

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  
(F<sub>5</sub>断層に関する調査・評価)

平成28年2月12日  
東京電力株式会社



東京電力

※安田層下部層のMIS10～MIS7とMIS6の境界付近の堆積物  
については、本資料では『古安田層』と仮称する。

# 本日のご説明の概要

## F<sub>5</sub>断層

①西山層の層理面に平行に分布すること, ②条線の方が褶曲軸に高角度で交差すること, ③運動センスが逆断層センスであることから, 初成的には西山層の褶曲に伴い形成された層面すべり断層と判断される。

### 褶曲構造に関連したF<sub>5</sub>断層の運動

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・敷地の褶曲運動は古安田層に変位・変形を与えておらず, 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。

### 褶曲構造に関連しないF<sub>5</sub>断層の運動

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, 壁面観察結果及び研磨片・薄片観察結果から, F<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の運動, 高角度断層, 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。  
一連の正断層(F<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の運動, 高角度断層及び低角度断層)は, 標高-30m付近のMIS9堆積物まで変位・変形を与えているものの, 標高-30m以浅のMIS9堆積物からMIS7堆積物に変位・変形を与えていない。

指摘時期	コメント		説明内容	頁
H27/12/2 審査会合	F <sub>5</sub> 断層	F <sub>5</sub> 断層については, 調査の位置や手法が不十分な場合が考えられるので, 詳細な検討を行うこと。	本変更申請における耐震重要施設である荒浜側防潮堤付近などについて, 新たにボーリング調査を実施し, 荒浜側防潮堤付近ではF <sub>5</sub> 断層の正断層としての活動は認められないことを確認した。	P.48
		EL.-19m付近のF5-7'孔の筋状の模様について説明すること。	筋状模様は, ボーリングコアの裏面には確認されず, 掘削時のスリーブによるキズであることを確認している。	P.80
		EL.-19m付近のF5-11孔の地層が傾いている理由を説明すること。	傾斜については, 当該箇所には断層は存在せず, F5-11孔の上下及び周囲の孔に同様な傾斜も認められないことから, 断層の影響によるものではないと判断され, 地震等による未固結時のスランプの可能性はある。	P.82
		MIS7堆積物北側の地層が南へ傾斜している理由を説明すること。	地層の傾斜は, MIS7堆積物基底の砂礫層及び砂層が北側ほど厚く堆積しており, これを腐植層が覆って堆積したためと推定される。	P.86
	古安田層	安田層下部層のMIS9~MIS7の堆積物の呼称について説明すること。	柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書(6号及び7号原子炉設置の変更)では, 安田層下部層のうちMIS5e海進期の安田層下部層と不整合関係にある下位の地層を古安田層と仮称する。 当該地層については, 今後速やかに論文等において報告する。	P.91

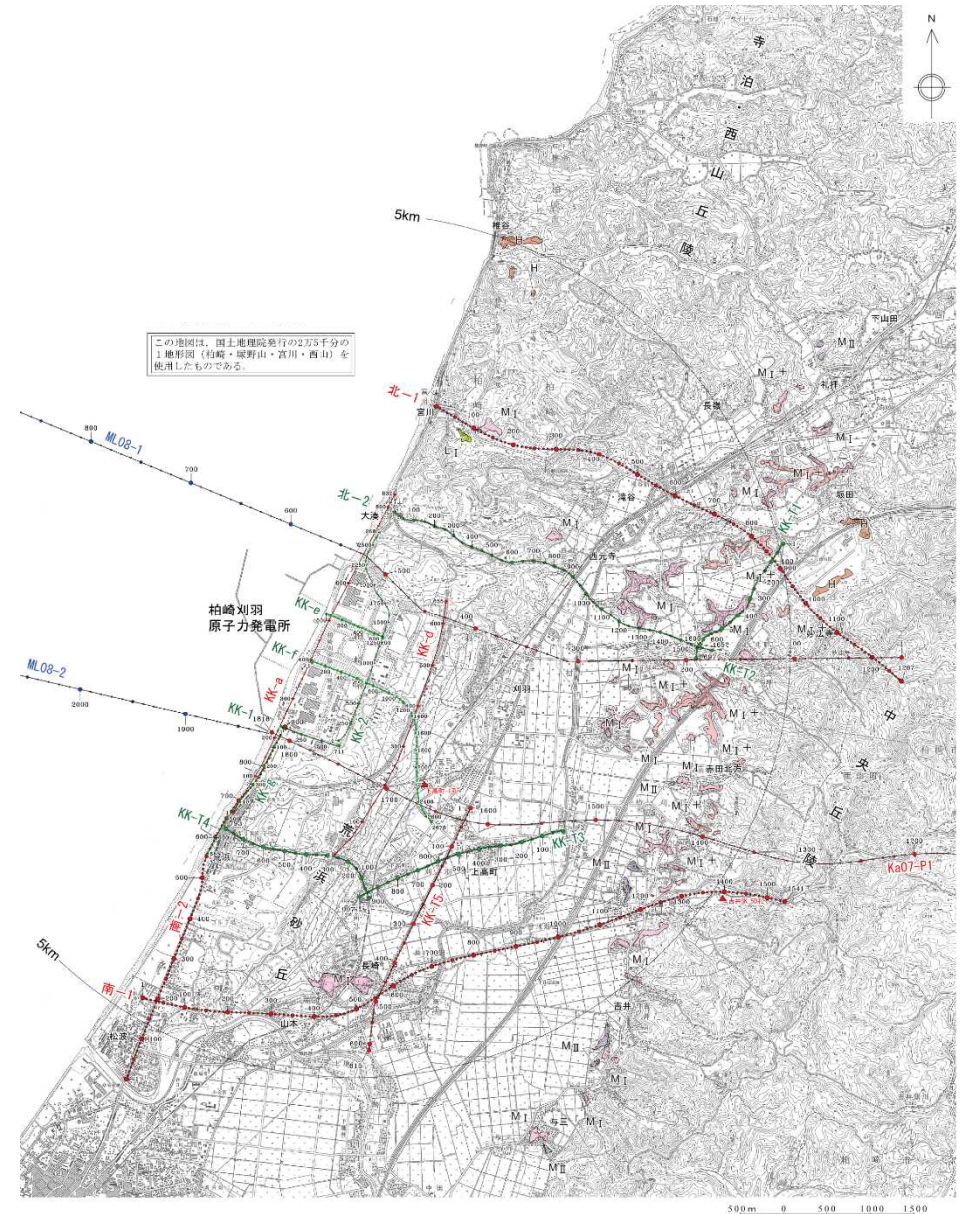
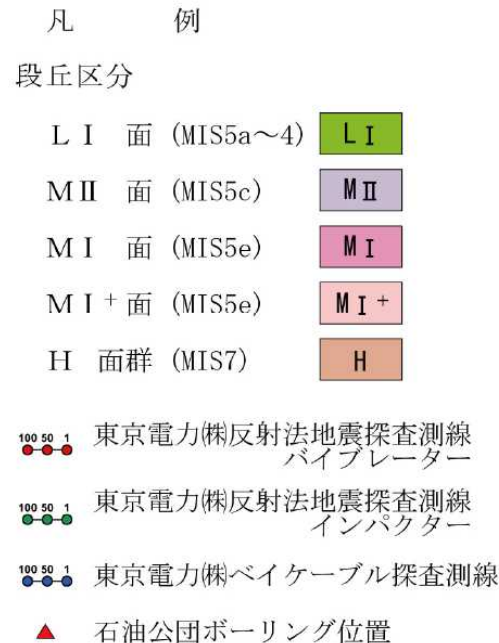
- 
- 1 褶曲構造に関連したF<sub>5</sub> 断層の運動に関する調査・評価
    - 1.1 地形
    - 1.2 地質・地質構造
    - 1.3 応力場
    - 1.4 総合評価
  
