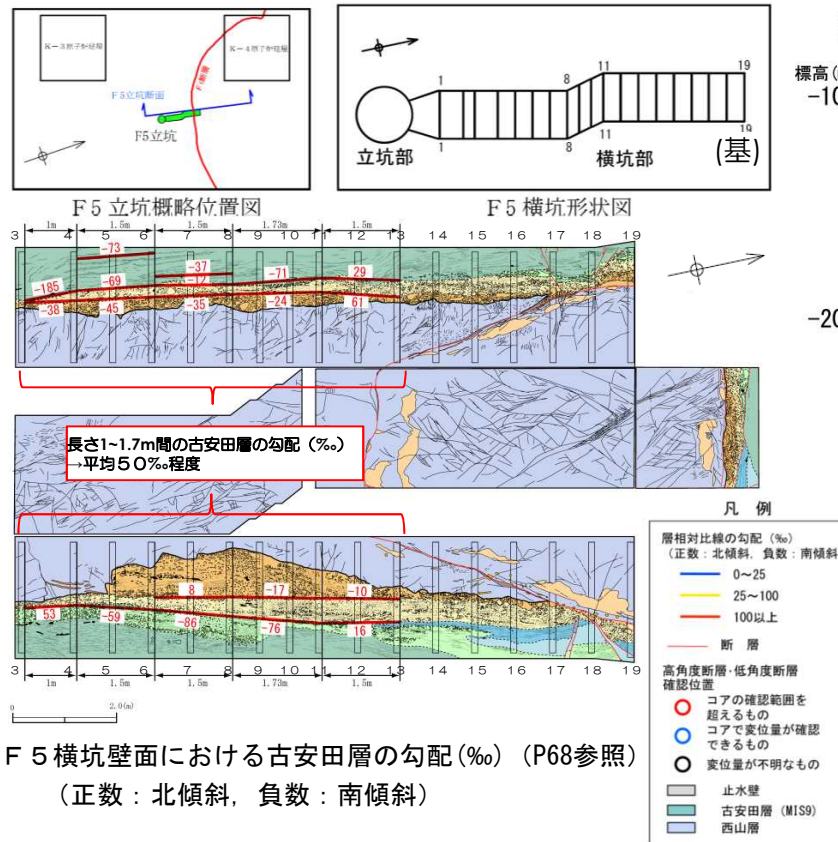


- その結果、高角度断層と低角度断層は標高-30m付近のMIS9堆積物中で止まっていると判断される。
- 一連の正断層に伴う上載層の変位・変形は、標高-30m付近よりも深部で明瞭に認められ、それらの大きさは横坑部で観察された変位の大きさと同程度（40cm～70cm）である。
- 標高-30m付近より浅い場所で確認された断層は、変位量が5cm程度以下と極めて小さく、地層の勾配からも標高-30m以浅の上載層に一連の正断層による影響は認められず、また、MIS7堆積物には断層も確認されない。



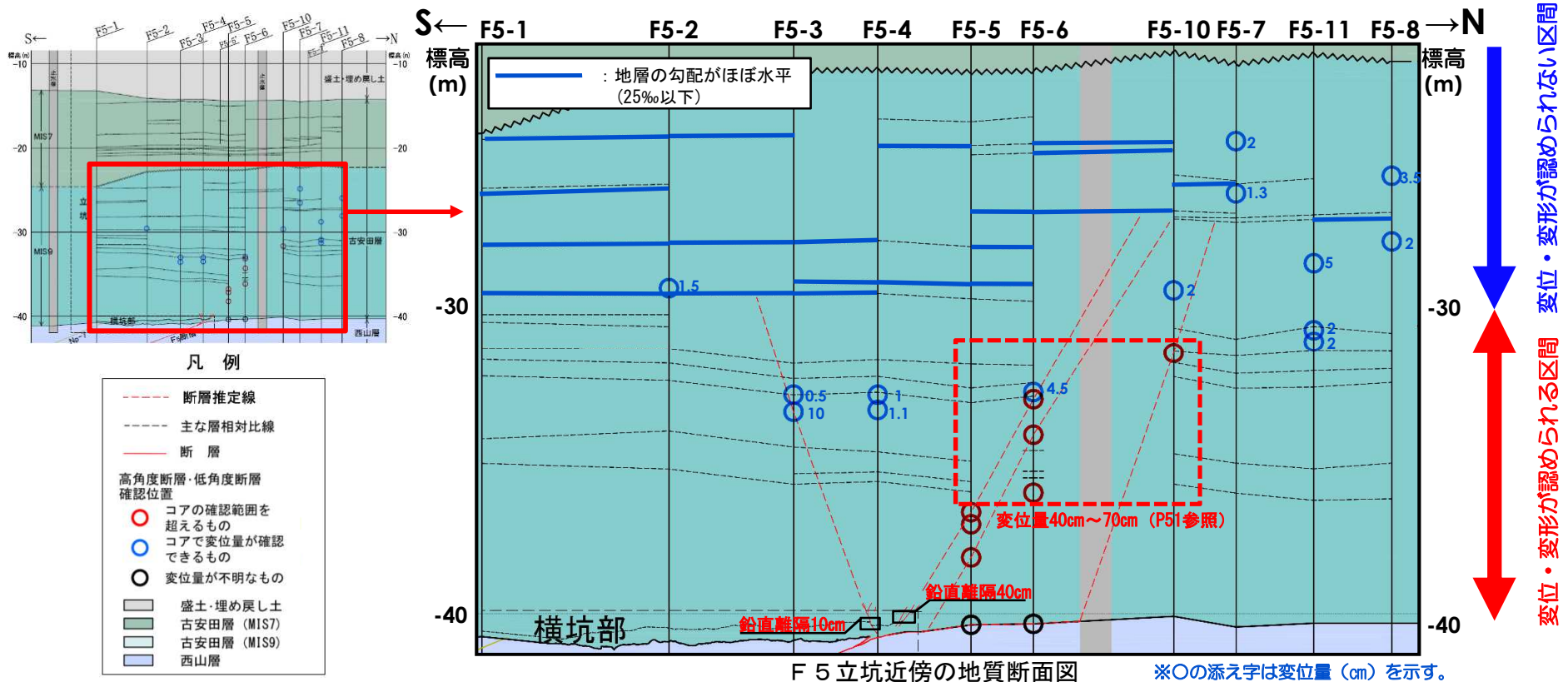
## 2.2 地質・地質構造（敷地内ボーリング調査）

（F5立坑ボーリング調査結果 地層の連続性）



- 断層の影響を受けていない横坑支保工3基~13基において古安田層中の勾配を測定した。
- 古安田層の勾配は平均50‰程度であり，同程度の勾配は断層の影響を受けていないと考えられるが，ここでは安全側に，25‰以下の地層の勾配は断層の変位・変形を受けていないことを目安とした。
- その結果，標高約-30m以深の古安田層は勾配が100‰を超える箇所が連続して認められるものの，これ以浅の地層の勾配は概ね25‰以下であり，標高-30m以浅の地層に一連の正断層の活動による変位・変形は認められないと判断した。
- 標高-30m以浅のMIS9堆積物の勾配はMIS7堆積物の勾配に比べて小さく，標高-30m以浅のMIS9~MIS7堆積物全体に影響を与える断層運動は想定されない。

## 2.2 地質・地質構造（まとめ）



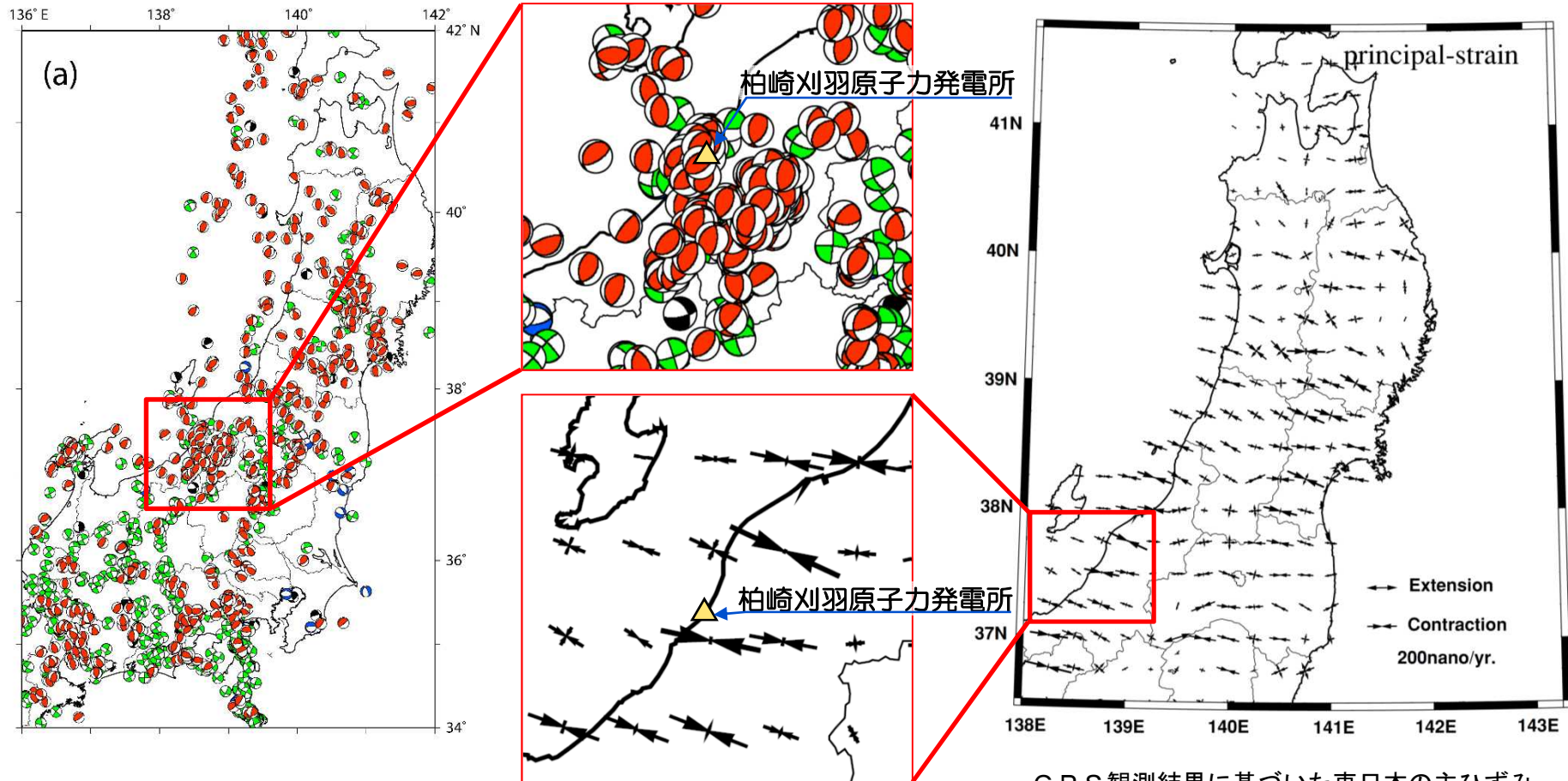
- 一連の正断層（F<sub>5</sub>断層のNE-SW～N-S方向の運動，高角度断層及び低角度断層）は，ボーリングコアによる断層の分布や上載層の連続性などの状況から，標高-30m付近のMIS9堆積物中で止まっていると判断される。
- 一連の正断層に伴う上載層の変位・変形は，標高-30m付近よりも深部で明瞭に認められ，それらの大きさは横坑部で観察された変位の大きさと同程度である。
- 一方，標高-30m付近より浅い場所で確認された断層は，変位量が5cm程度以下と極めて小さく，地層の勾配からも標高-30m以浅の上載層に一連の正断層による影響は認められず，また，MIS7堆積物には断層も確認されない。
- 以上より，一連の正断層はMIS9堆積物の途中まで変位・変形を与えているものの，標高-30m付近より上位のMIS9及びMIS7の堆積物に変位・変形を与えていないと判断される。
- なお，これらの断層の形態は，模型実験結果で見られる形態に非常に良く似ており，同様のメカニズムによって形成された可能性がある。



## 2.3 応力場（文献調査・測量結果）

P.23再掲

（柏崎周辺の応力場）



東日本の自然地震震源分布図

Yoshida et al. (2012) より抜粋

GPS観測結果に基づいた東日本の主ひずみ

Miura et al. (2004) より抜粋

- 柏崎地域を含む東北日本は、概ね東西方向の圧縮応力による逆断層が卓越すること（Yoshida et al.(2012)）、GPS観測結果(Miura et al.(2004)など)によって分析された主ひずみは概ね東西方向の圧縮ひずみが卓越することから、敷地周辺は圧縮応力場と考えられる。