  - 2 褶曲構造に関連しないF<sub>5</sub> 断層の運動に関する調査・評価
    - 2.1 地形
    - 2.2 地質・地質構造
      - 2.2.1 地質・地質構造（F5立坑）
      - 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤）
    - 2.3 応力場
    - 2.4 総合評価
  
  - 3 まとめ
  
  - 4 その他指摘事項

- 
- 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
      - 2.2.1 地質・地質構造（F5立坑）
      - 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤）
    - 2.3 応力場
    - 2.4 総合評価
  
  - 3 まとめ
  
  - 4 その他指摘事項

# 1.1 地形（文献調査・空中写真判読）

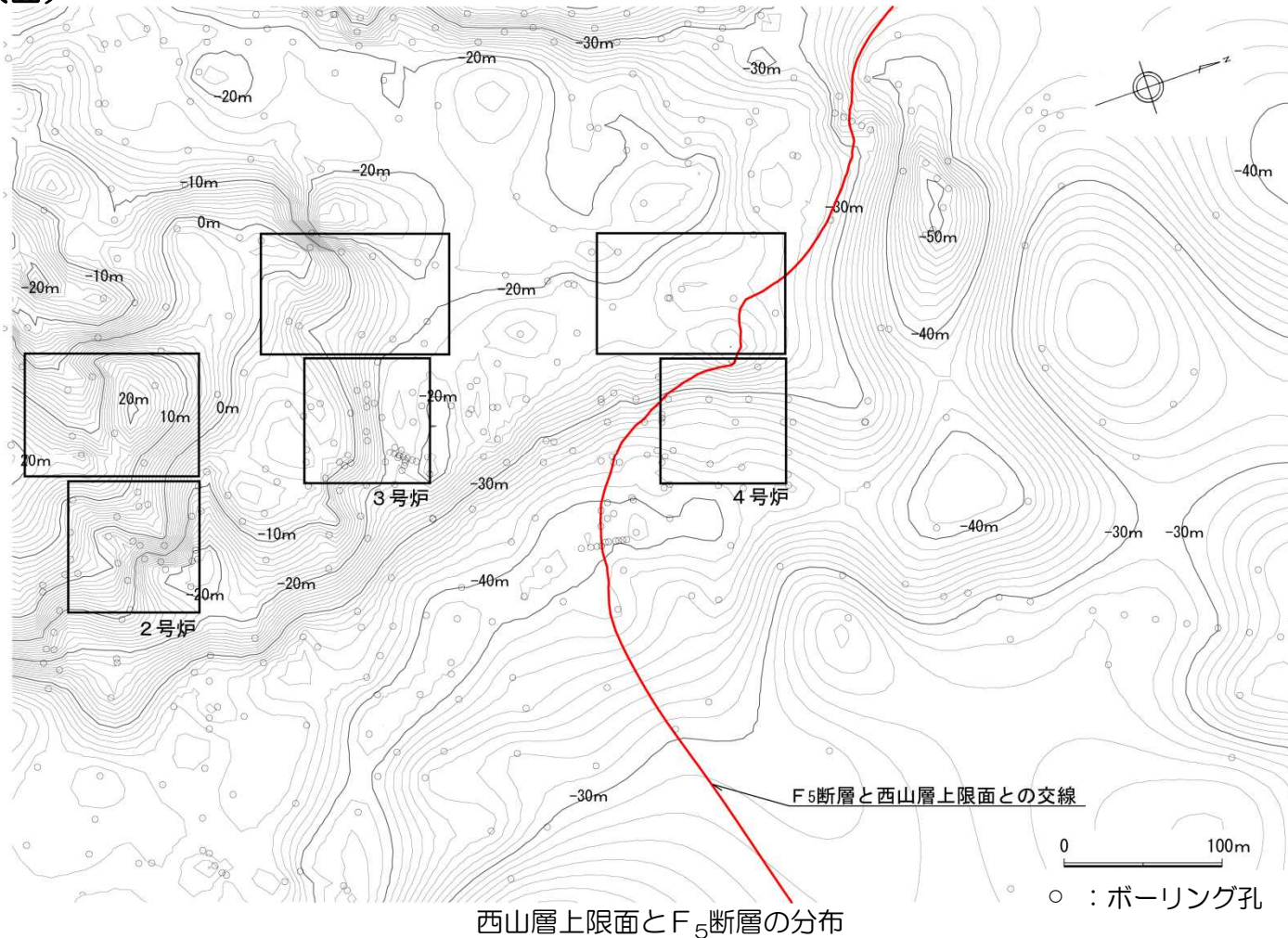
## （敷地及び敷地近傍の変動地形）

- [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。



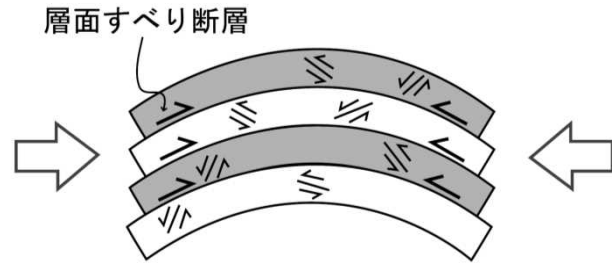
# 1.1 地形（古地形）

（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）



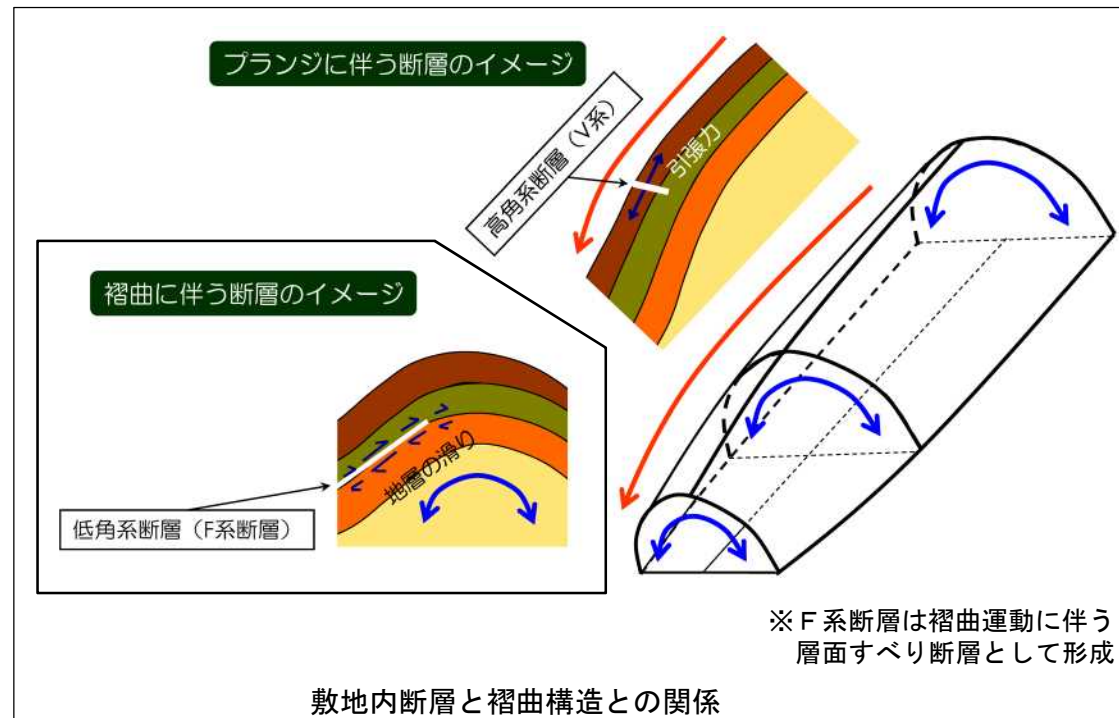
第6図 Flexural-slip foldの模式図.

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。

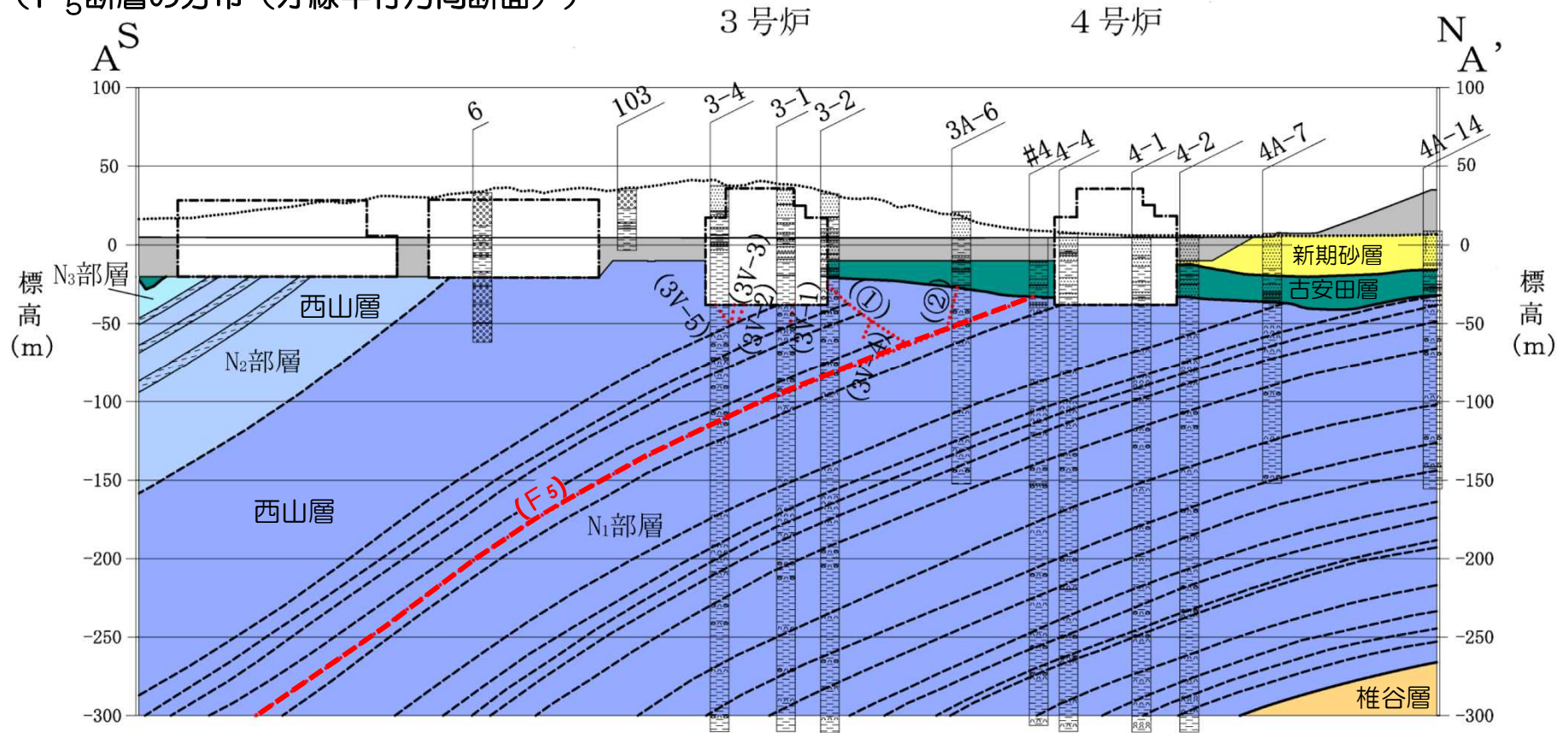
大坪(2008)より抜粋



- 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

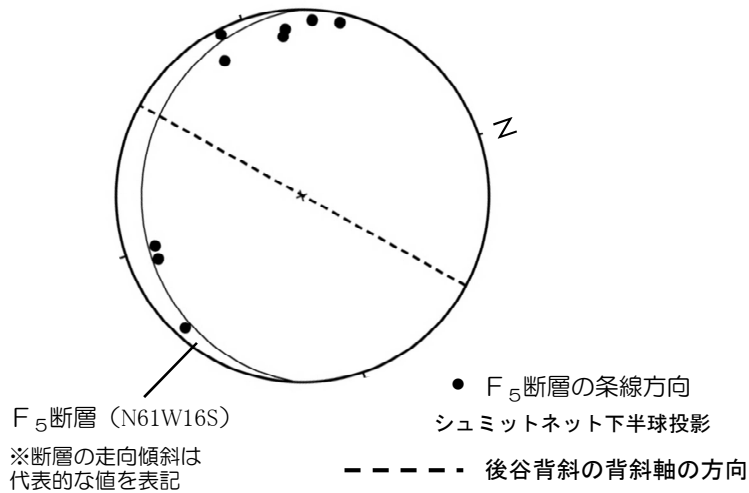
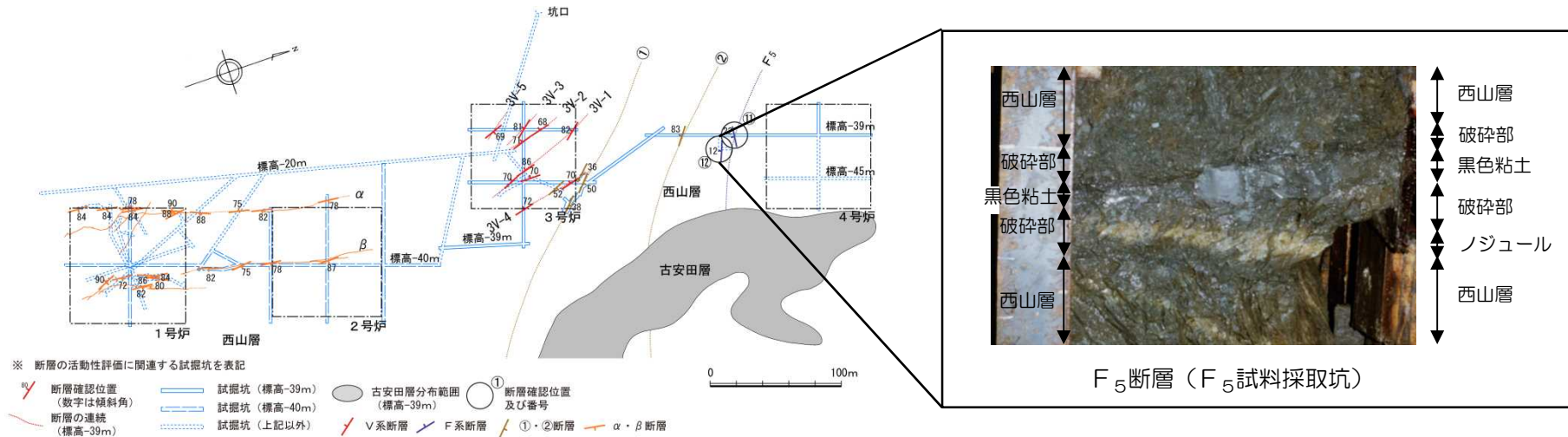
- 凡例
- : 盛土・埋め戻し土
  - : 西山層(N<sub>3</sub>部層)
  - : 新期砂層
  - : 西山層(N<sub>2</sub>部層)
  - : 古安田層
  - : 西山層(N<sub>2</sub>部層)中の鍵層
  - : 椎谷層
  - : 西山層(N<sub>1</sub>部層)
  - : 西山層(N<sub>1</sub>部層)中の鍵層