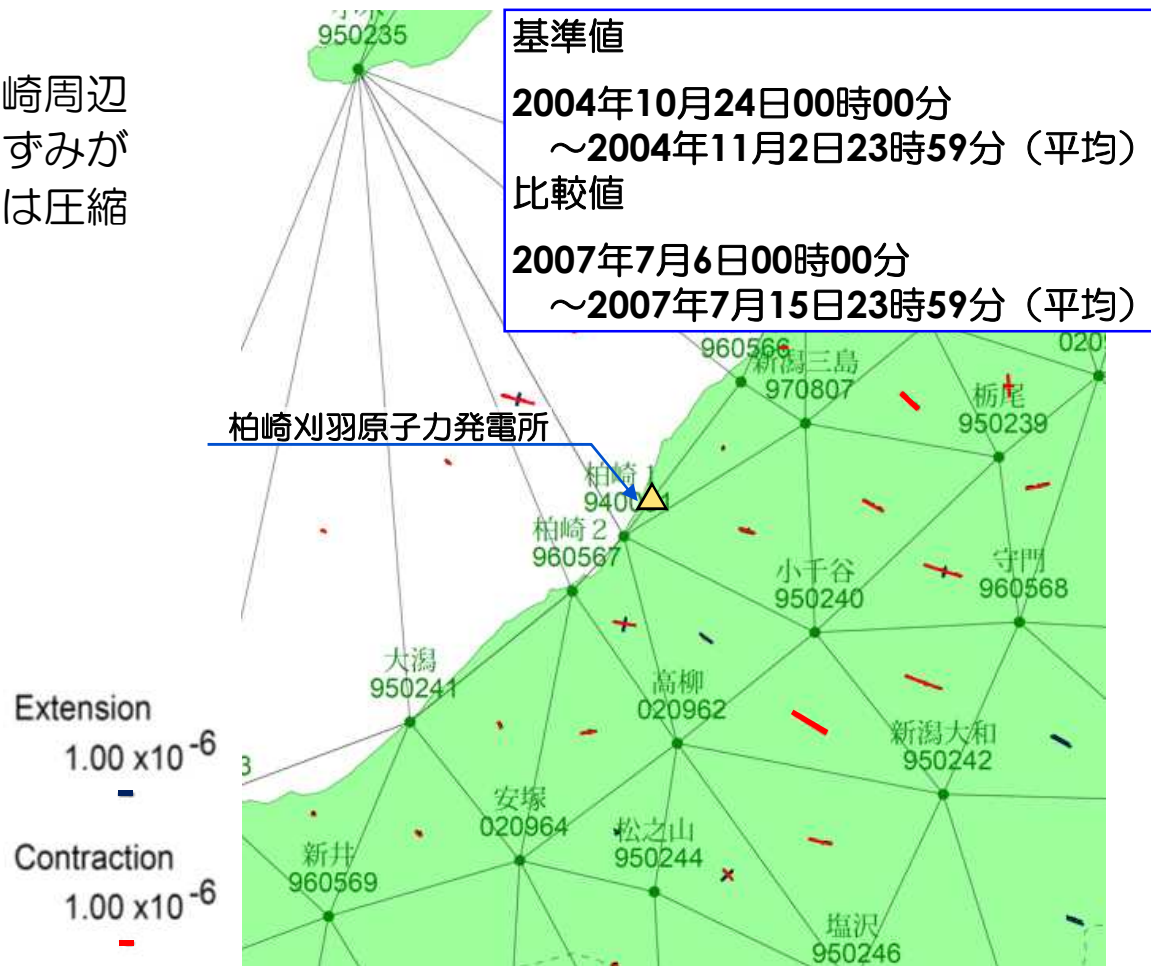


## 2.3 応力場（文献調査・測量結果）

P.24再掲

（柏崎周辺の応力場）

- GPS観測結果によると、柏崎周辺地域は概ね東西方向の圧縮ひずみが卓越することから、敷地周辺は圧縮応力場と考えられる。



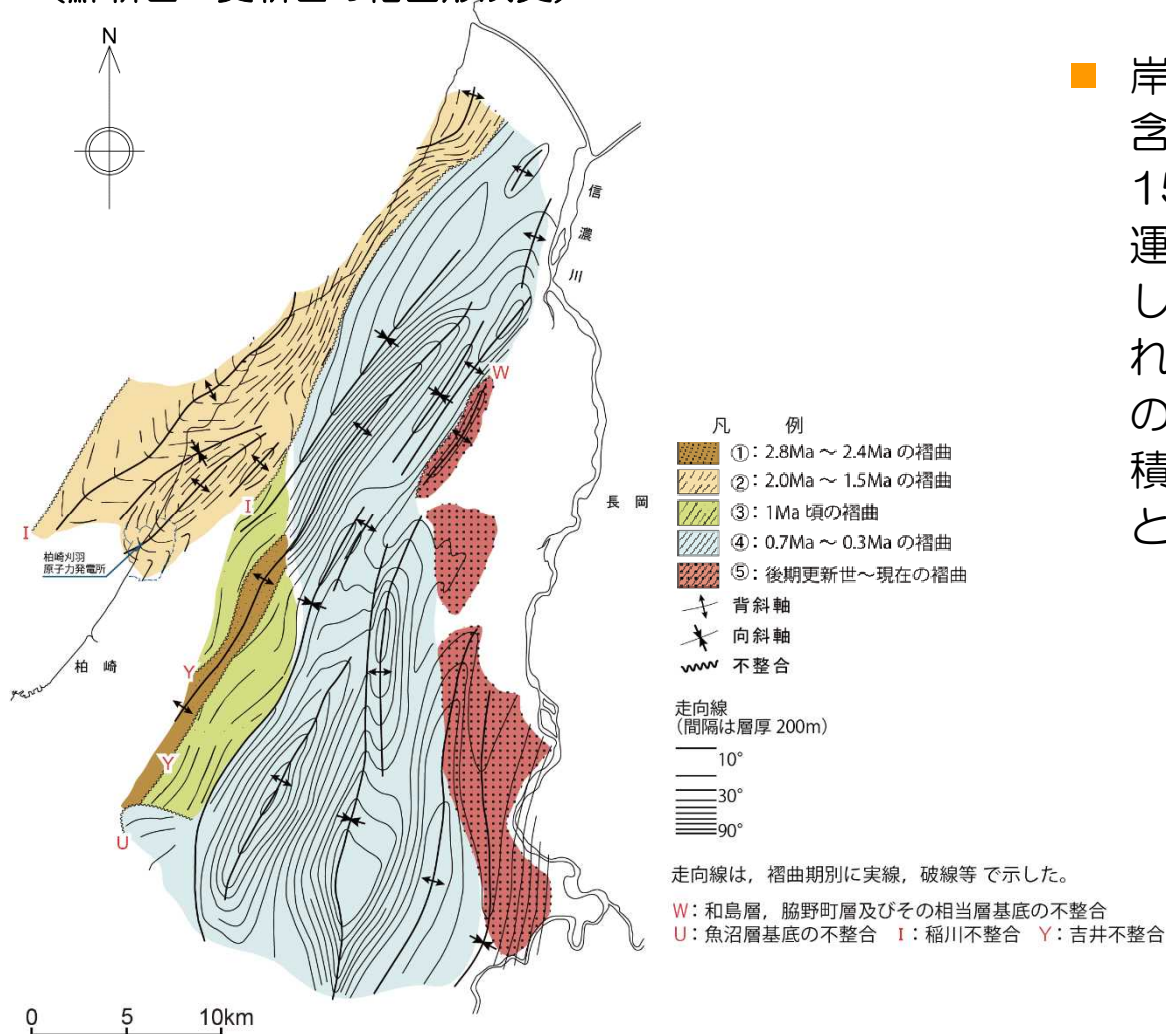
「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。（承認番号 平20業使、第226号）」

主ひずみ分布図

## 2.3 応力場（文献調査・測量結果）

P.25再掲

（鮮新世～更新世の褶曲形成史）



岸ほか（1996）による柏崎及び周辺地域の褶曲形成史

- 岸・宮脇(1996)によると、敷地を含む寺泊・西山丘陵の褶曲運動は約150万年前以降停止しており、褶曲運動の活発な場所は西から東へ移動し、現在は信濃川左岸が活動域とされている。また、敷地近傍及び敷地の褶曲構造は少なくとも古安田層堆積終了以降の活動は認められないことを確認している。

## 2.4 総合評価（褶曲構造に関連しないF<sub>5</sub>断層の運動に関する調査・評価）

### 【地形】

- リニアメントが判読されず、多数のボーリング調査の結果からも西山層上限面に系統的な標高差などは確認されないことからF<sub>5</sub>断層全体が中期更新世以降に累積的な活動を行っているとは考えられない。

### 【地質・地質構造】

- F<sub>5</sub>断層が古安田層と接する位置付近において、南傾斜・北傾斜の共役な高角度正断層及び低角度断層が確認され、壁面観察結果及び研磨片・薄片観察結果から、F<sub>5</sub>断層のNE-SW～N-S方向の運動、高角度正断層、低角度断層は一連の正断層として活動したと判断される。
- 試掘坑及びF<sub>5</sub>断層深部における条線・断層の運動センスから、正断層センスの運動は推測・確認されず、一連の正断層としての活動は表層に限定されたものと考えられる。
- F<sub>5</sub>断層と古安田層の接する位置付近の複数のボーリング調査では、いずれの孔においても高角度断層は確認されないことから、一連の正断層は平面的に限られた場所における動きであると推定される。
- これら一連の断層の活動性については、断層の連続性、地層の傾斜の状況から標高-30m付近のMIS9堆積物まで認められるものの、標高-30m以浅のMIS9堆積物からMIS7堆積物まで断層運動は想定されず、少なくともMIS9堆積物堆積終了以降の活動は認められない。

### 【応力場】

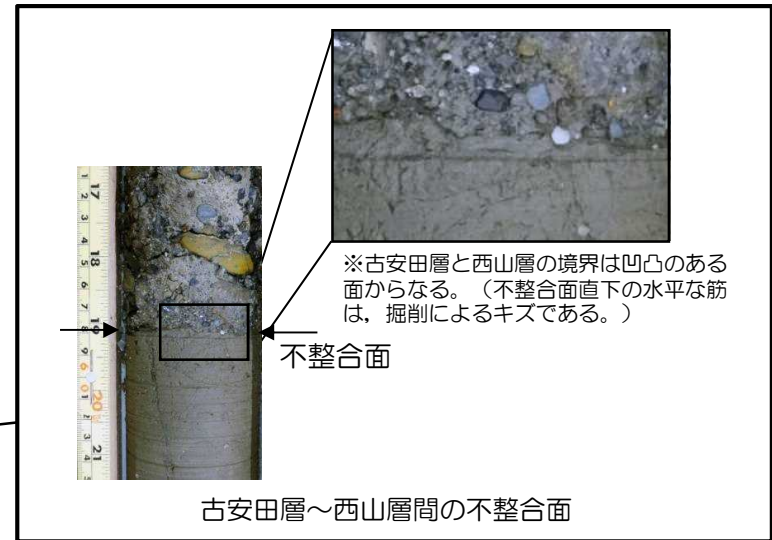
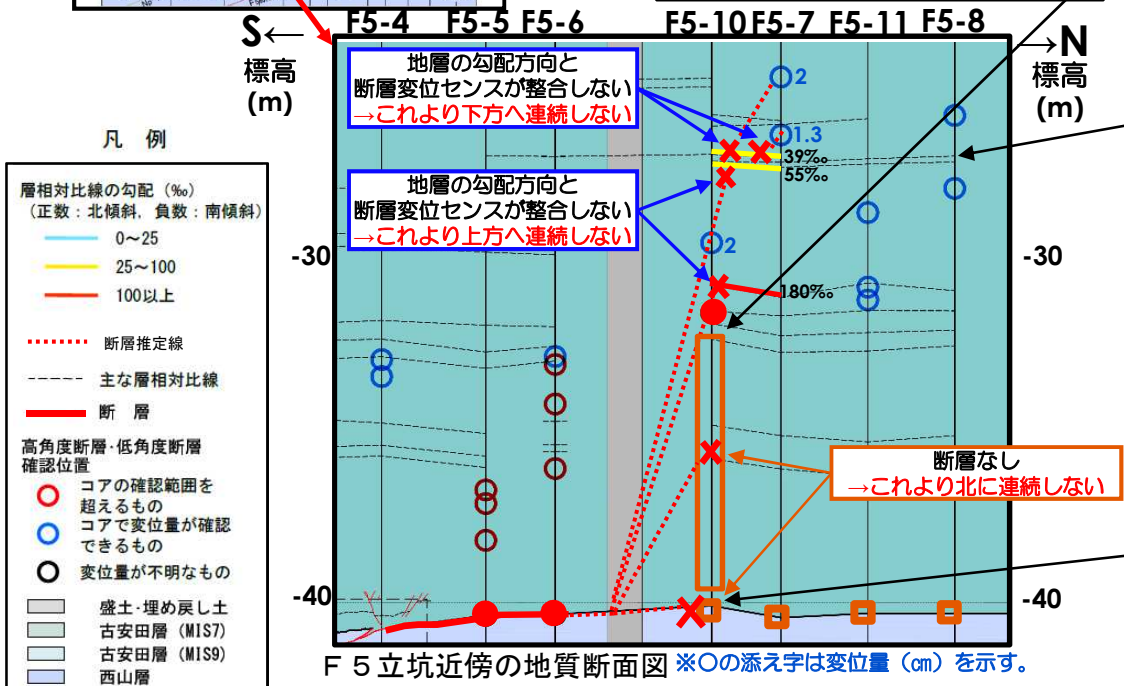
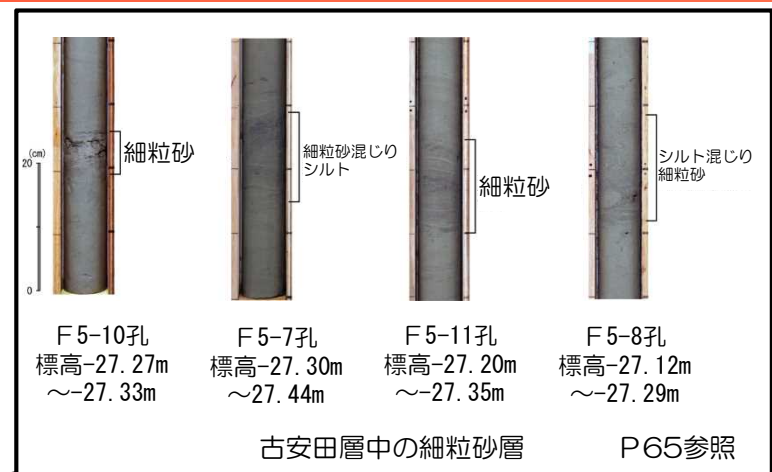
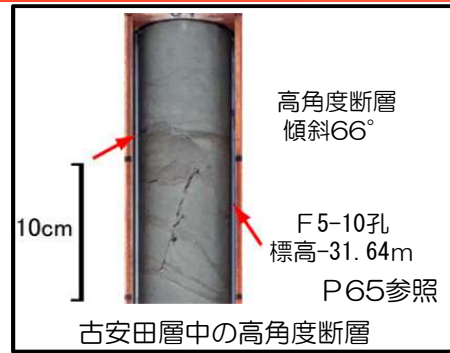
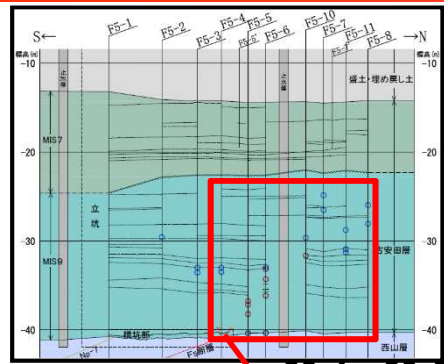
- 敷地周辺は圧縮応力場にあると考えられるが、少なくとも古安田層堆積終了以降の敷地近傍・敷地の褶曲運動は停止しており、層面すべり断層が構造運動に伴って正断層として活動することはないと考えられる。
- 以上のことから、地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した結果、褶曲運動に関連しないF<sub>5</sub>断層については、少なくとも古安田層堆積終了以降の活動は認められないと判断される。
- したがって、褶曲構造に関連したF<sub>5</sub>断層と褶曲構造に関連しないF<sub>5</sub>断層は、将来活動する可能性のある断層等ではないと判断される。



---

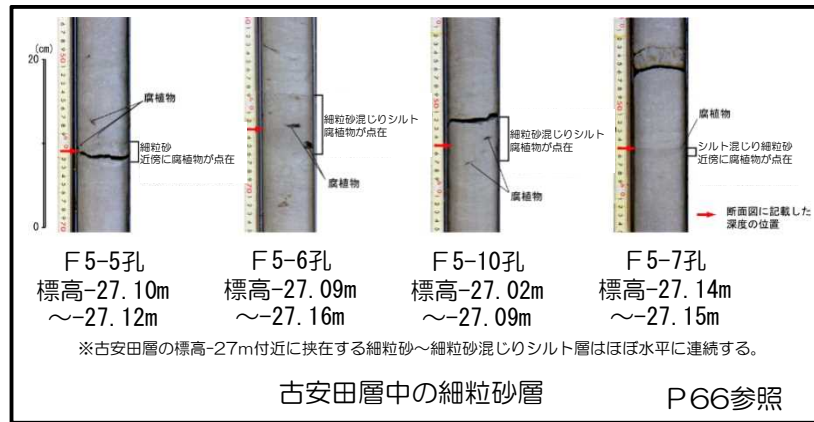
## 参考資料

# 参考1 F<sub>5</sub>断層の活動性（低角度断層の連続性）

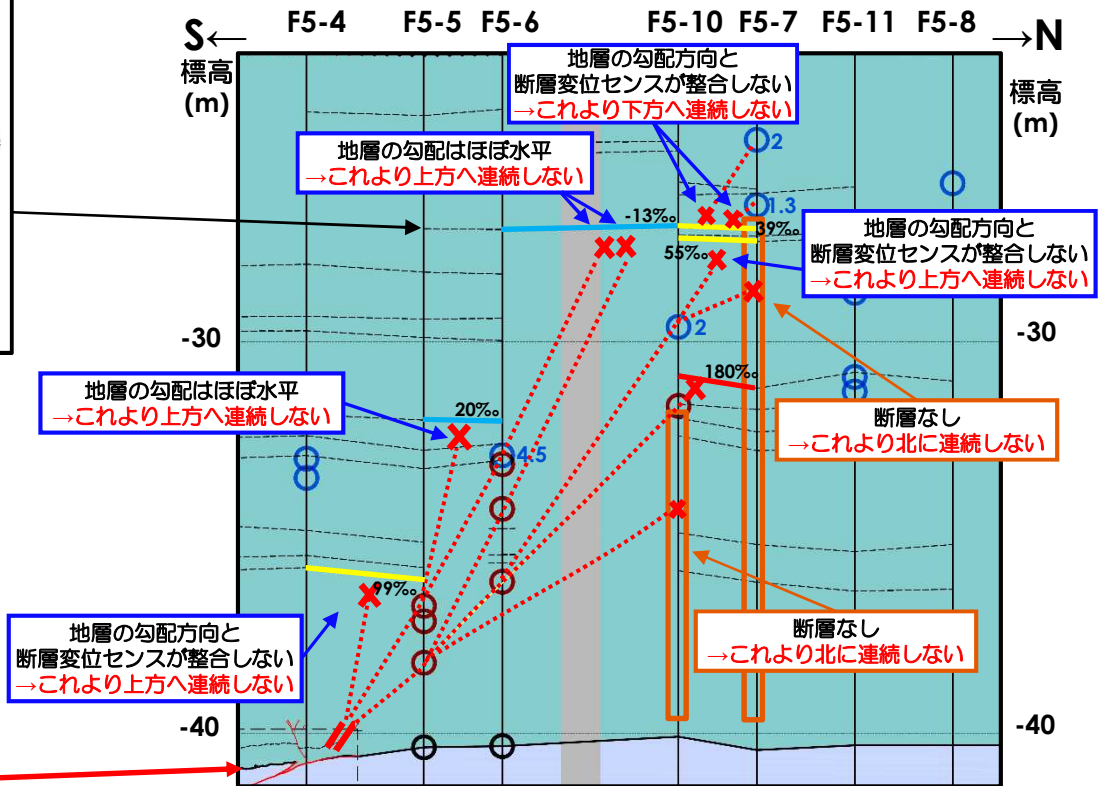
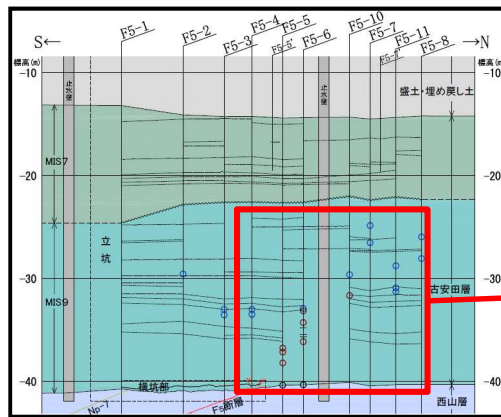
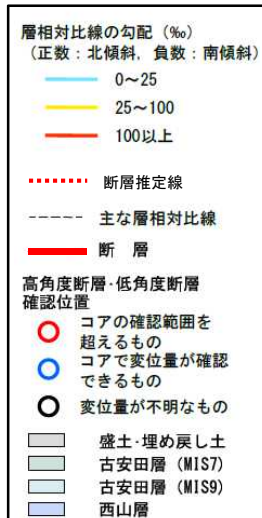


- 立坑調査で確認された低角度断層は、F5-6孔までは確認されるが、F5-10孔より北では確認されないことから、これより北方へ連続しないと判断される。
- F5-10孔の変位量不明の断層に連続する場合および変位量2cmの断層に連続する場合のいずれにおいても、地層の勾配方向と断層変位センスが整合しないことから、これより上方に連続しないと判断される。
- F5-7孔の変位量2cm及び変位量1.3cmの小断層は、それらの下方延長にある地層の勾配方向と断層変位センスが整合しないことから、これより下方に連続しないと判断される。