■ 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）

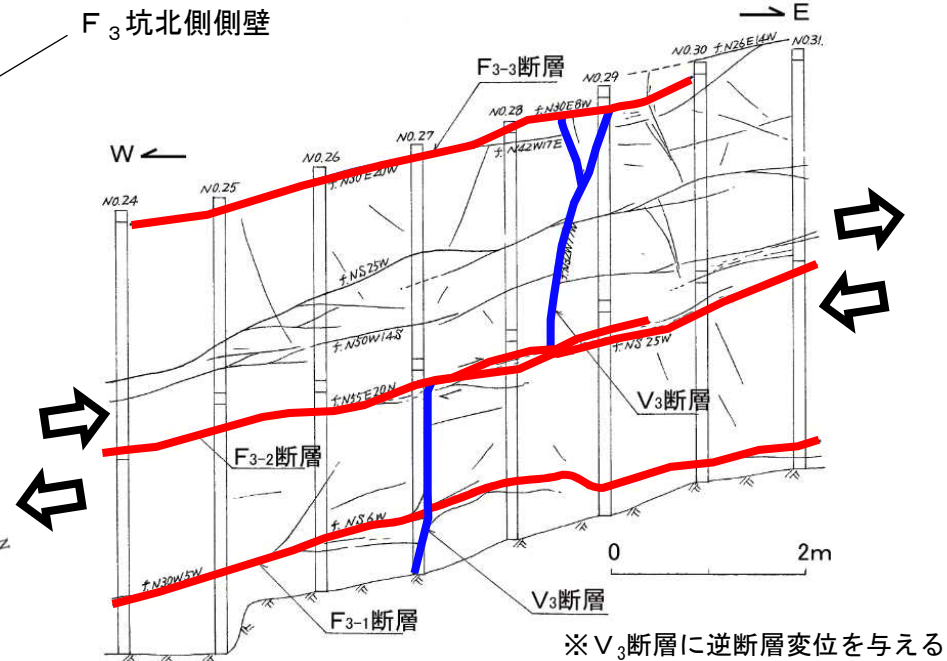
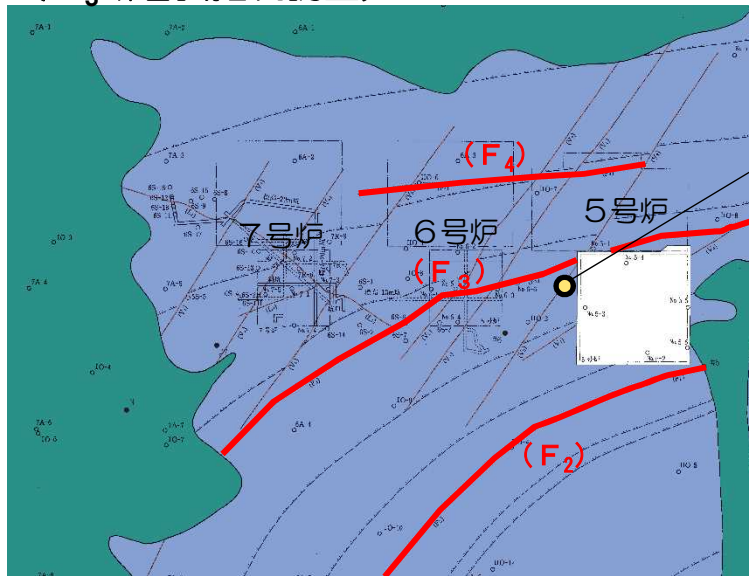


F<sub>5</sub>断層の条線方向

- 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）

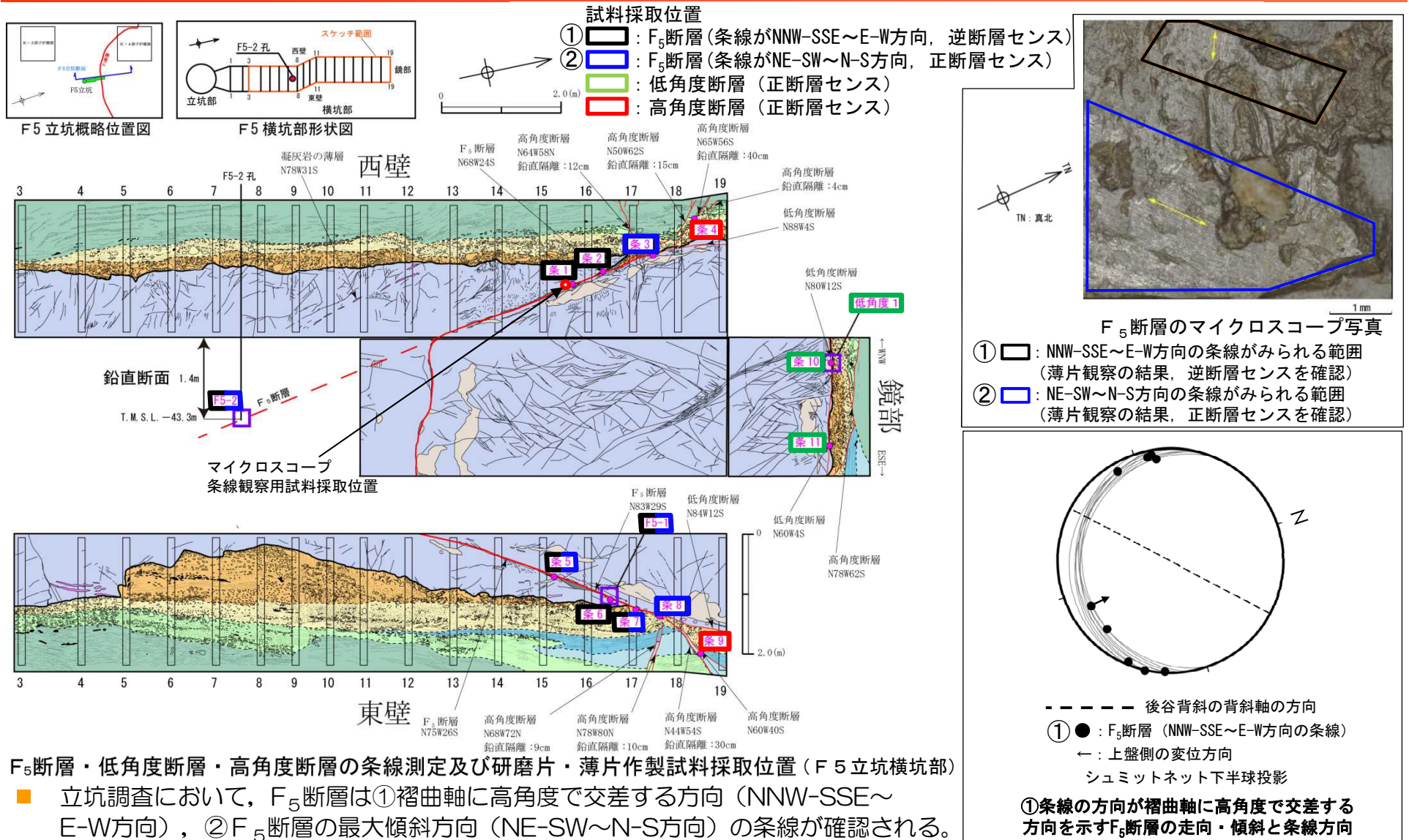


5号炉試掘坑調査結果（F<sub>3</sub>坑北側側壁）

- 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）

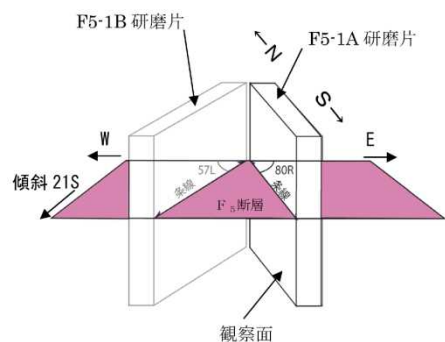
- 大湊側敷地でも層理面に平行な断層であるF<sub>3</sub>断層が認められ、F<sub>3</sub>断層はV<sub>3</sub>断層を逆断層的に変位させていることを確認している。

# 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）

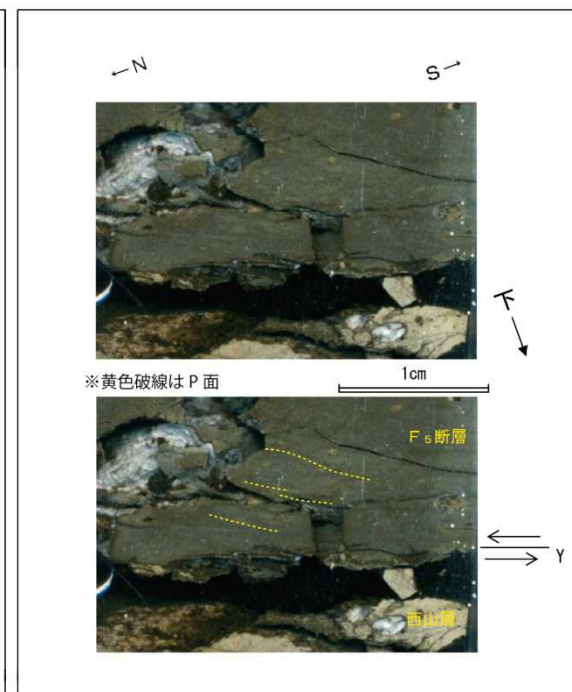
（F5-1A 研磨片）



- 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

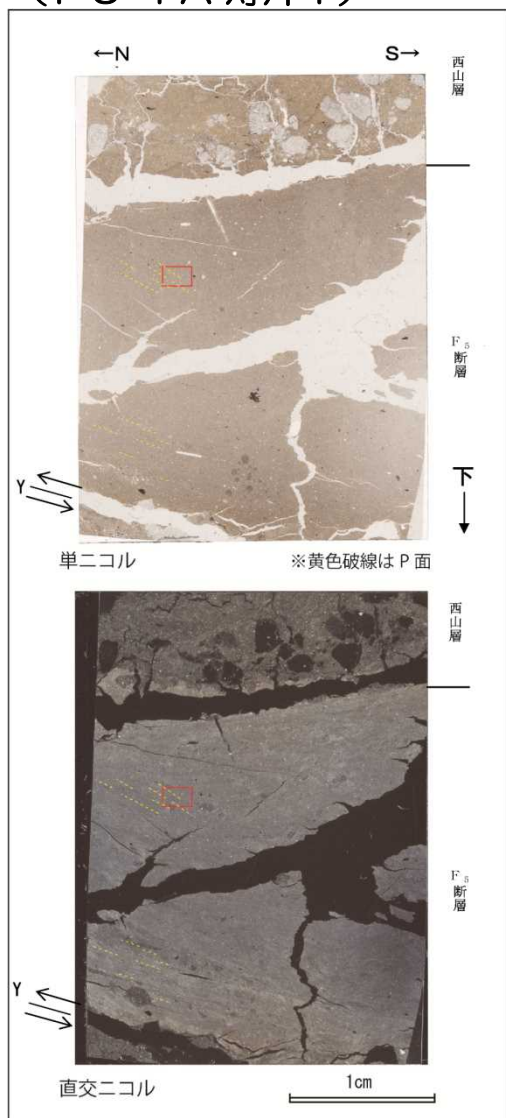


F5-1A 研磨片観察結果(赤枠内拡大)

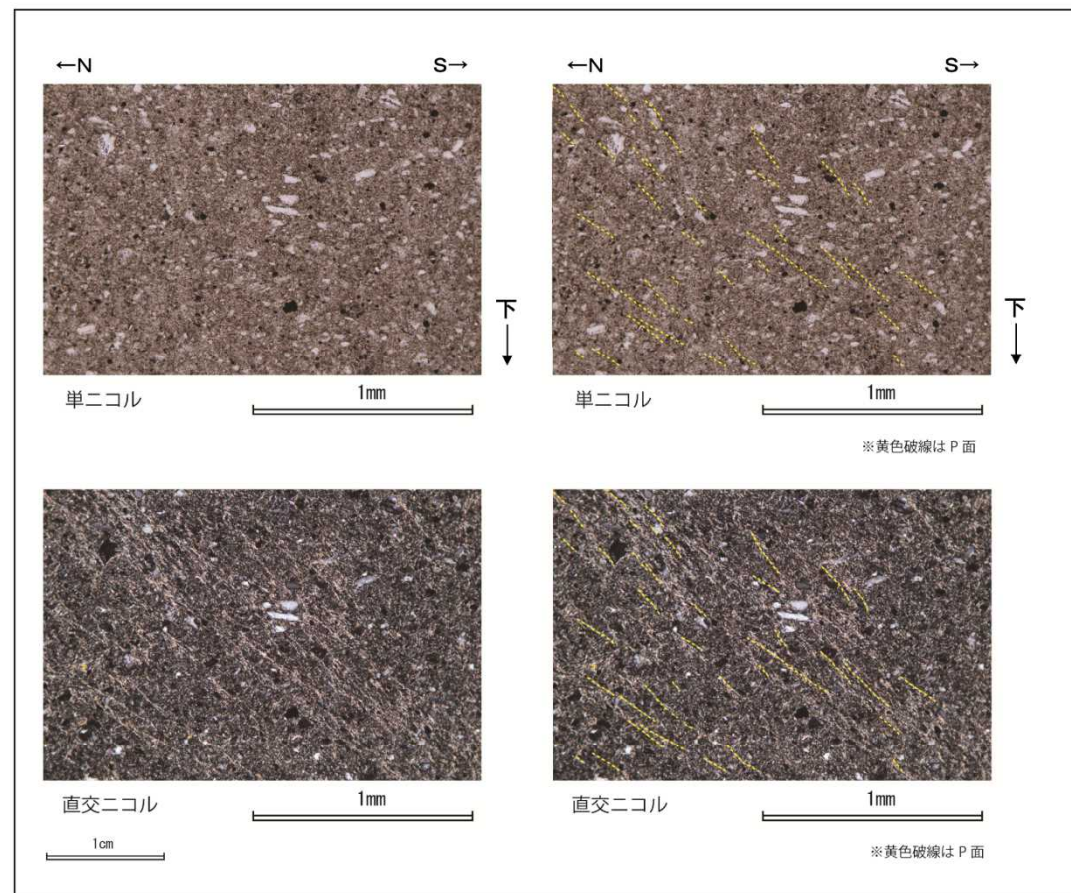
- F<sub>5</sub>断層粘土部にはS方向下がりのP面が認められ、断層面との配置から、上盤側がN方向へ向かう逆断層変位が推定される。