# 参考1 F<sub>5</sub>断層の活動性（南傾斜高角度断層の連続性）



## 凡例



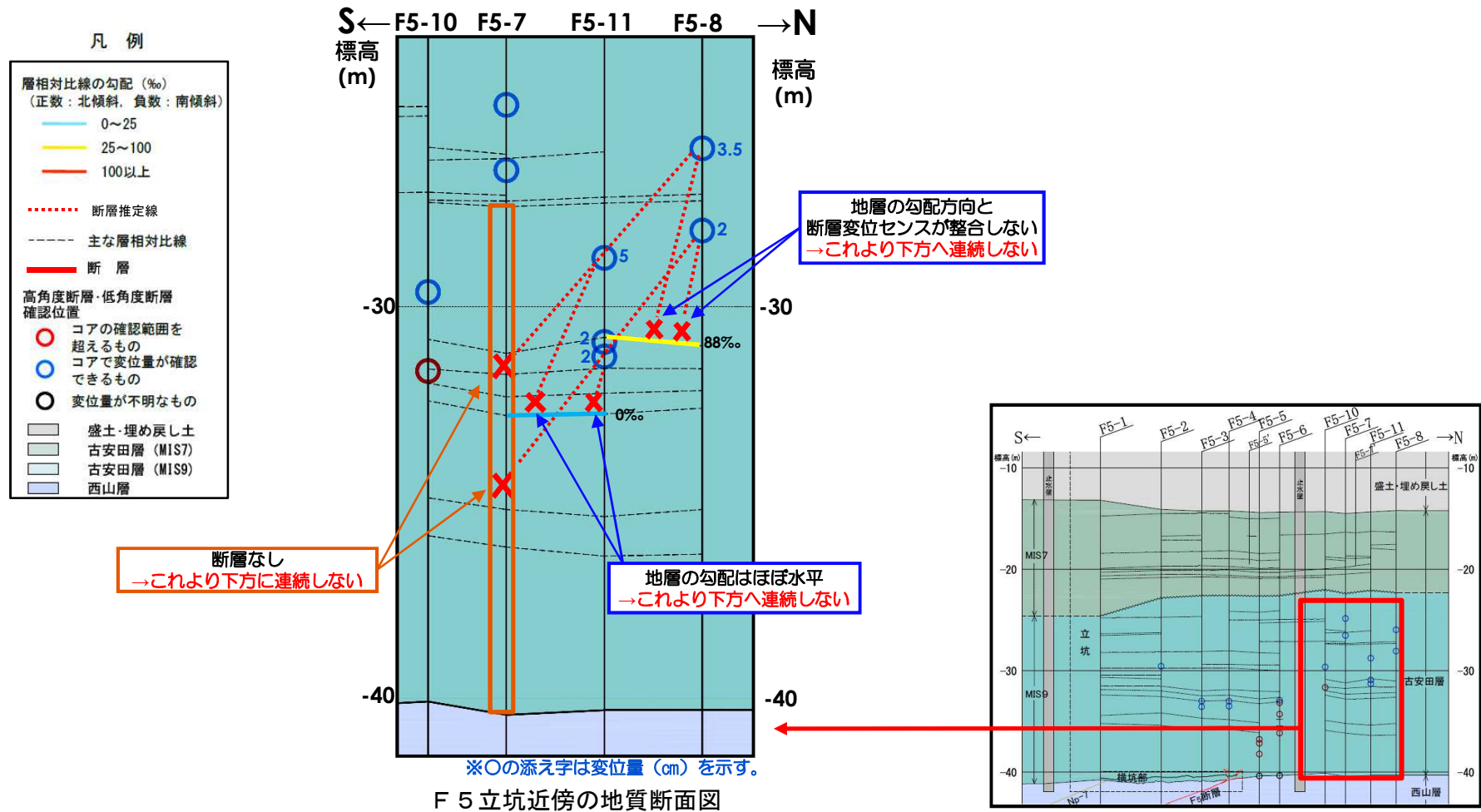
※○の添え字は変位量 (cm) を示す。

F5立坑近傍の地質断面図

- 立坑調査で確認された南傾斜高角度断層とボーリングで確認された断層が連続する場合には、それらの上方延長上にある地層がほぼ水平または勾配方向と断層変位センスが整合しないこと、並びに、F5-10孔の標高-32m以深及びF5-7孔の標高-27m以深には断層が確認されないことから、これらより上方または北方に連続しないと判断される。

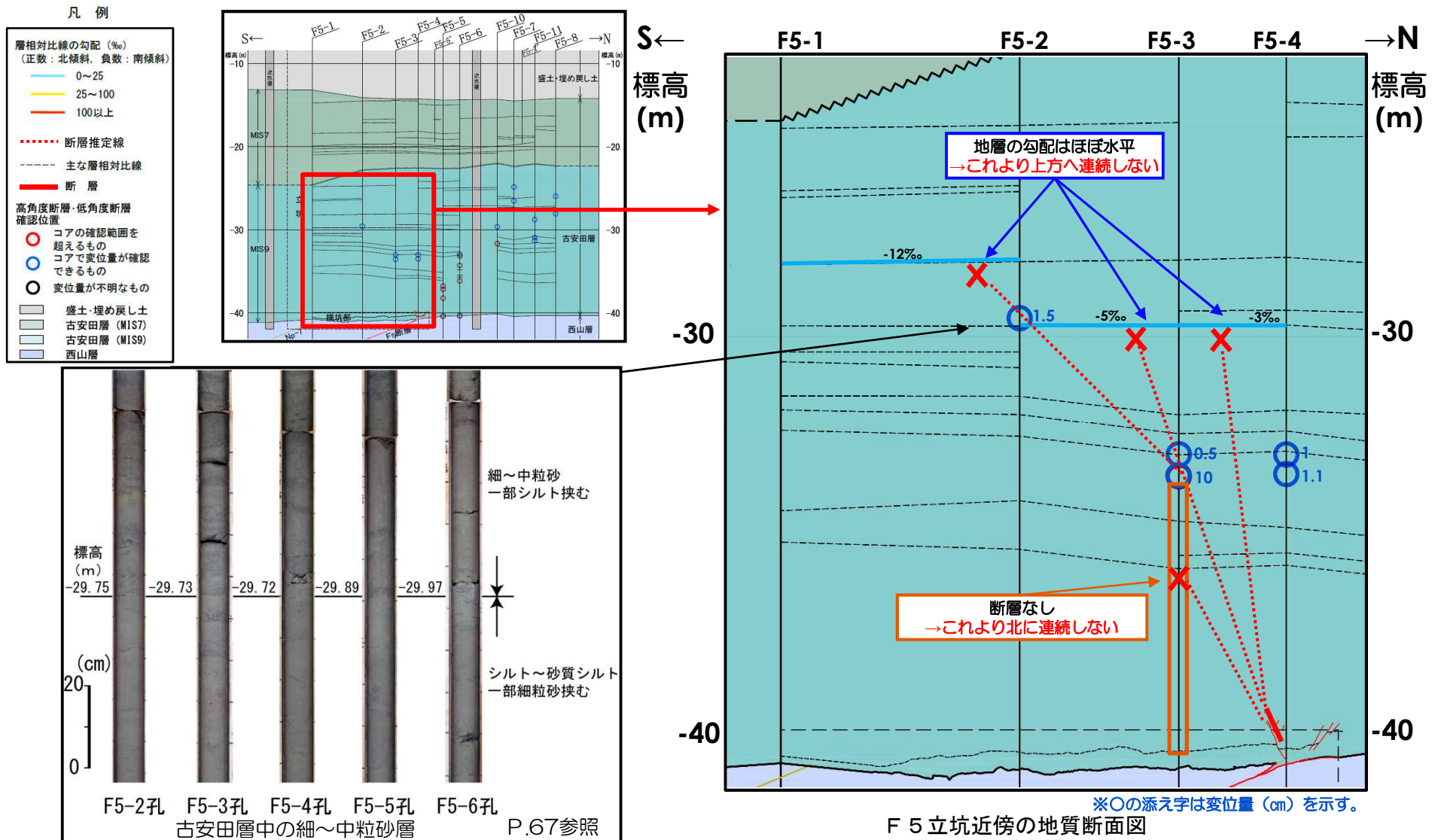


# 参考1 F<sub>5</sub>断層の活動性 (F5-10孔以北の小断層の連続性)



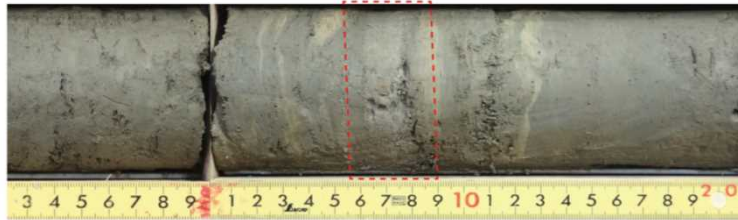
- F5-11孔及びF5-8孔の標高-31m付近以浅の変位量2cm~5cmの小断層は、これらの下方延長上にある地層がほぼ水平または勾配方向と断層変位センスが整合しないこと、南方延長上のF5-7孔の標高-26m以深には断層が認められないことから、これらより下方または南方へ連続しないと判断される。

# 参考1 F<sub>5</sub>断層の活動性（北傾斜高角度断層の連続性）

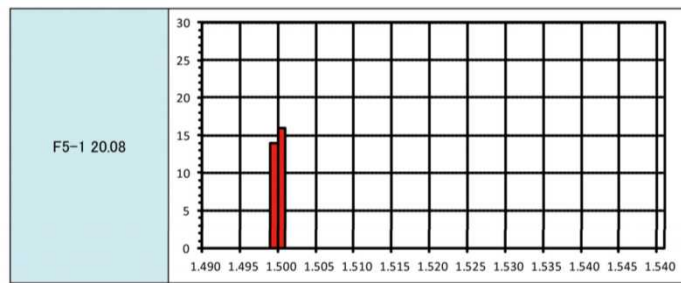


- 立坑調査で確認された北傾斜高角度断層とボーリングで確認された断層が連続する場合には、それらの上方延長にある地層の勾配がほぼ水平であること、F5-3孔の標高-33m以深に断層が認められないことから、これより上方に連続しないと判断される。

## 参考2 火山灰分析結果（阿多鳥浜テフラ）

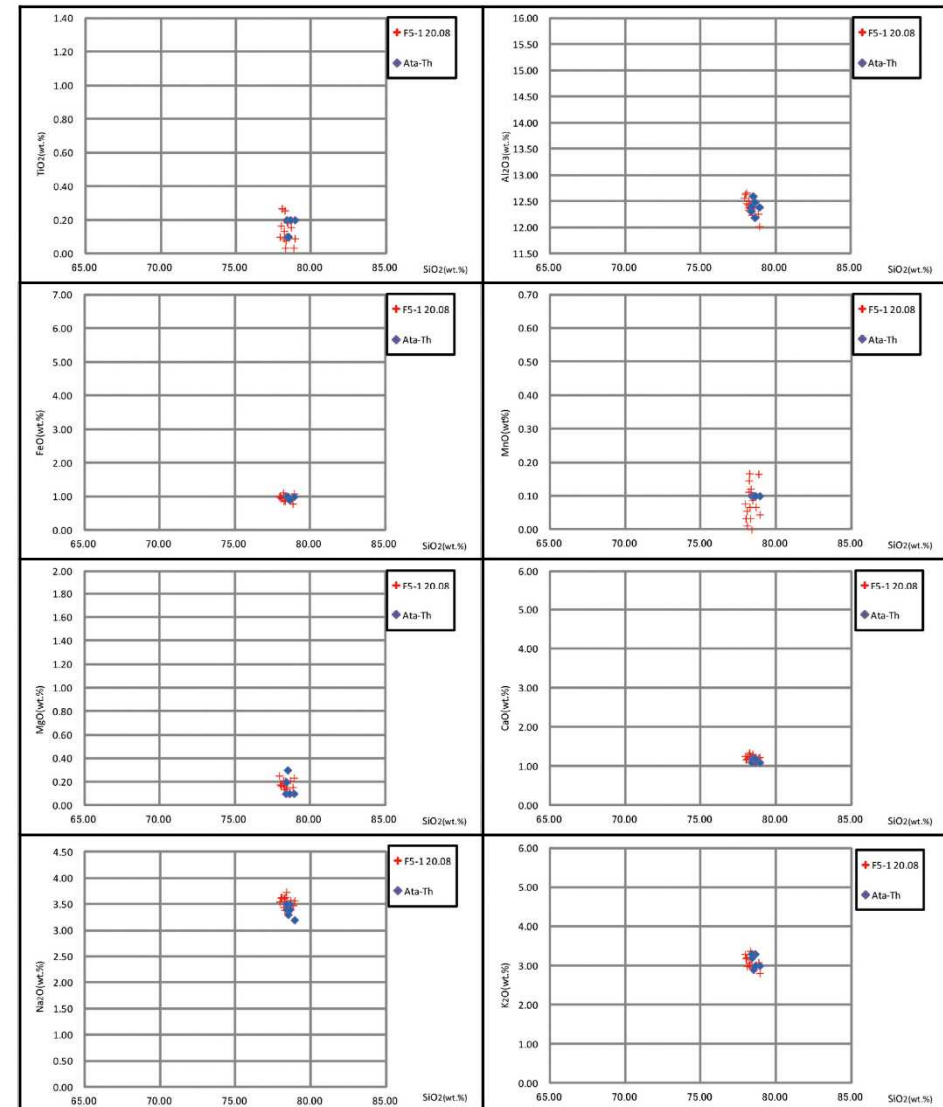


F5-1 孔の掘削深度 20.08m に層厚 20mm の細粒火山灰が分布する。



※阿多鳥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）。

- F5-1 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、阿多鳥浜テフラ（Ata-Th：約24 万年前）に対比される。