## 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）



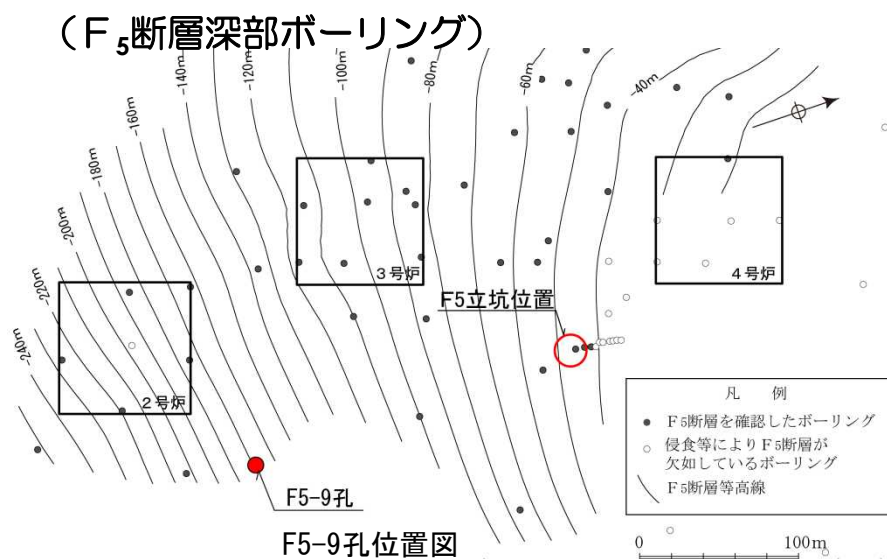
F5-1A(その1) 薄片観察結果



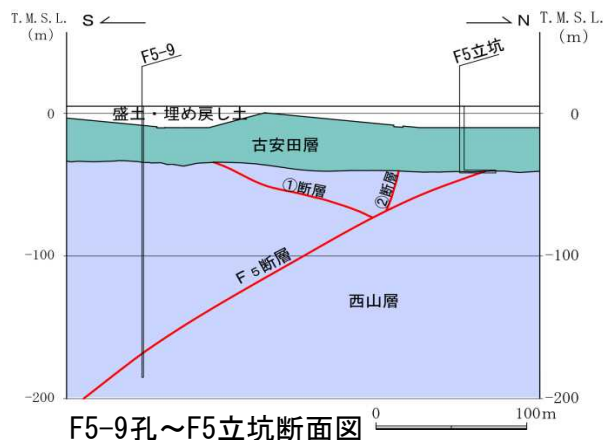
F5-1A(その1) 薄片観察結果(赤枠内の拡大)

- 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。

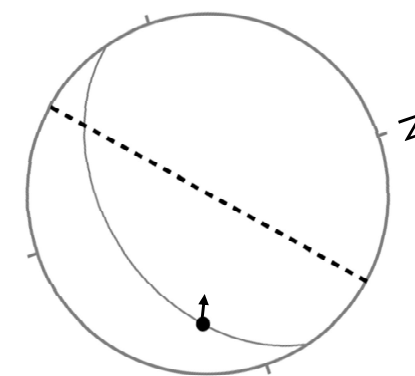
# 1.2 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）



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

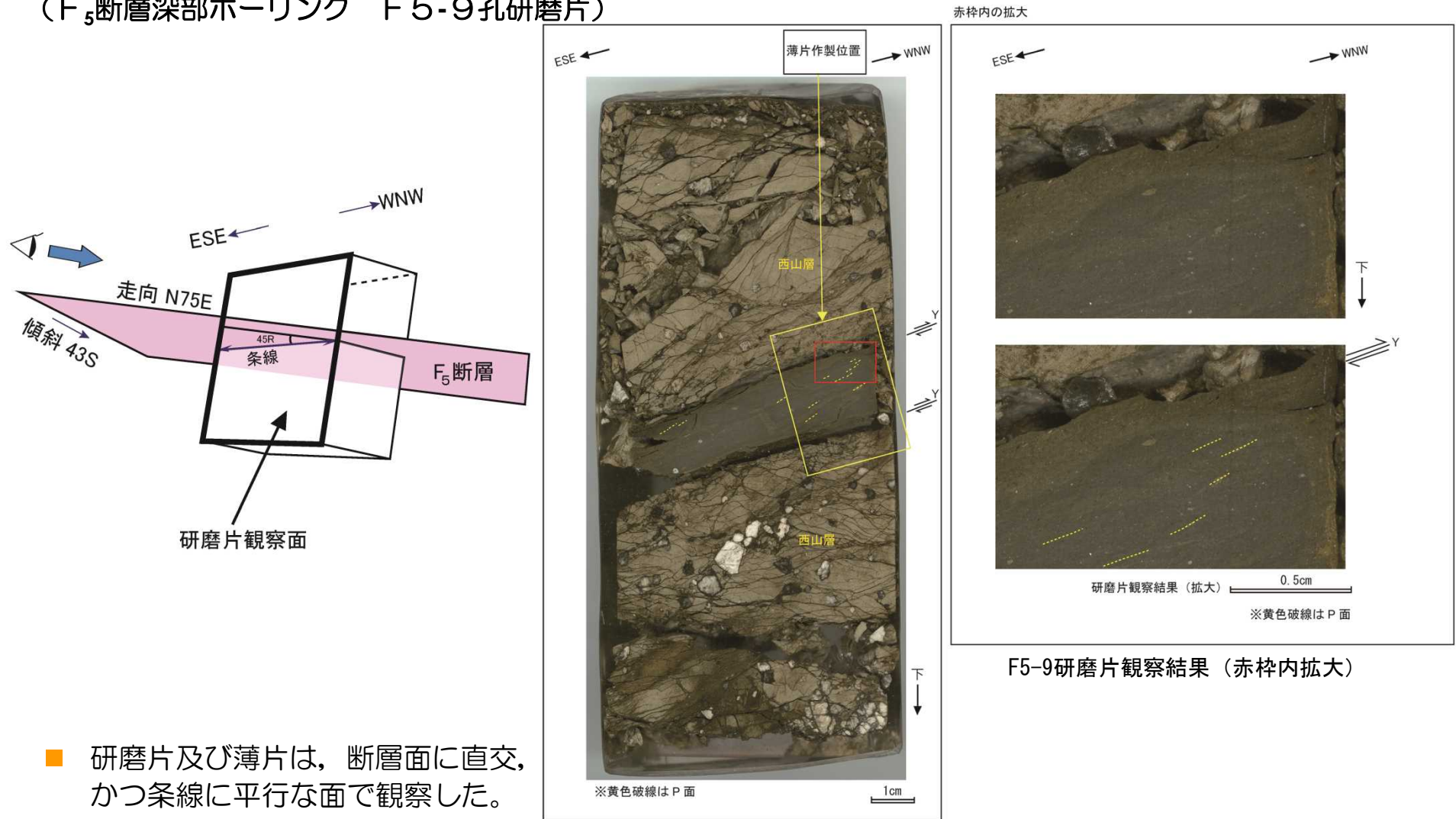


- - - 後谷背斜の背斜軸の方向  
 ● : F<sub>5</sub>断層の条線方向  
 ← : 上盤側の変位方向  
 シュミットネット下半球投影  
 条線方向

- 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）



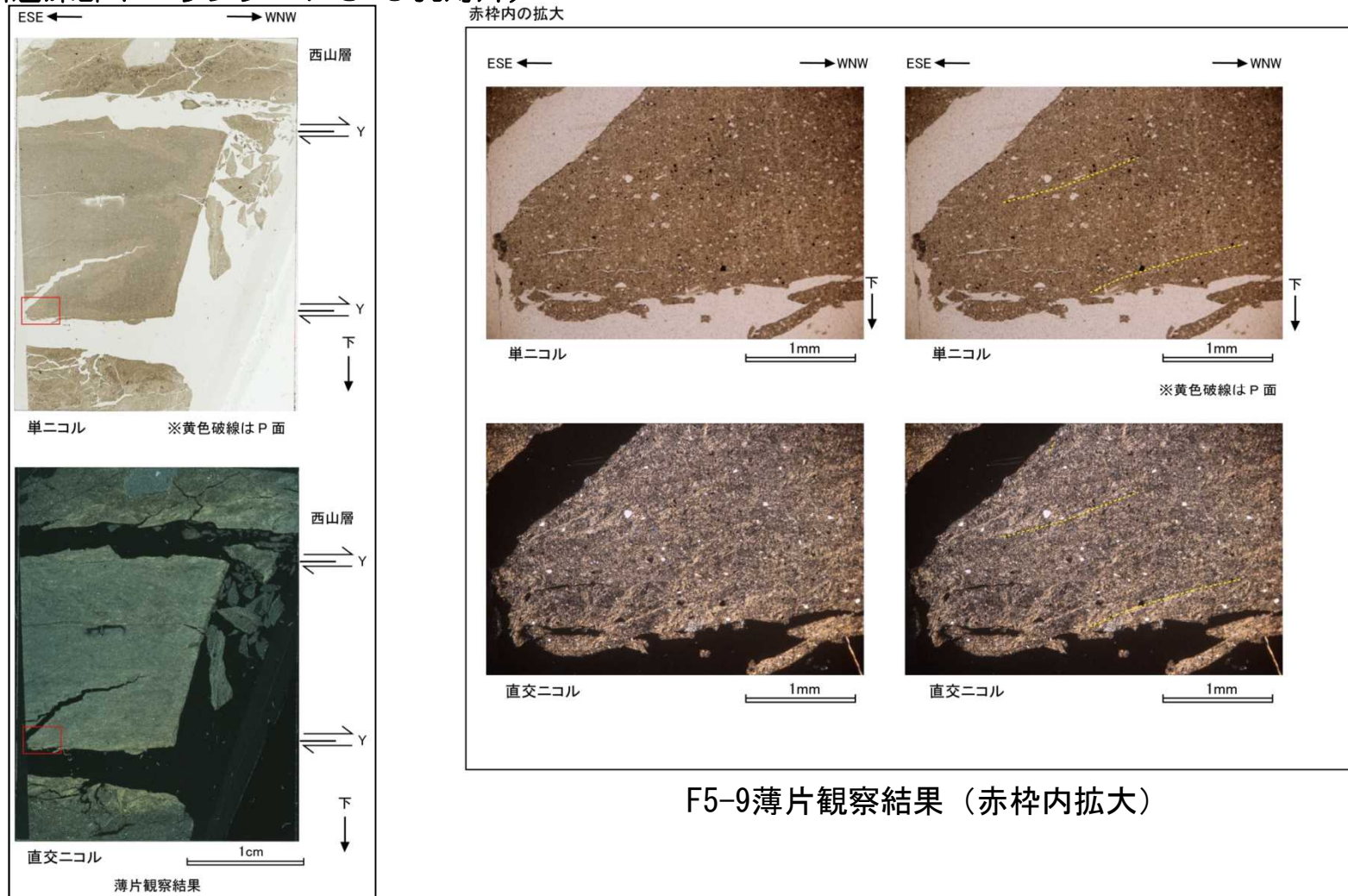
- 研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。

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（赤枠内拡大）

### F5-9薄片観察結果

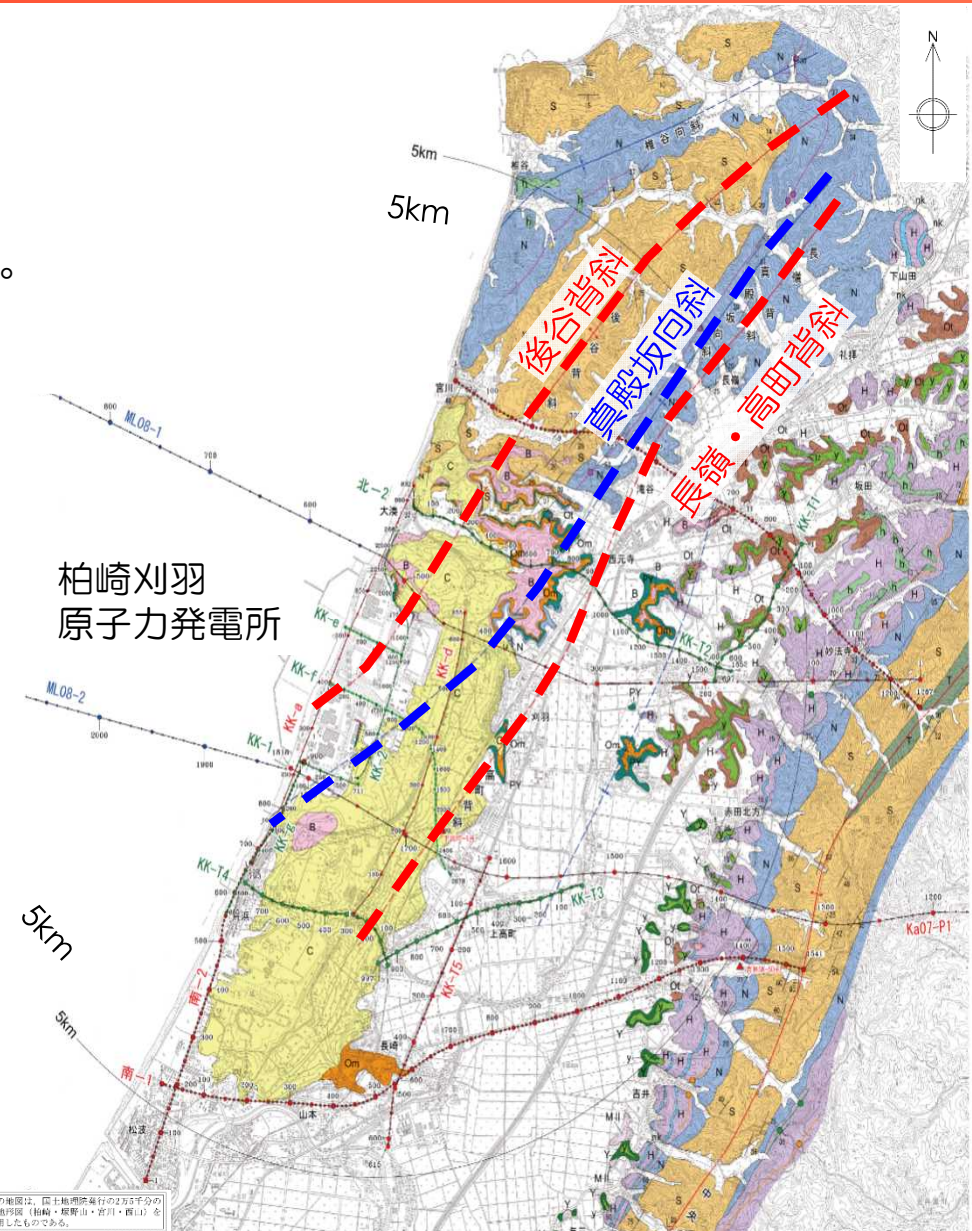
- F<sub>5</sub>断層粘土部のESE方向下がりの系統的な粘土鉱物の配列がP面と判断され、断層面との配置から、上盤側がWNW方向へ向かう逆断層変位が推定される。