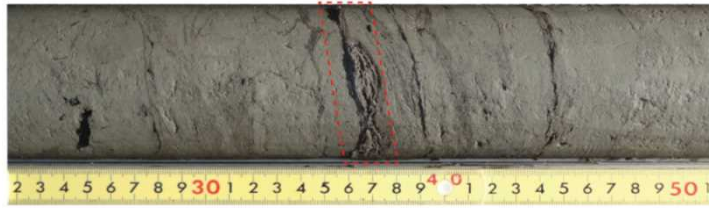


※阿多鳥浜テフラのデータは新編火山灰アトラス（2003）より引用。

火山ガラスの主成分分析結果



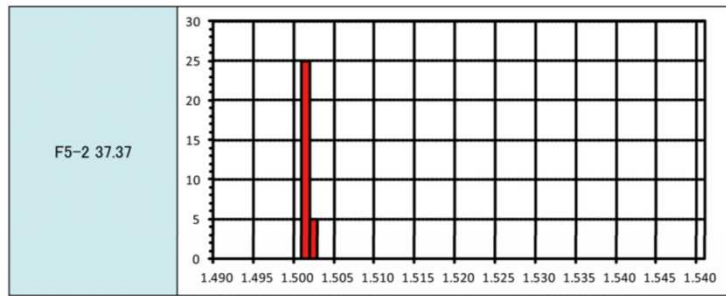
# 参考2 火山灰分析結果（加久藤テフラ）



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。



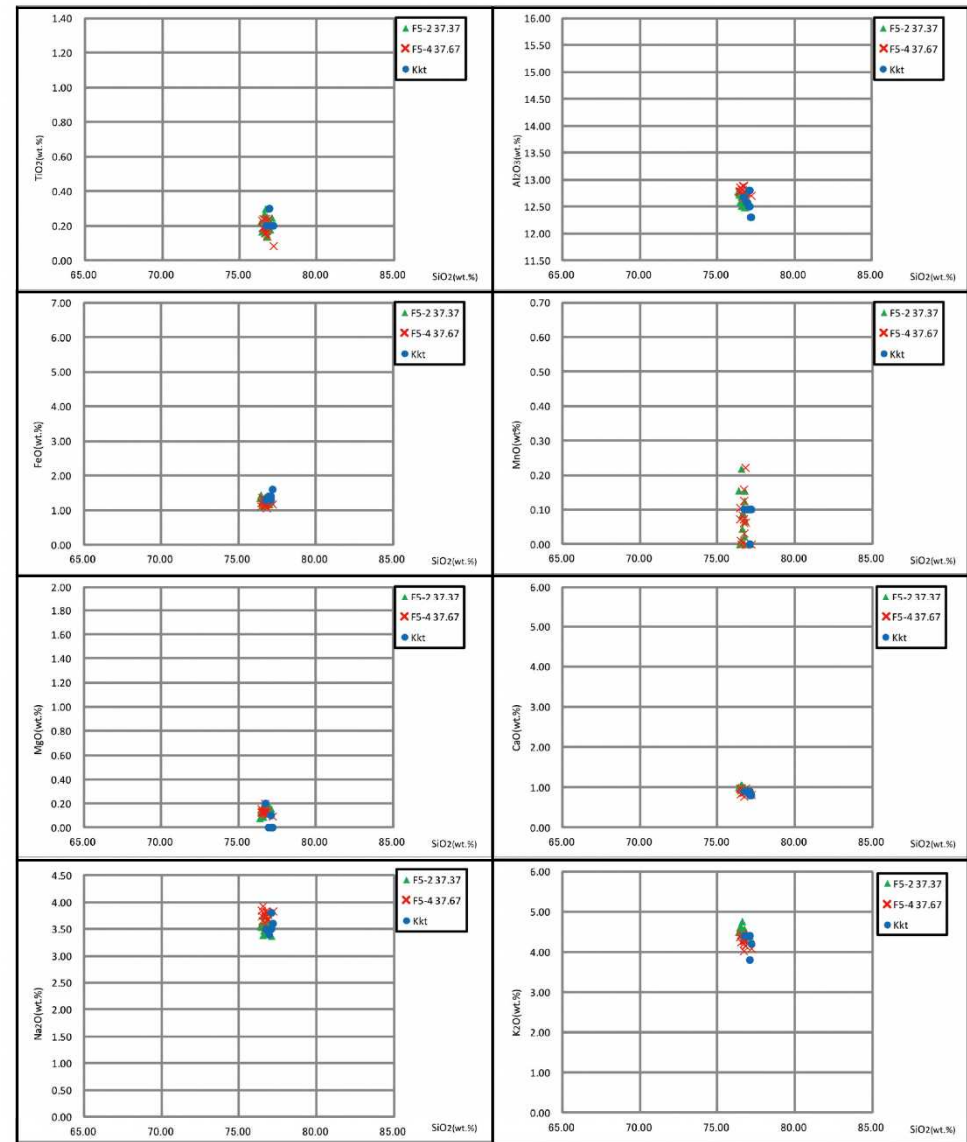
F5-4 孔の掘削深度 37.67m に、レンズ状の細粒火山灰が分布する。



※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

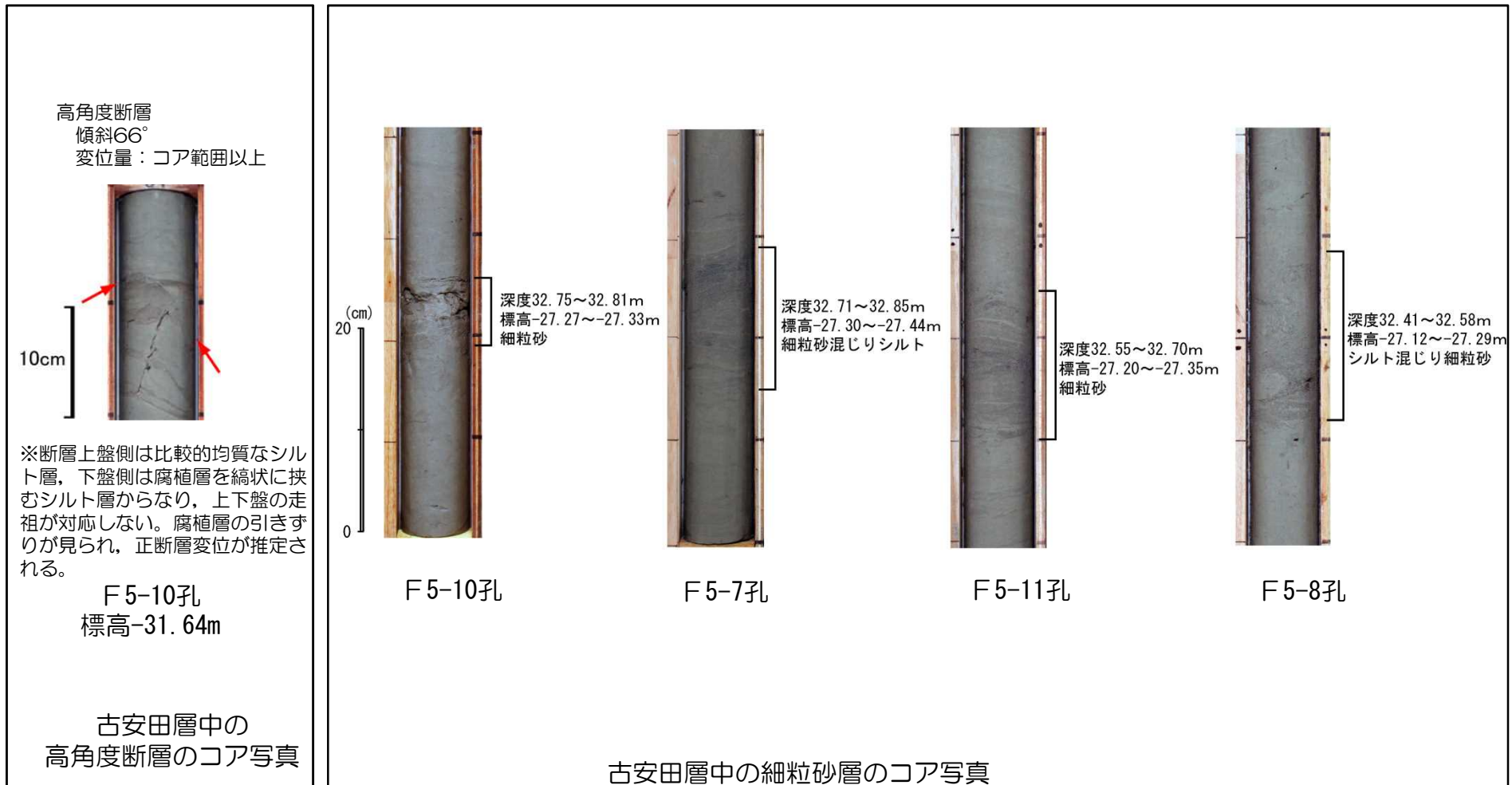
- F5-2 孔の掘削深度37.37m 及びF5-4 孔の掘削深度37.67m に分布するテフラは、火山ガラスの主成分分析及び屈折率分析の結果から、加久藤テフラ（Kkt：約33～34 万年前）に対比される。



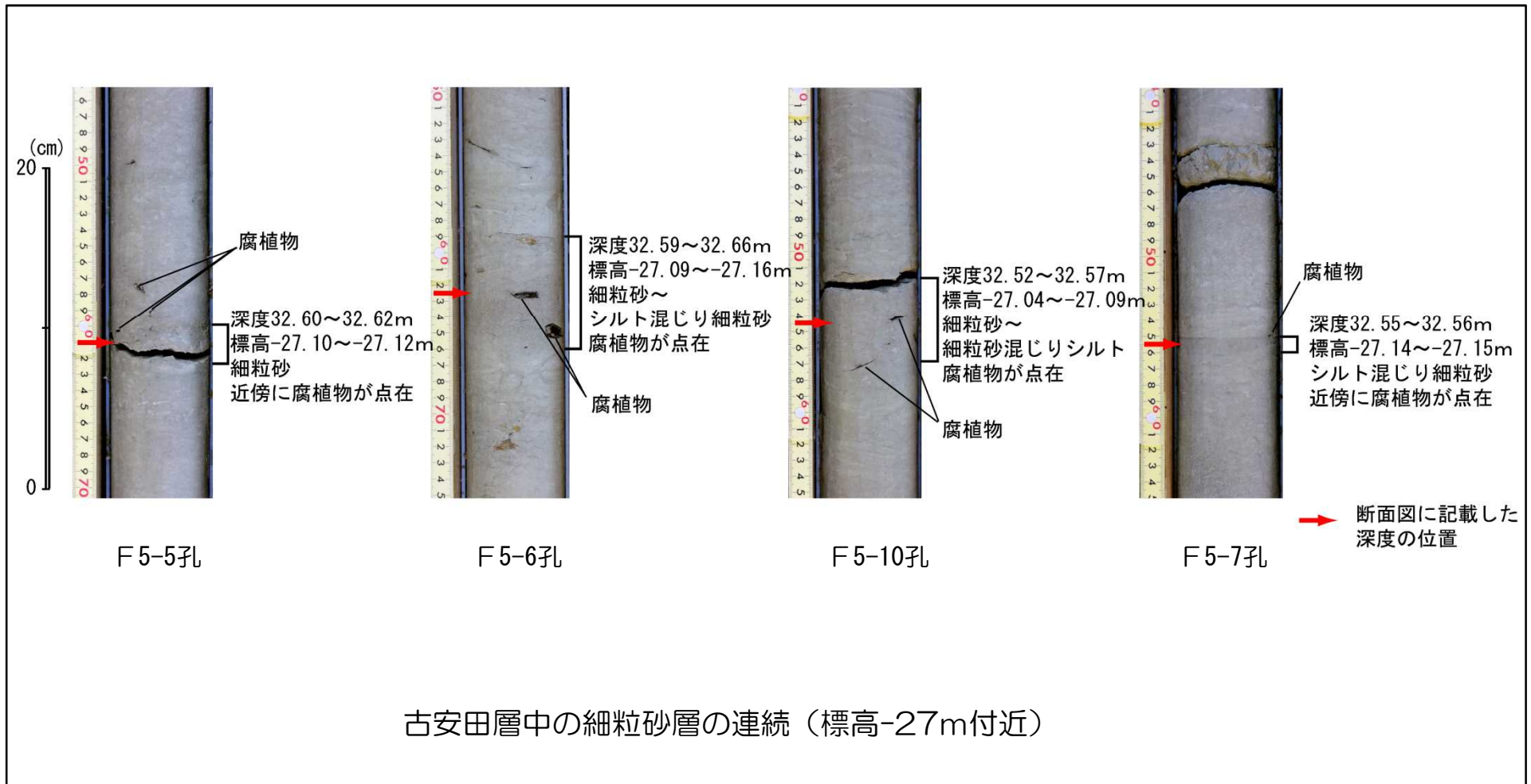
※加久藤テフラのデータは新編火山灰アトラス（2003）より引用。

火山ガラスの主成分分析結果

# 参考3 ボーリングコア写真 (その1)

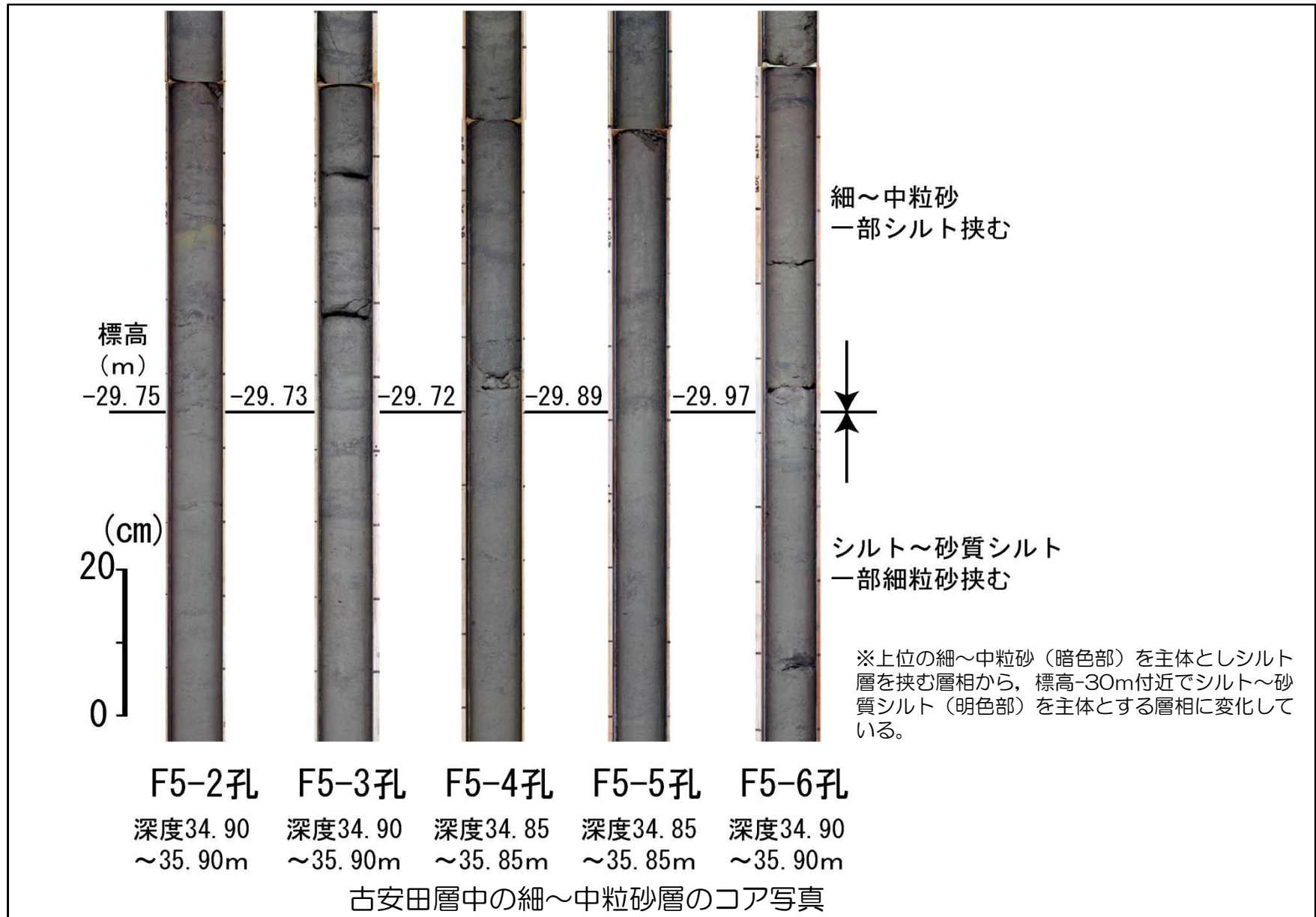


# 参考3 ボーリングコア写真（その2）

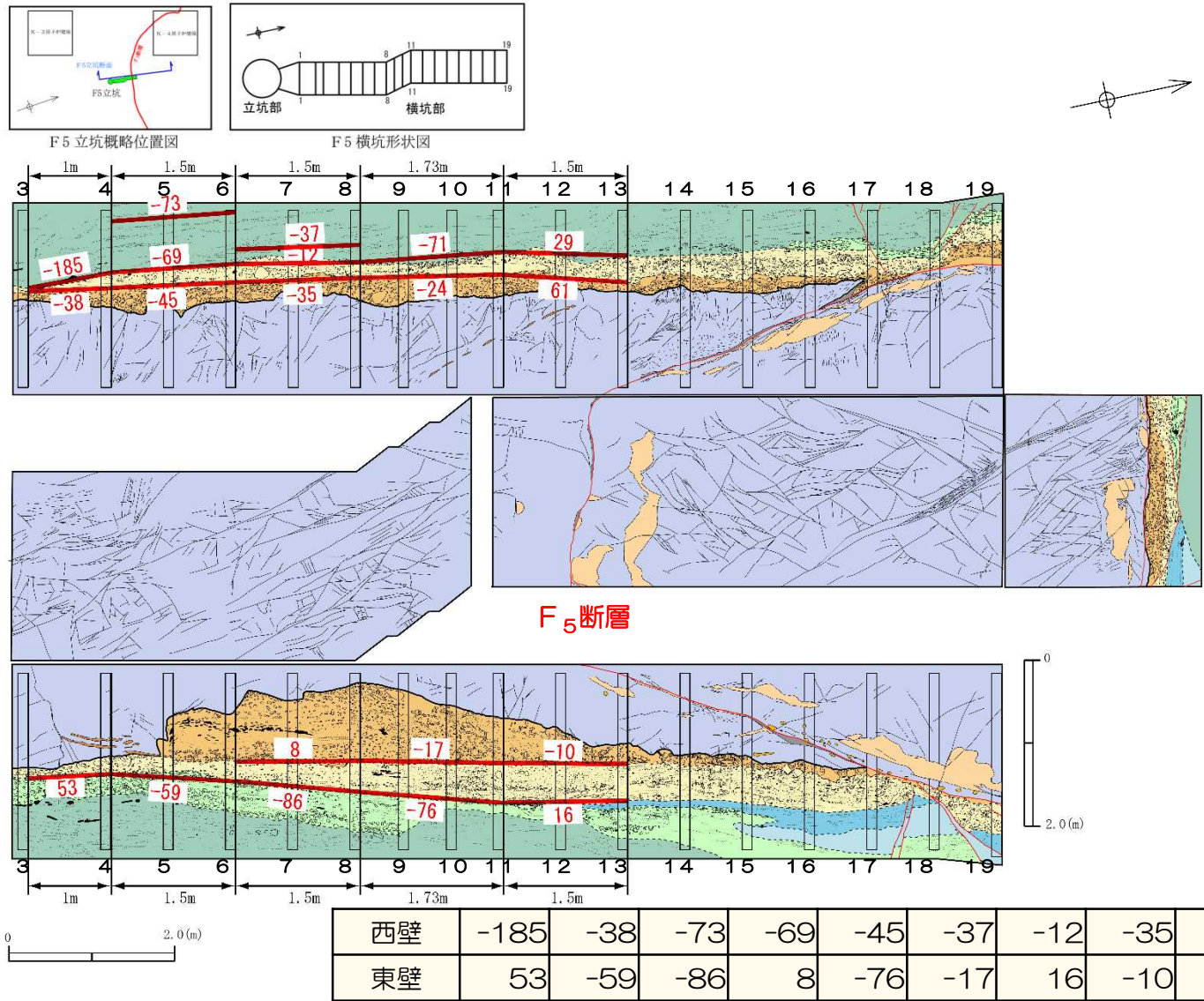




# 参考3 ボーリングコア写真 (その3)



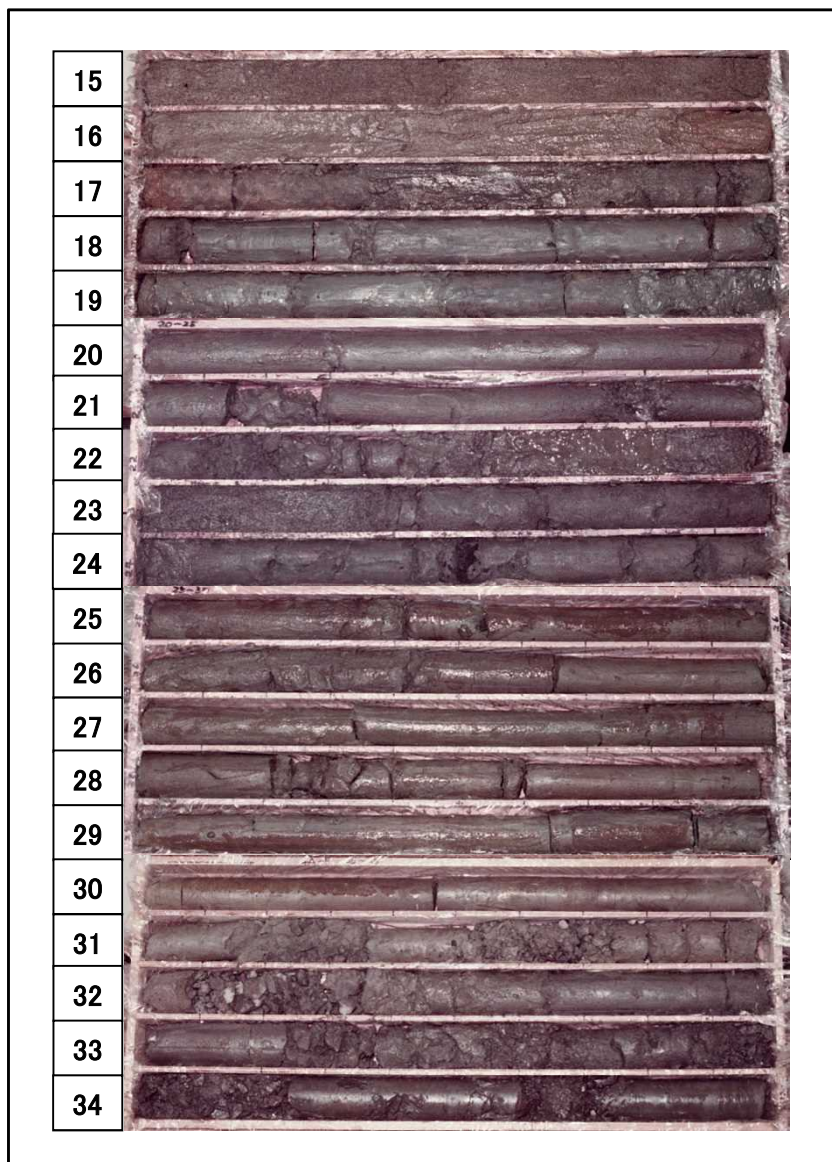
# 参考4 F5立坑横坑部古安田層の勾配



正值：北傾斜，負値：南傾斜

F5立坑横坑部における古安田層の勾配(絶対値) 最大値185%，最小値8%，平均値50.2%。

# 参考5 4A-5孔 ボーリングコア写真・柱状図

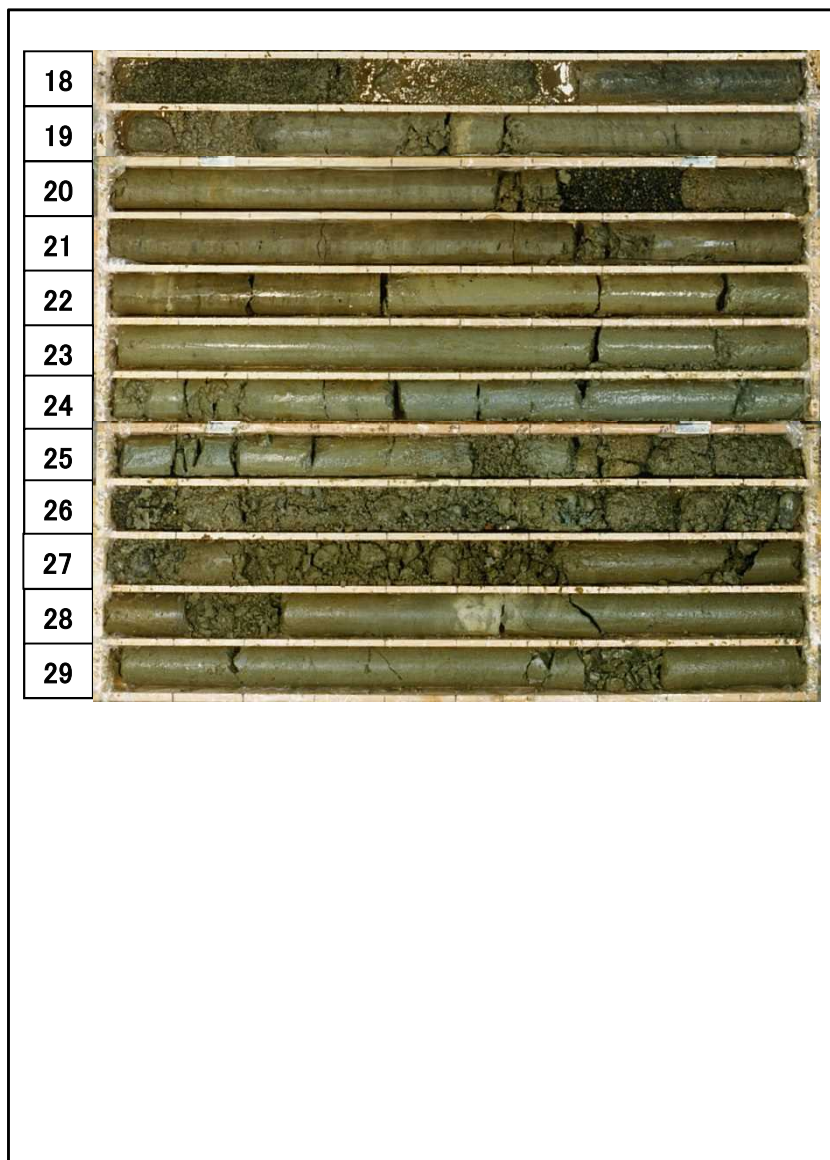


孔口標高：T.M.S.L.+8.73m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
			X	盛土・埋め戻し土			0.00~8.00 盛土・埋め戻し土
8.00	0.73	8.00		新期砂沖積層	褐色		8.00~17.07 細~中粒砂
17.07	-8.34	9.07		古安田層	オリブ灰色~暗緑灰色		17.07~21.71 シルト(一部細粒砂挟む) 21.71~23.37 細~中粒砂 23.37~31.55 シルト(一部細粒砂挟む)
32.45	-23.72	15.38		西山層	暗緑灰色		31.55~32.45 砂礫 32.45~160.80 泥岩 33.87 幅50mm粘土(F5) 33.87~40.00 へき開分布



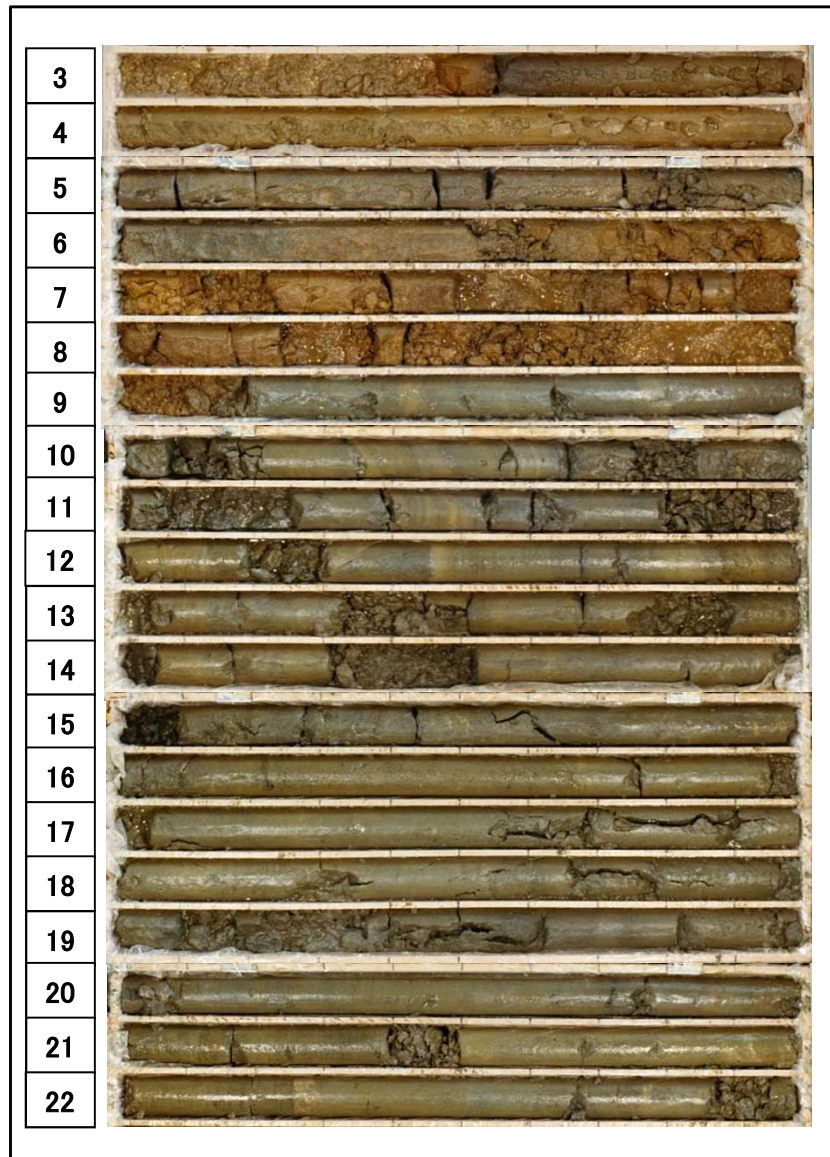
# 参考5 4-5孔 ボーリングコア写真・柱状図



孔口標高：T.M.S.L.+6.47m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
				新期砂層・沖積層	褐色	▽ ≡	0.00～14.29 細～粗粒砂
							14.29～15.45 シルト 15.45～19.20 砂礫
19.20	-12.73	19.20		古安田層	オリーブ 灰色～暗 緑灰色		19.20～23.10 シルト 23.10～25.40 細粒砂 25.40～27.10 砂礫
27.10	-20.63	7.90				暗 緑 灰 色	27.10～316.55 泥岩 27.10～37.50 へき開分布 28.15 幅20～25mm粘土 (F5) 28.35～28.50 径1～5mm程度の軽石含む (Np-6)

# 参考5 4R-5孔 ボーリングコア写真・柱状図（1）

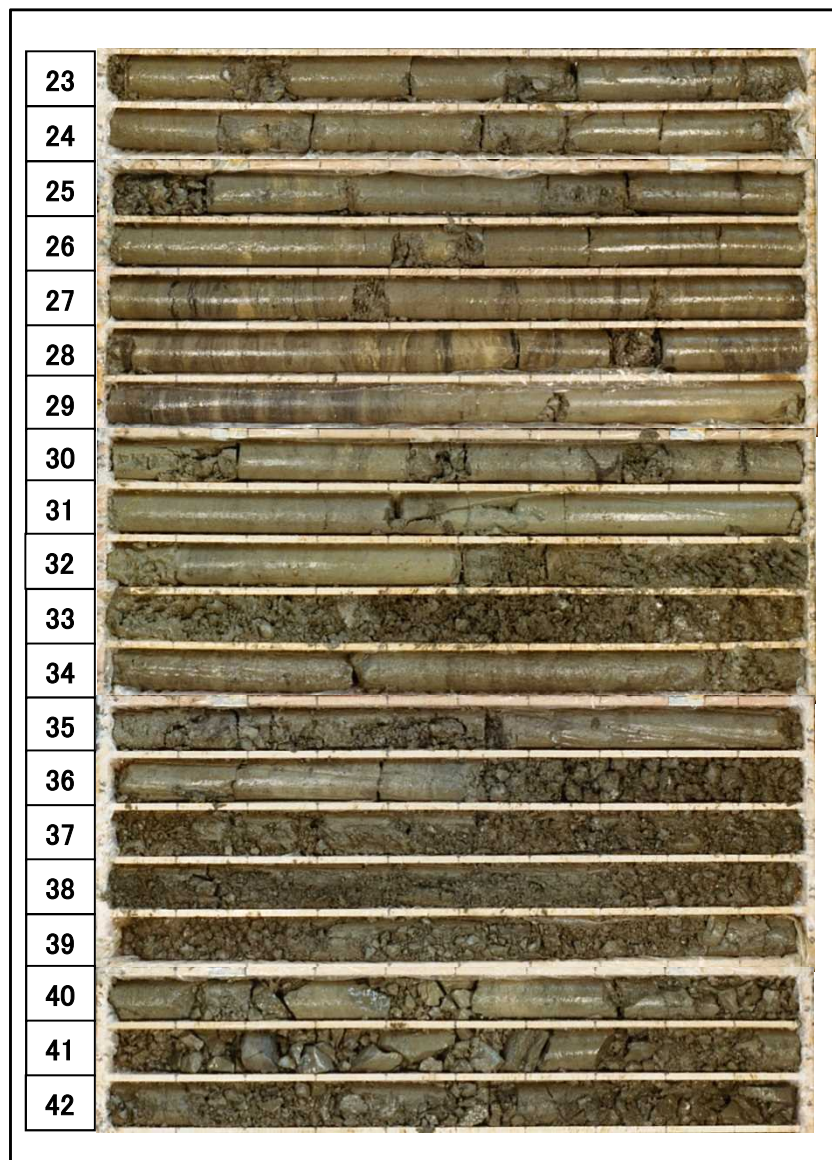


孔口標高：T.M.S.L.+8.53m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
3.00	5.53	3.00		新期砂層・沖積層	褐色 黄褐色	▽	0.00~3.00 細粒砂 3.00~3.50 中粒砂 3.50~6.00 シルト 6.00~9.20 中粒砂
				古安田層	オリーブ灰色 暗緑灰色		9.20~12.95 シルト(一部細粒砂挟む) 12.95~20.30 細粒砂(一部シルト挟む)  20.30~32.60 シルト  32.60~34.00 砂礫 34.00~36.95 礫混じりシルト
36.95	-28.42	33.95		西山層	暗緑灰色		36.95~311.65 泥岩 42.57~42.75 径1~2mm程度の軽石含む(Np-7)  49.52 幅40mm粘土(F5) 49.52~49.60 径2~5mm程度の軽石含む(Np-6) 49.70~55.95 へき開分布
50							



# 参考5 4R-5孔 ボーリングコア写真・柱状図 (2)



孔口標高：T.M.S.L.+8.53m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
3.00	5.53	3.00		新期砂層・沖積層	褐色 黄褐色	▽	0.00~3.00 細粒砂 3.00~3.50 中粒砂 3.50~6.00 シルト 6.00~9.20 中粒砂
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		9.20~12.95 シルト(一部細粒砂挟む) 12.95~20.30 細粒砂(一部シルト挟む)  20.30~32.60 シルト
36.95	-28.42	33.95		西山層	暗緑灰色		32.60~34.00 砂礫 34.00~36.95 礫混じりシルト  36.95~311.65 泥岩 42.57~42.75 径1~2mm程度の軽石含む(Np-7)
50							49.52 幅40mm粘土(F5) 49.52~49.60 径2~5mm程度の軽石含む(Np-6) 49.70~55.95 へき開分布



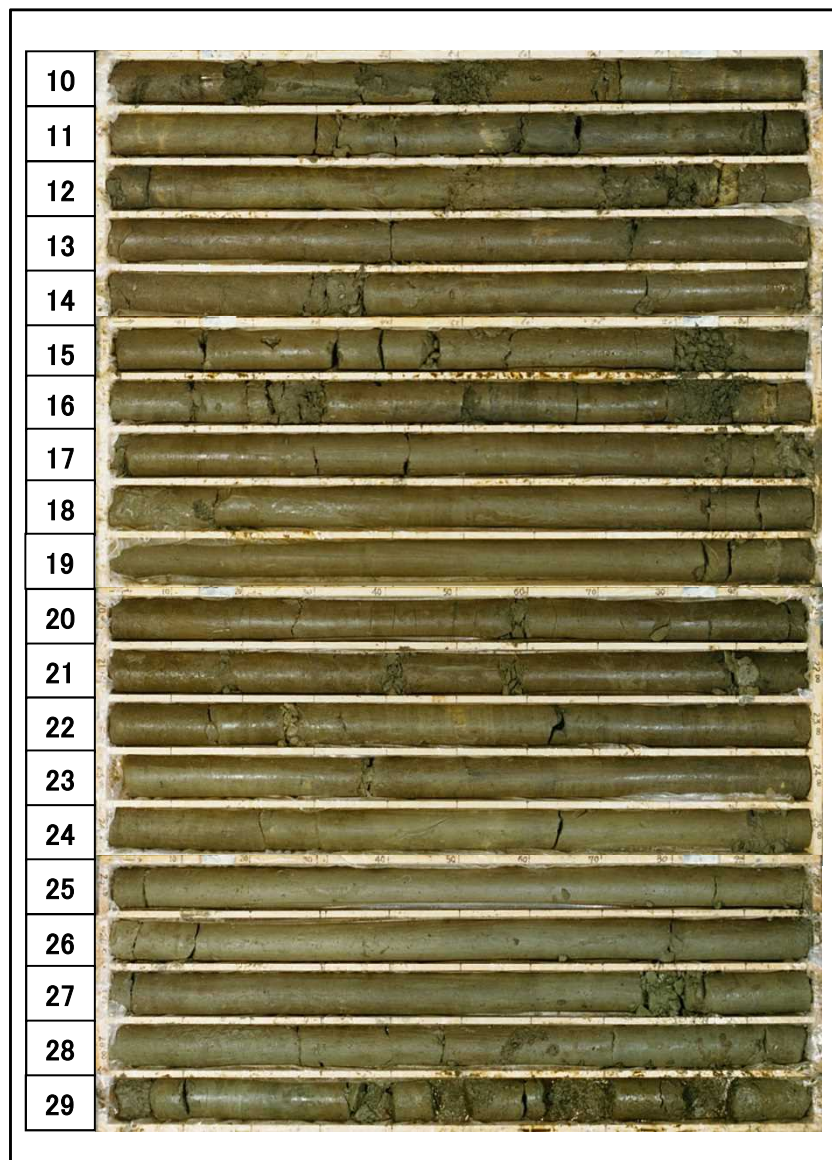
# 参考5 4R-5孔 ボーリングコア写真・柱状図 (3)

孔口標高：T.M.S.L.+8.53m



深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
3.00	5.53	3.00		新期砂層・沖積層	褐色 黄褐色	▽	0.00~3.00 細粒砂 3.00~3.50 中粒砂 3.50~6.00 シルト 6.00~9.20 中粒砂
				古安田層	オリーブ灰色〜暗緑灰色		9.20~12.95 シルト(一部細粒砂挟む) 12.95~20.30 細粒砂(一部シルト挟む)  20.30~32.60 シルト  32.60~34.00 砂礫 34.00~36.95 礫混じりシルト
36.95	-28.42	33.95		西山層	暗緑灰色		36.95~311.65 泥岩 42.57~42.75 径1~2mm程度の軽石含む(Np-7)  49.52 幅40mm粘土(F5) 49.52~49.60 径2~5mm程度の軽石含む(Np-6) 49.70~55.95 へき開分布
50							

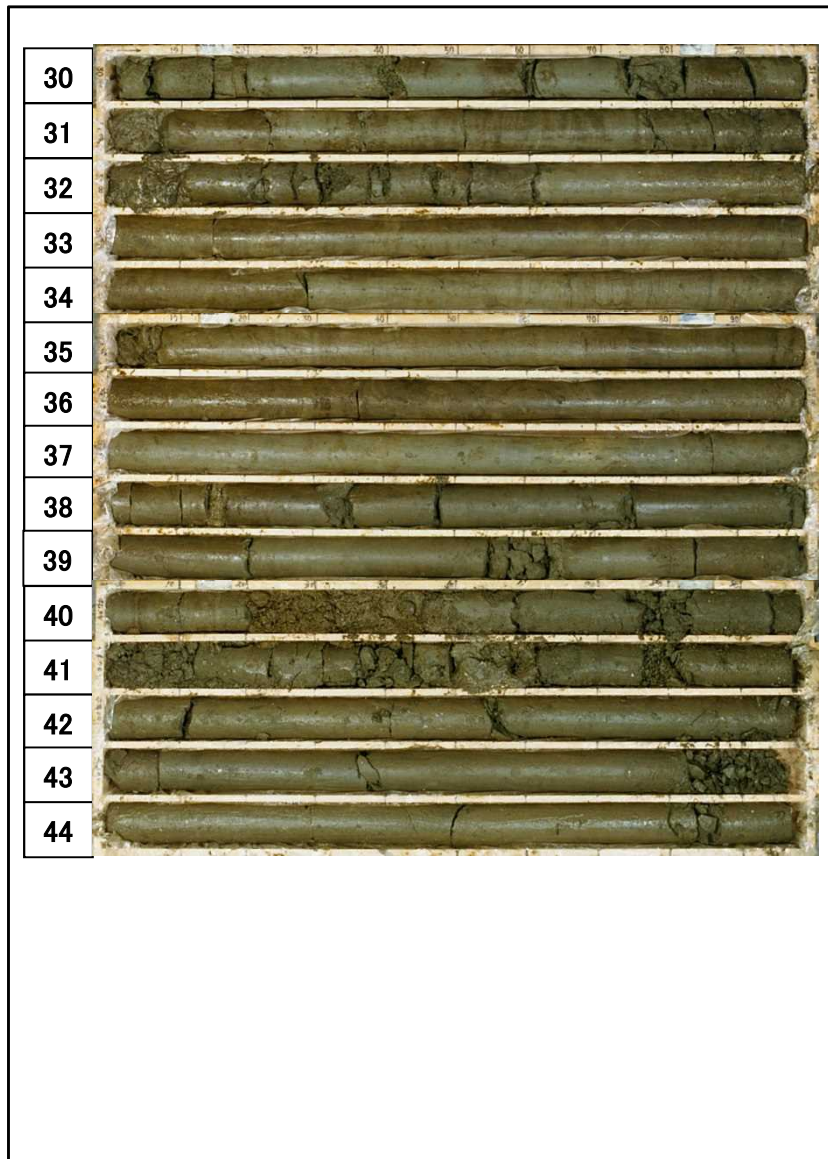
# 参考5 4-4孔 ボーリングコア写真・柱状図(1)



孔口標高：T.M.S.L.+7.39m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
10.50	-3.11	10.50		新期砂層・沖積層	褐色	▽ ≡	0.00~10.50 細~中粒砂
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		10.50~12.70 シルト(一部細粒砂挟む) 12.70~18.15 細粒砂(一部シルト挟む) 18.15~29.60 シルト 29.60~30.20 細粒砂(一部シルト挟む) 30.20~32.60 砂礫 32.60~35.00 シルト 35.00~36.70 腐植質シルト(縞状を呈する) 36.70~38.15 シルト 38.15~40.45 細粒砂(一部シルト挟む) 40.45~41.70 礫混じりシルト
41.70	-34.31	31.20		西山層	暗緑灰色		41.70~317.60 泥岩 41.70~42.40 へき開分布 44.75~47.70 へき開分布 46.27~46.35 灰白色細粒凝灰岩(Nt-15) 47.55~47.60 暗灰色細粒凝灰岩

# 参考5 4-4孔 ボーリングコア写真・柱状図 (2)



孔口標高：T.M.S.L.+7.39m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
10.50	-3.11	10.50		新期砂層・沖積層	褐色	▽ ≡	0.00~10.50 細~中粒砂
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		10.50~12.70 シルト(一部細粒砂挟む) 12.70~18.15 細粒砂(一部シルト挟む)  18.15~29.60 シルト  29.60~30.20 細粒砂(一部シルト挟む) 30.20~32.60 砂礫 32.60~35.00 シルト 35.00~36.70 腐植質シルト(縞状を呈する) 36.70~38.15 シルト 38.15~40.45 細粒砂(一部シルト挟む) 40.45~41.70 礫混じりシルト
41.70	-34.31	31.20		西山層	暗緑灰色		41.70~317.60 泥岩 41.70~42.40 へき開分布 44.75~47.70 へき開分布 46.27~46.35 灰白色細粒凝灰岩(Nt-15) 47.55~47.60 暗灰色細粒凝灰岩



# 参考5 4R-1孔 ボーリングコア写真・柱状図(1)



孔口標高：T.M.S.L.+11.57m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
3.00	8.57	3.00		新期砂 層・沖積層	褐色		0.00~3.00 細粒砂
				番神砂 層・大砂	黄褐色		3.00 ~13.45 中~粗粒砂(一部シルト挟む)
13.45	-1.88	10.45				▽ ≡	13.45~22.00 シルト(一部細粒砂挟む)
				古安田層	オリ ーブ 灰色 、 暗 緑 灰 色		22.00~22.70 細粒砂 22.70~32.20 シルト
							32.20~32.80 腐植質シルト(縞状を呈する) 32.80~36.25 シルト
							36.25~39.05 砂礫
							39.05~39.60 シルト 39.60~41.65 腐植質シルト(縞状を呈する) 41.65~44.00 シルト
							44.00~49.00 細粒砂
49.20 50	-37.63	35.75		西山層	暗 緑 灰 色		49.00~49.20 砂礫 49.20~318.65 泥岩 49.20~57.22 へき開分布
							58.55~62.00 へき開分布 60.14~60.17 灰白色細粒凝灰岩(Nt-15) 61.56~61.60 暗灰色細粒凝灰岩

# 参考5 4R-1孔 ボーリングコア写真・柱状図 (2)



孔口標高：T.M.S.L.+11.57m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
3.00	8.57	3.00		新期砂層・沖積層	褐色		0.00~3.00 細粒砂
				番神砂大層・湊砂	黄褐色		3.00 ~13.45 中~粗粒砂(一部シルト挟む)
13.45	-1.88	10.45				▽ ≡	13.45~22.00 シルト(一部細粒砂挟む)
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		22.00~22.70 細粒砂 22.70~32.20 シルト
							32.20~32.80 腐植質シルト(縞状を呈する) 32.80~36.25 シルト
							36.25~39.05 砂礫
							39.05~39.60 シルト 39.60~41.65 腐植質シルト(縞状を呈する) 41.65~44.00 シルト
							44.00~49.00 細粒砂
49.20 50	-37.63	35.75		西山層	暗緑灰色		49.00~49.20 砂礫 49.20~318.65 泥岩 49.20~57.22 へき開分布
							58.55~62.00 へき開分布 60.14~60.17 灰白色細粒凝灰岩(Nt-15) 61.56~61.60 暗灰色細粒凝灰岩



# 参考5 4R-1孔 ボーリングコア写真・柱状図 (3)

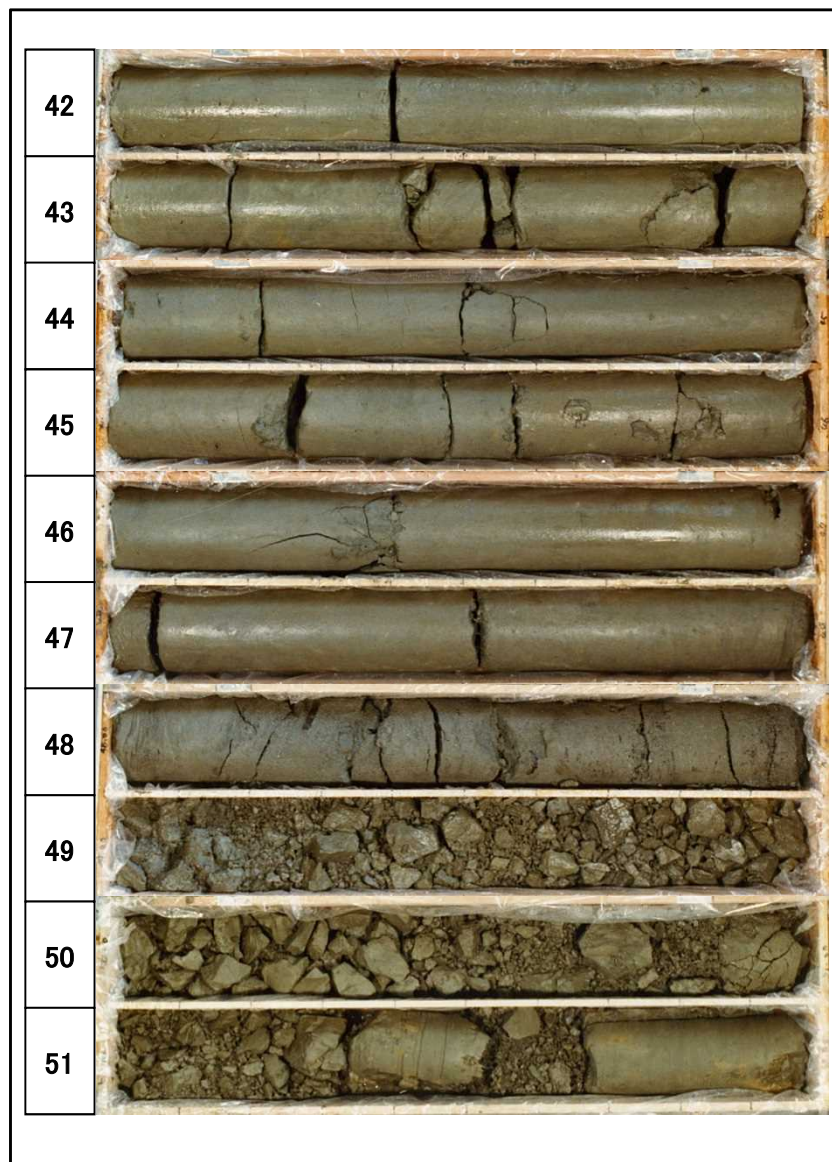


孔口標高：T.M.S.L.+11.57m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
3.00	8.57	3.00		新期砂沖積層	褐色	▽ ≡	0.00～3.00 細粒砂
					黄褐色		3.00～13.45 中～粗粒砂(一部シルト挟む)
13.45	-1.88	10.45		神砂大層 番層・砂湊	オリーブ灰色～暗緑灰色		13.45～22.00 シルト(一部細粒砂挟む)
							22.00～22.70 細粒砂 22.70～32.20 シルト
49.20 50	-37.63	35.75		古安田層	暗緑灰色		32.20～32.80 腐植質シルト(縞状を呈する) 32.80～36.25 シルト 36.25～39.05 砂礫 39.05～39.60 シルト 39.60～41.65 腐植質シルト(縞状を呈する) 41.65～44.00 シルト 44.00～49.00 細粒砂
						西山層	49.00～49.20 砂礫 49.20～318.65 泥岩 49.20～57.22 へき開分布 58.55～62.00 へき開分布 60.14～60.17 灰白色細粒凝灰岩(Nt-15) 61.56～61.60 暗灰色細粒凝灰岩



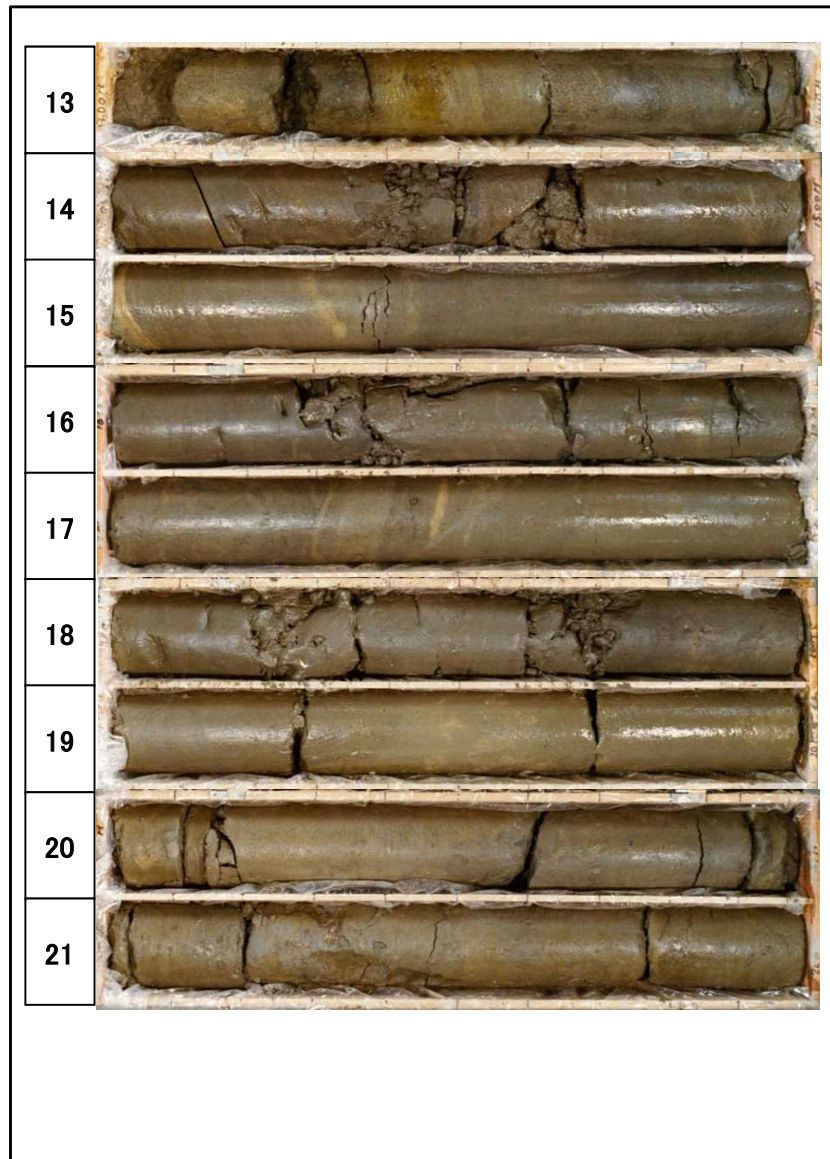
# 参考5 4R-1孔 ボーリングコア写真・柱状図（4）



孔口標高：T.M.S.L.+11.57m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
3.00	8.57	3.00		新期砂 層・沖積層	褐色	▽ ≡	0.00～3.00 細粒砂
					黄褐色		3.00～13.45 中～粗粒砂(一部シルト挟む)
13.45	-1.88	10.45		神砂大層 ・ 番層・砂	オリ ーブ 灰色 ～ 暗 緑 灰色	▽ ≡	13.45～22.00 シルト(一部細粒砂挟む)
							古安田層
49.20 50	-37.63	35.75		西山層	暗 緑 灰色	▽ ≡	32.20～32.80 腐植質シルト(縞状を呈する) 32.80～36.25 シルト 36.25～39.05 砂礫 39.05～39.60 シルト 39.60～41.65 腐植質シルト(縞状を呈する) 41.65～44.00 シルト 44.00～49.00 細粒砂 49.00～49.20 砂礫 49.20～318.65 泥岩 49.20～57.22 へき開分布

# 参考5 4R-2孔 ボーリングコア写真・柱状図（1）

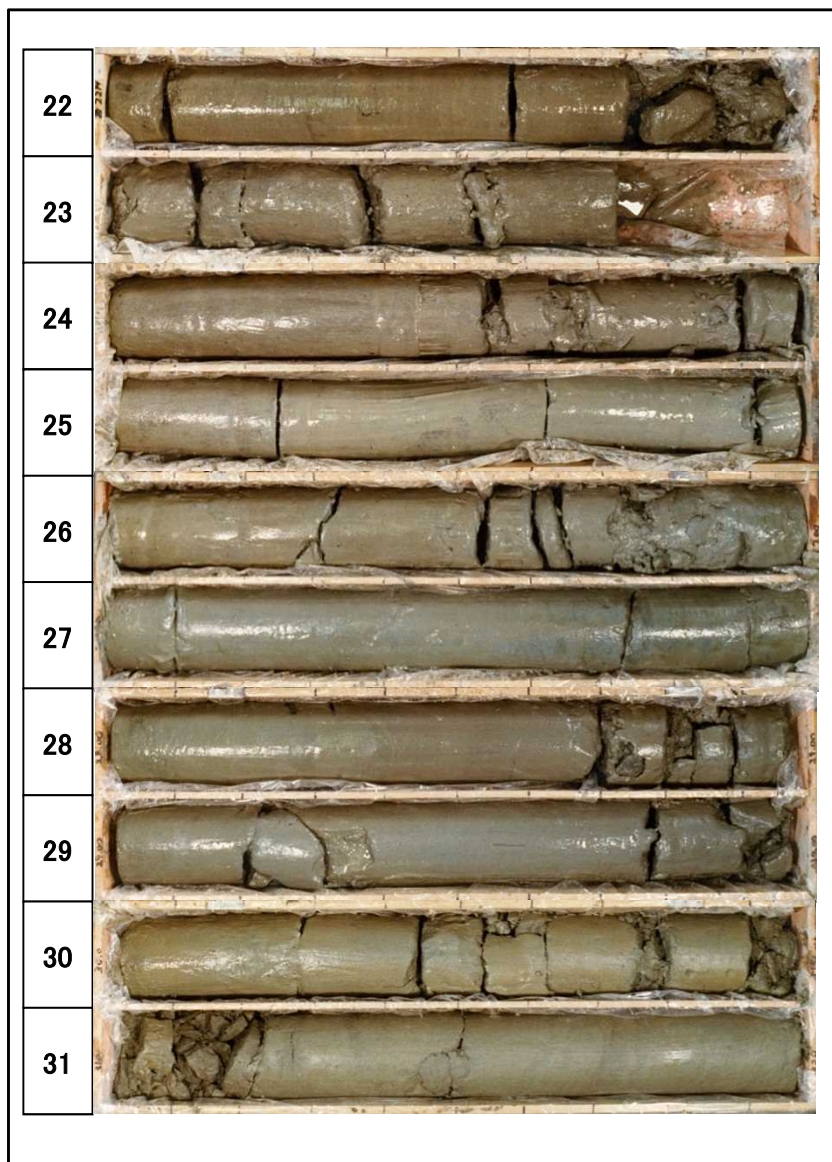


孔口標高：T.M.S.L.+8.27m

深度	標高	層厚	柱状図	地層名	色相	孔内水	記事
				新期砂層・沖積層	褐色～黄褐色	▽ ≡	0.00～13.36 細～中粒砂
13.36	-5.09	13.36					13.36～18.00 シルト
				古安田層	オリーブ灰色～暗緑灰色		18.00～19.00 シルト・細粒砂互層 19.00～31.10 シルト(一部細粒砂挟む) 19.47～20.00 火山灰質シルトの薄層挟む
							31.10～35.55 シルト～細粒砂(基底部に礫を含む)
							35.55～41.22 シルト
							41.22～46.45 シルト～細粒砂
46.95	-38.68	33.59		西山層	暗緑灰色		46.45～46.95 砂礫
50							46.95～316.00 泥岩 49.20～49.40 径0.5～1mm程度の軽石含む



# 参考5 4R-2孔 ボーリングコア写真・柱状図(2)



孔口標高：T.M.S.L.+8.27m

深度	標高	層厚	柱状図	地層名	色相	孔内水	記事
				新期砂層・沖積層	褐色～黄褐色	▽ ≡	0.00～13.36 細～中粒砂
13.36	-5.09	13.36		古安田層	オリブ灰色～暗緑灰色		13.36～18.00 シルト 18.00～19.00 シルト・細粒砂互層 19.00～31.10 シルト(一部細粒砂挟む) 19.47～20.00 火山灰質シルトの薄層挟む
						31.10～35.55 シルト～細粒砂(基底部に礫を含む)	
						35.55～41.22 シルト	
						41.22～46.45 シルト～細粒砂	
46.95	-38.68	33.59		西山層	暗緑灰色		46.45～46.95 砂礫 46.95～316.00 泥岩 49.20～49.40 径0.5～1mm程度の軽石含む
50							



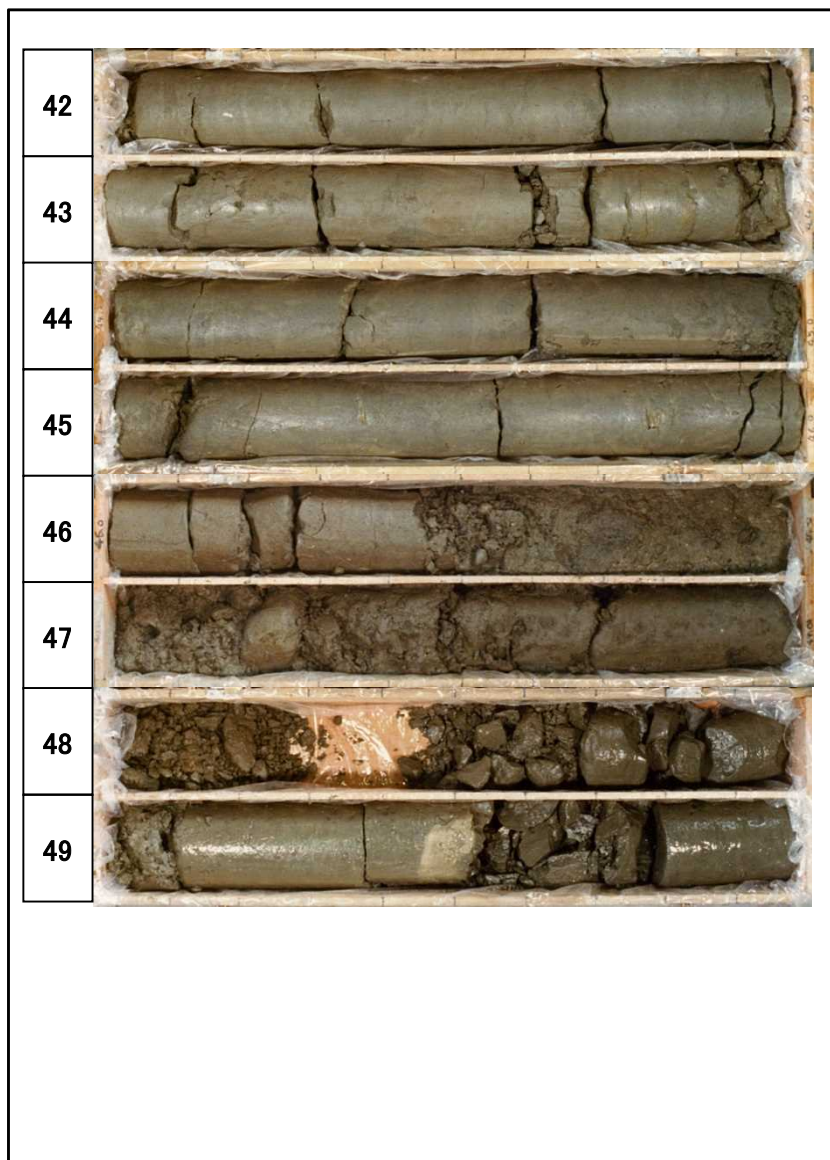
# 参考5 4R-2孔 ボーリングコア写真・柱状図 (3)



孔口標高：T.M.S.L.+8.27m

深度	標高	層厚	柱状図	地層名	色相	孔内水	記事
				新期砂層・沖積層	褐色～黄褐色	▽ ≡	0.00～13.36 細～中粒砂
13.36	-5.09	13.36					13.36～18.00 シルト
				古安田層	オリブ灰色～暗緑灰色		18.00～19.00 シルト・細粒砂互層 19.00～31.10 シルト(一部細粒砂挟む) 19.47～20.00 火山灰質シルトの薄層挟む
							31.10～35.55 シルト～細粒砂(基底部に礫を含む)
							35.55～41.22 シルト
							41.22～46.45 シルト～細粒砂
46.95	-38.68	33.59		西山層	暗緑灰色		46.45～46.95 砂礫
50							46.95～316.00 泥岩 49.20～49.40 径0.5～1mm程度の軽石含む

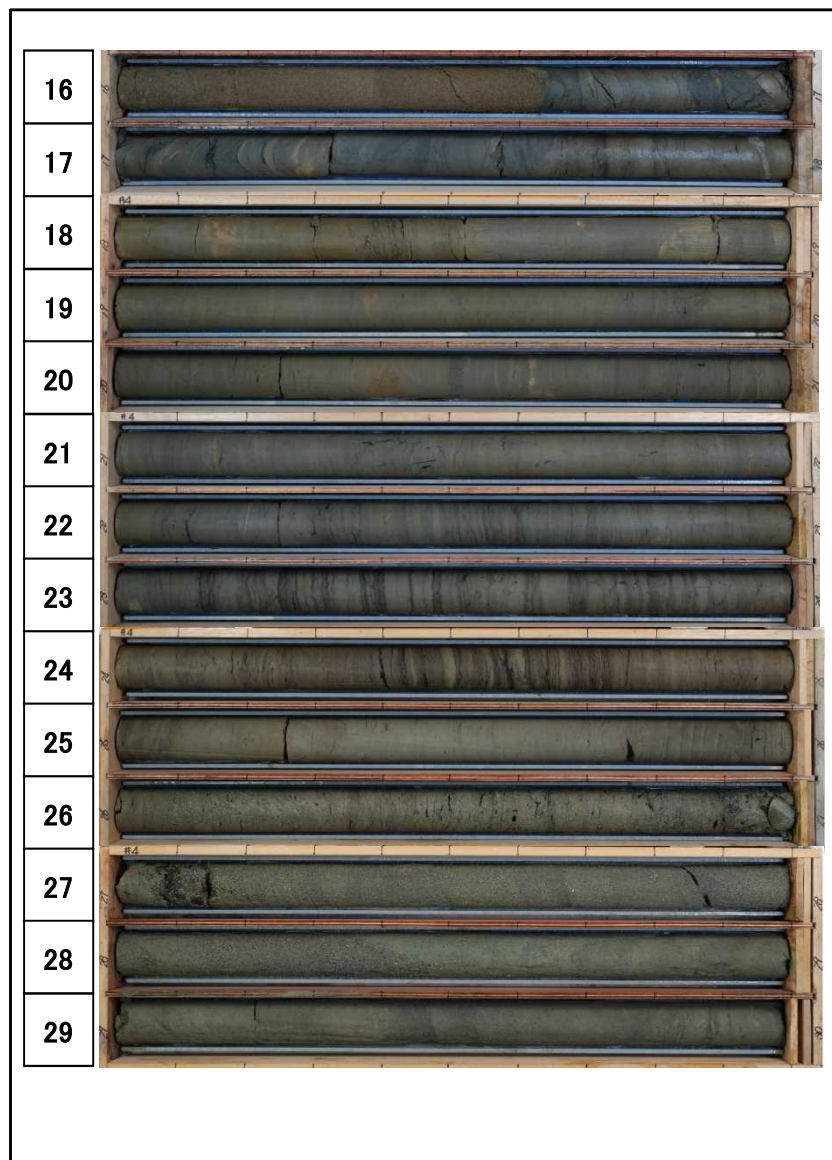
# 参考5 4R-2孔 ボーリングコア写真・柱状図(4)



孔口標高：T.M.S.L.+8.27m

深度	標高	層厚	柱状図	地層名	色相	孔内水	記事
				新期砂層・沖積層	褐色～黄褐色	▽ ≡	0.00～13.36 細～中粒砂
13.36	-5.09	13.36					13.36～18.00 シルト 18.00～19.00 シルト・細粒砂互層 19.00～31.10 シルト(一部細粒砂挟む) 19.47～20.00 火山灰質シルトの薄層挟む
				古安田層	オリーブ灰色～暗緑灰色		31.10～35.55 シルト～細粒砂(基底部に礫を含む) 35.55～41.22 シルト 41.22～46.45 シルト～細粒砂
46.95	-38.68	33.59		西山層	暗緑灰色		46.45～46.95 砂礫 46.95～316.00 泥岩 49.20～49.40 径0.5～1mm程度の軽石含む
50							

# 参考5 #4孔 ボーリングコア写真・柱状図（1）

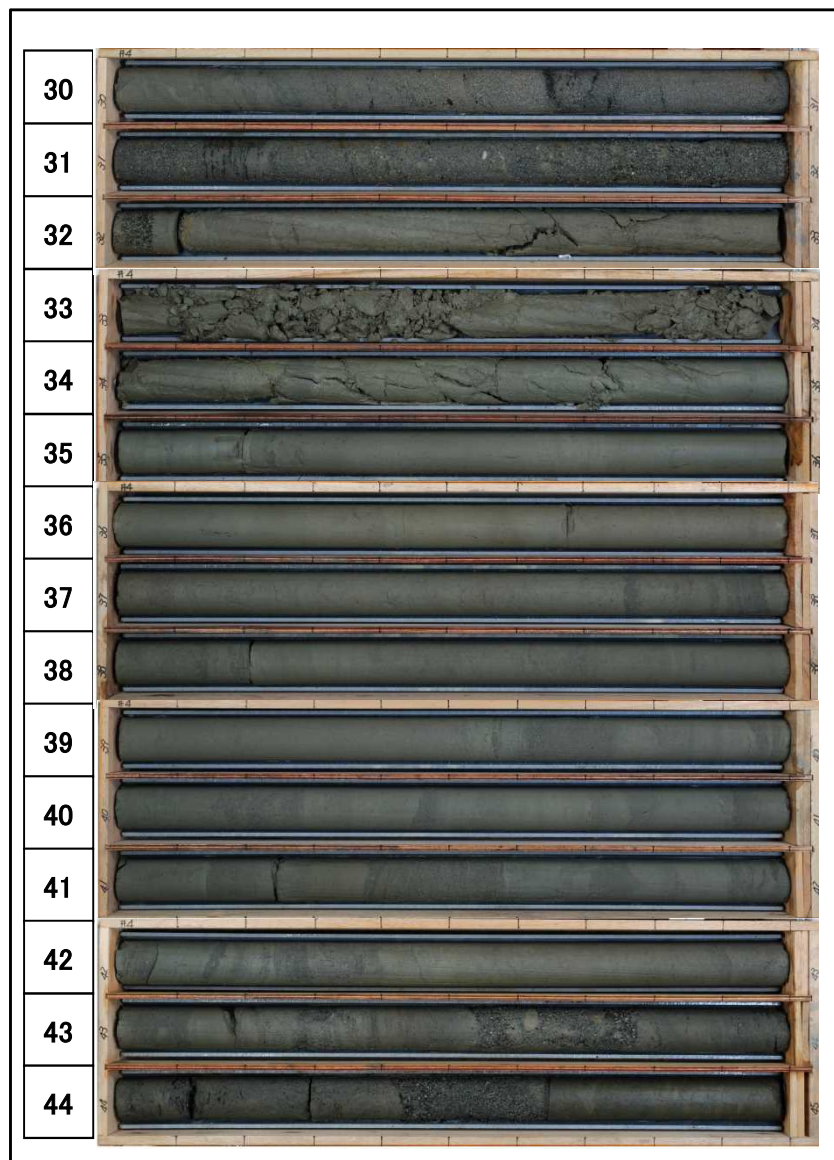


孔口標高：T.M.S.L.+4.78m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事	
			X	盛土・埋め戻し土		▽ ▽ ▽		
16.64	-11.86	16.64	[Pattern 1]	古安田層	暗緑灰色		16.64～17.65 シルト質細粒砂 17.65～26.08 シルト 17.96～17.98 灰色細粒火山灰 (Ata-Th)	
			[Pattern 2]					26.08～27.17 シルト質砂礫 27.17～30.30 細～中粒砂 (一部シルトを挟む) 30.30～32.06 粗粒砂～礫混じり粗粒砂 32.06～41.13 シルト
			[Pattern 3]					41.13～44.64 細～粗粒砂 (一部砂礫を挟む)
44.64	-39.86	28.00	[Pattern 4]	西山層	暗緑灰色		44.64～311.00 泥岩 47.38～47.46 灰白色細粒凝灰岩 (Nt-15) 48.00～51.83 へき開分布 48.74～48.78 暗灰色細粒凝灰岩	
50			[Pattern 5]					



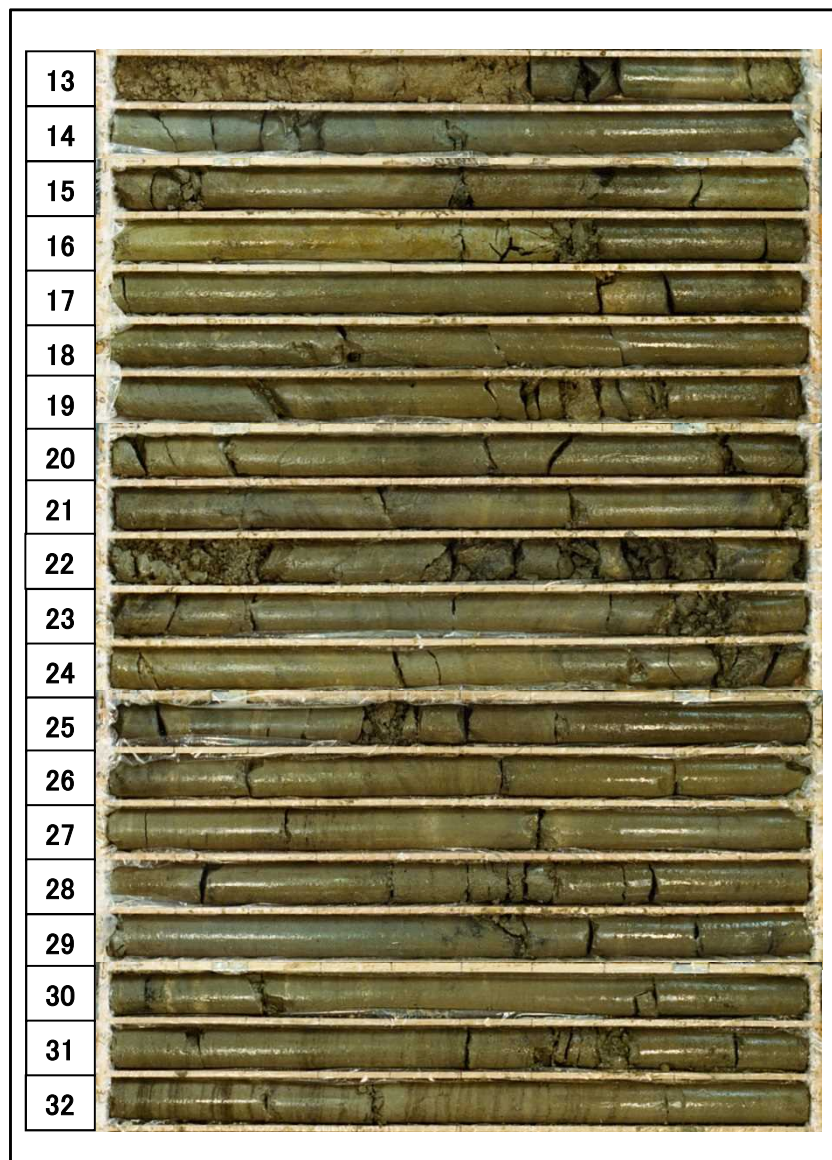
# 参考5 #4孔 ボーリングコア写真・柱状図 (2)



孔口標高：T.M.S.L.+4.78m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
			X	盛土・埋め戻し土		▽ ▽ ▽	
16.64	-11.86	16.64	[Pattern 1]	古安田層	暗緑灰色		16.64~17.65 シルト質細粒砂 17.65~26.08 シルト 17.96~17.98 灰色細粒火山灰 (Ata-Th)
			[Pattern 2]				26.08~27.17 シルト質砂礫 27.17~30.30 細~中粒砂 (一部シルトを挟む) 30.30~32.06 粗粒砂~礫混じり粗粒砂 32.06~41.13 シルト
44.64	-39.86	28.00	[Pattern 3]	西山層	暗緑灰色		41.13~44.64 細~粗粒砂 (一部砂礫を挟む)
50			[Pattern 4]				44.64~311.00 泥岩 47.38~47.46 灰白色細粒凝灰岩 (Nt-15) 48.00~51.83 へき開分布 48.74~48.78 暗灰色細粒凝灰岩

# 参考5 4R-3孔 ボーリングコア写真・柱状図(1)

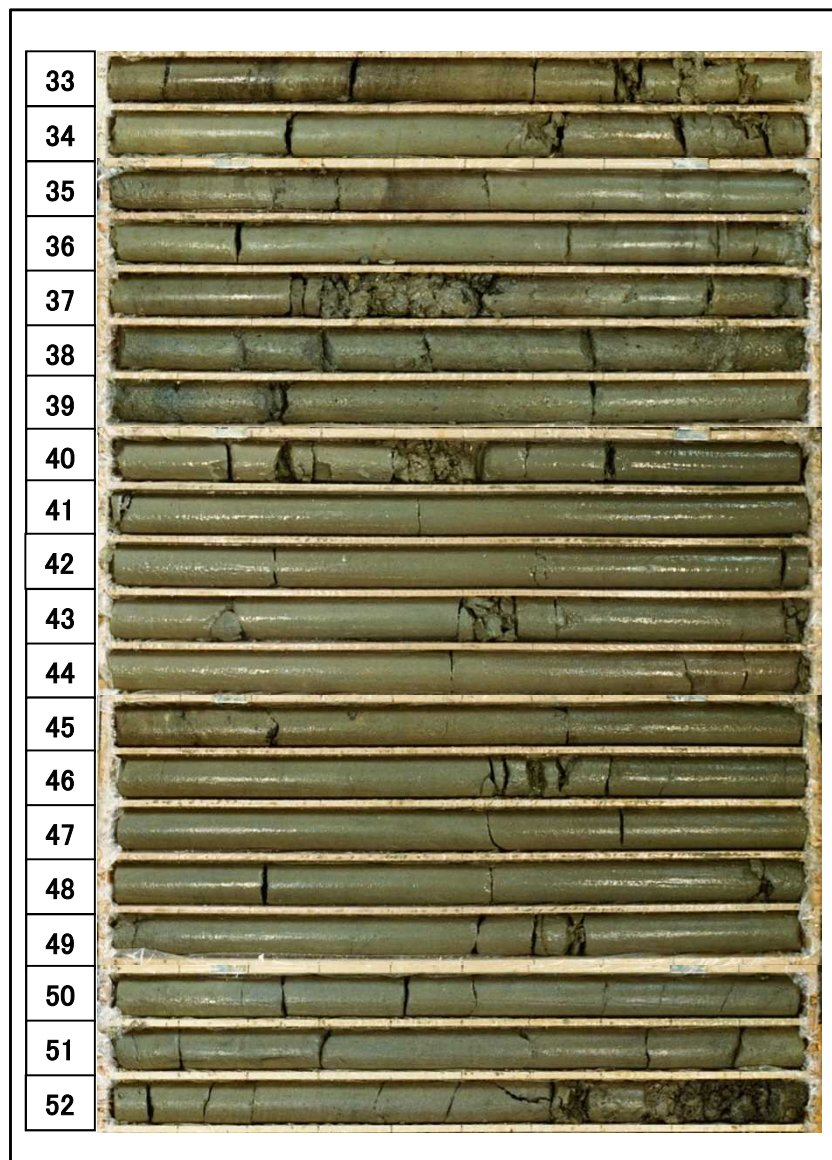


孔口標高：T.M.S.L.+12.85m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
5.60	7.25	5.60		新期砂層・沖積層	褐色		0.00~5.60 シルト質中粒砂
13.70	-0.85	8.10		三神層・大湊砂	黄褐色		5.60~13.70 中~粗粒砂
				古安田層	オリブ灰色~暗緑灰色	▽ ≡	13.70~21.15 シルト(一部細粒砂挟む)  21.15~23.13 細粒砂・シルト 23.13~33.08 シルト(所々に腐植質シルトを縞状に挟む)  26.80 灰白色火山灰(層厚3cm)  33.08~33.75 腐植質シルト(縞状を呈する) 33.75~37.30 シルト  37.30~37.57 砂礫 37.57~39.53 中粒砂(一部砂質シルト挟む) 39.53~44.70 シルト  44.70~45.23 腐植質シルト(縞状を呈する) 45.23~48.87 シルト  48.87~52.63 細粒砂(一部シルト, 中粒砂挟む)
52.95	-40.10	39.25		西山層	暗緑灰色		52.63~52.95 砂礫 52.95~320.05 泥岩
							61.60~61.70 灰白色細粒凝灰岩(Nt-15)



# 参考5 4R-3孔 ボーリングコア写真・柱状図 (2)

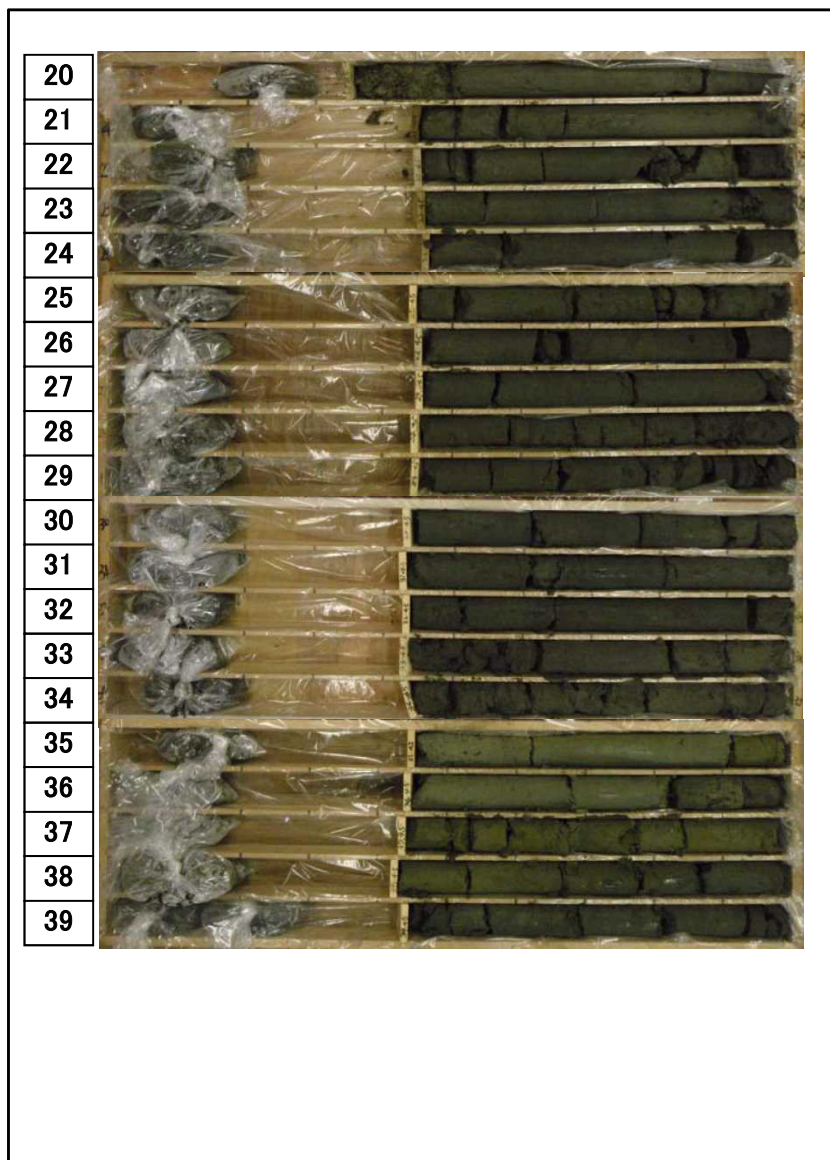


孔口標高：T.M.S.L.+12.85m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
5.60	7.25	5.60		新期砂層・沖積層	褐色		0.00~5.60 シルト質中粒砂
				番神砂層・大湊砂	黄褐色		5.60~13.70 中~粗粒砂
13.70	-0.85	8.10				▽ =	13.70~21.15 シルト(一部細粒砂挟む)
				古安田層	オリーブ灰色~暗緑灰色		21.15~23.13 細粒砂・シルト 23.13~33.08 シルト(所々に腐植質シルトを縞状に挟む) 26.80 灰白色火山灰(層厚3cm) 33.08~33.75 腐植質シルト(縞状を呈する) 33.75~37.30 シルト 37.30~37.57 砂礫 37.57~39.53 中粒砂(一部砂質シルト挟む) 39.53~44.70 シルト 44.70~45.23 腐植質シルト(縞状を呈する) 45.23~48.87 シルト 48.87~52.63 細粒砂(一部シルト, 中粒砂挟む)
50 52.95	-40.10	39.25		西山層	暗緑灰色		52.63~52.95 砂礫 52.95~320.05 泥岩 61.60~61.70 灰白色細粒凝灰岩(Nt-15)



# 参考5 A-19孔 ボーリングコア写真・柱状図



深度20.00m~40.00m

孔口標高：T.M.S.L.+5.55m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
20.50	-14.95	0.50		新期砂層・沖積層	黄灰色		細砂を不規則に少量含む 粘性有す 貝殻片、腐植物少量混入
30				古安田層	暗灰色 〜 暗褐色 〜 緑青灰色		24.0m付近、砂分多く含む  26.0m付近より粘性強くなる  28.0m付近より暗褐色になり、所々有機質  32.0m付近、細砂の薄層挟む  35.5m付近より緑青灰色で、浮石、雲母片少量混入 36.45~36.73mは泥岩礫
37.45	-31.90	16.95		西山層	暗緑灰色		岩としては軟質 37.45~39.35mの間、風化部 部分的にシルト質、亀裂多い
40							

※標準貫入試験を実施しているためコアが一部欠如

# 参考5 B-21孔 ボーリングコア写真・柱状図



深度21.00m~47.00m

孔口標高：T.M.S.L.+5.43m

深 度	標 高	層 厚	柱 状 図	地 層 名	色 相	孔 内 水	記 事
21				新期砂層 沖積層	暗黄褐色		
22				古安田層	緑青灰色		含水32m付近まで少量 以深わずかでほぼ脱水した感じである 粒子は、全体にほぼ均質である 23.2m~23.3mは微細砂挟む 24m付近、28m付近および29.5~30m付近は貝片を点在 色調は28m付近までは暗灰で32m付近までは緑灰 32m~33mにかけての色調は暗灰主体であるが、薄層状にあまり一定しない
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36				暗灰色		含水多い、粒径は不均一 下端は腐植した木片を混入する	
37							
38							
39							
40				青灰色 暗灰色		含水少~中位、粒子不均質、色調は暗灰ベースだが35m~40mは5~10cm間隔で有機質土との互層状が顕著である 36.7m-1cmほど軽石を混入 37.5~37.8mは、ブロック状のシルトをやや多く点在し色調もまばらである 40.2m~40.35mは細砂	
41							
42				青灰色 暗灰色		含水わずか、粒子は均質、軟弱である 腐植物もわずかに点在する 含水少、粒子不均質 42.5~43.0mは腐植した木片がやや多く密集する 含水少ない、粒子はほぼ均質~下部は均質、白色の火山灰が斑点状にみられる、小さな根の混入も1箇所あり	
43							
44				西山層	暗緑 灰色		含水少、粒子は不均質、細砂を混じる 44.75mからφ20mm程度の円礫を少量混入する 含水45.3mまでほぼなし、以深は棒状コアとなるが破碎しやすいほど脱水している、小さい打撃でも簡単に割れる
45							
46							
44.80	-39.37	23.80					
47							

※標準貫入試験を実施しているためコアが一部欠如

## 参考文献

- 上田圭一, 谷和夫 (1999) : 基盤の断層変位に伴う第四紀層及び地表の変形状況の検討 (その2) -正断層, 逆断層模型実験 電力中央研究所研究報告No.U98048
- 大坪誠 (2008) : 新潟堆積盆地地域のテクトニクス : 新潟県中越沖地震および中越地震発生地域の地質学的背景, 地質ニュース, 649, pp.9-15.
- 岸 清・宮脇理一郎・宮脇明子 (1996) : 新潟県柏崎平野における上部更新統の層序と古環境の復元. 第四紀研究, vol.35, no.1, pp.1-16.
- リン ハイランド・ピーター ボブロウスキー著 野崎保訳 日本地すべり学会新潟支部監訳 (2013) : 地すべりハンドブック-地すべりを知るためのガイド-. 日本地すべり学会新潟支部, pp.1-140.
- A.D.Gibbs (2002) Structural evolution of extensional basin margins, in R.E.Holdsworth, J.P.Turner eds., Extensional Tectonics : Faulting and Related Processes, Part II, Published by The Geological Society London, pp.1-9.
- Keisuke Yoshida, Akira Hasegawa, Tomomi Okada, Takeshi Iinuma, Yoshihiro Ito, and Youichi Asano (2012) , Stress before and after the 2011 great Tohoku-oki earthquake and induced earthquakes in inland areas of eastern Japan, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 39, L03302, doi:10.1029/2011GL049729
- Satoshi Miura, Toshiya Sato, Akira Hasegawa, Yoko Suwa, Kenji Tachibana, and Satoshi Yui, (2004), Strain concentration zone along the volcanic front derived by GPS observations in NE Japan arc; Earth Planets Space, 56, 1347-1355
- Withjack, M. O., and Callaway, J. S., (2000) , Active normal faulting beneath a salt layer -- an experimental study of deformation in the cover sequence: AAPG Bulletin, v. 84, p. 627-651.