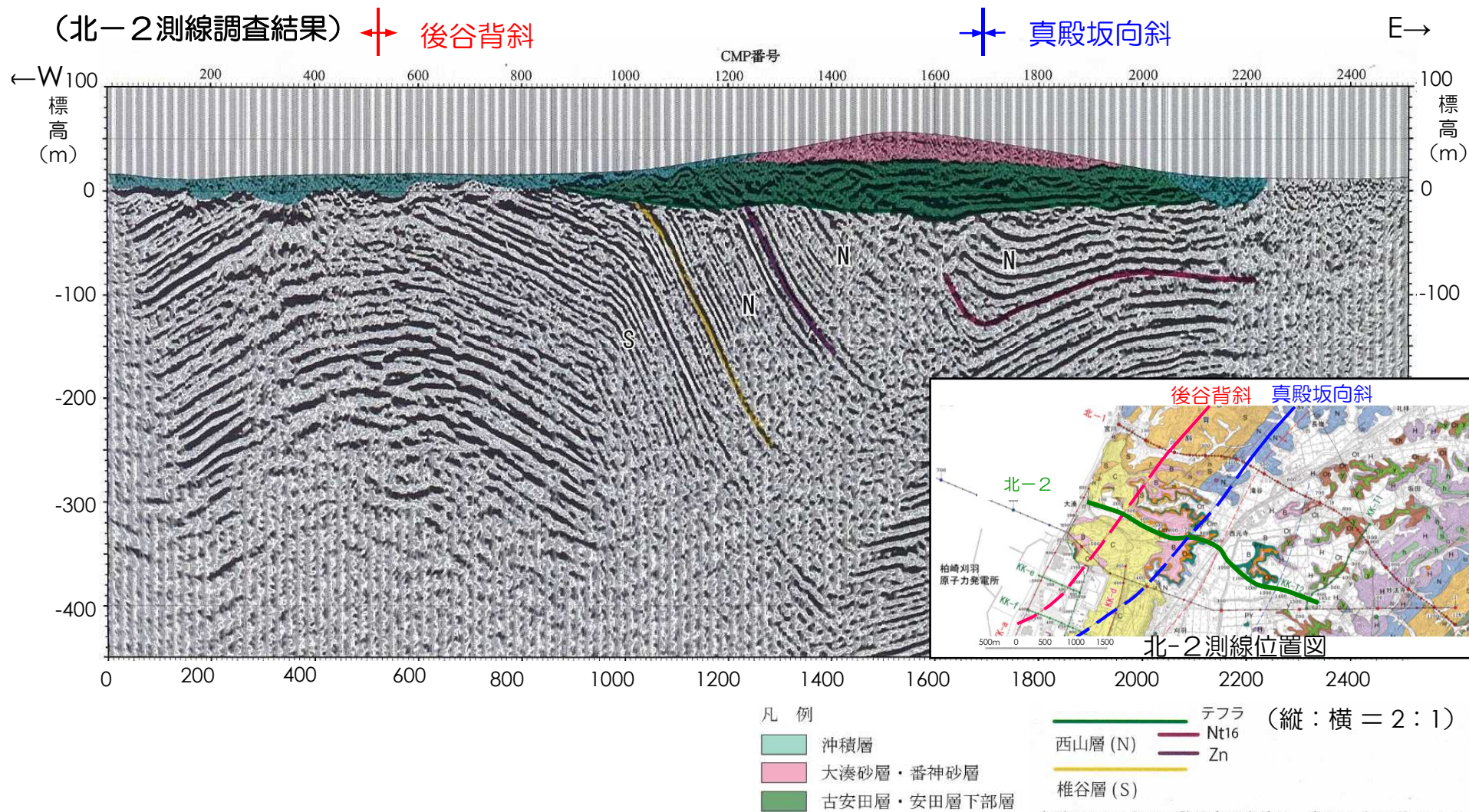
# 1.2 地質・地質構造（敷地近傍・敷地内ボーリング調査）

（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）

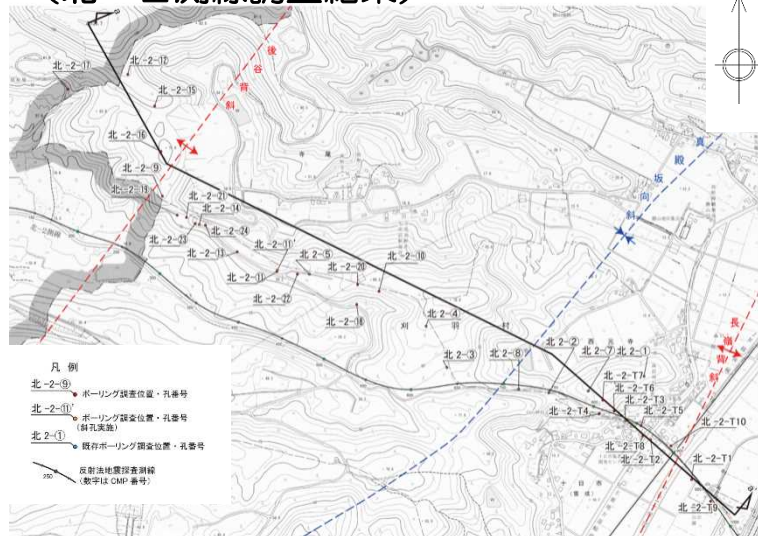


北-2測線反射法地震探査結果

- 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。

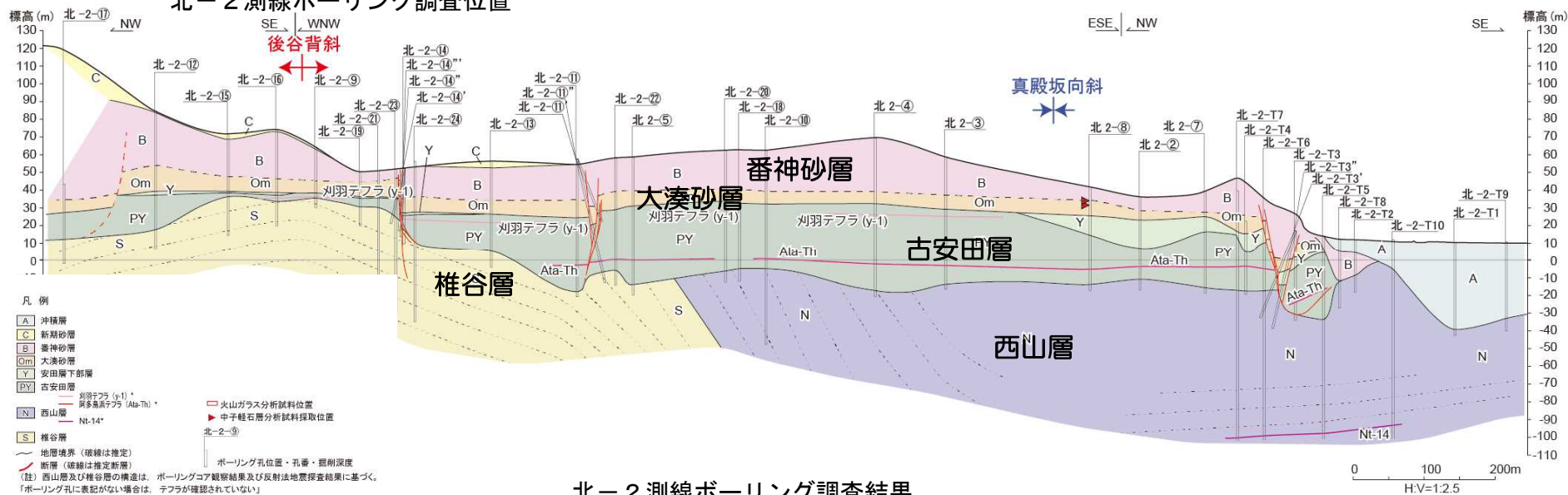
# 1.2 地質・地質構造（敷地近傍・敷地内ボーリング調査）

（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。

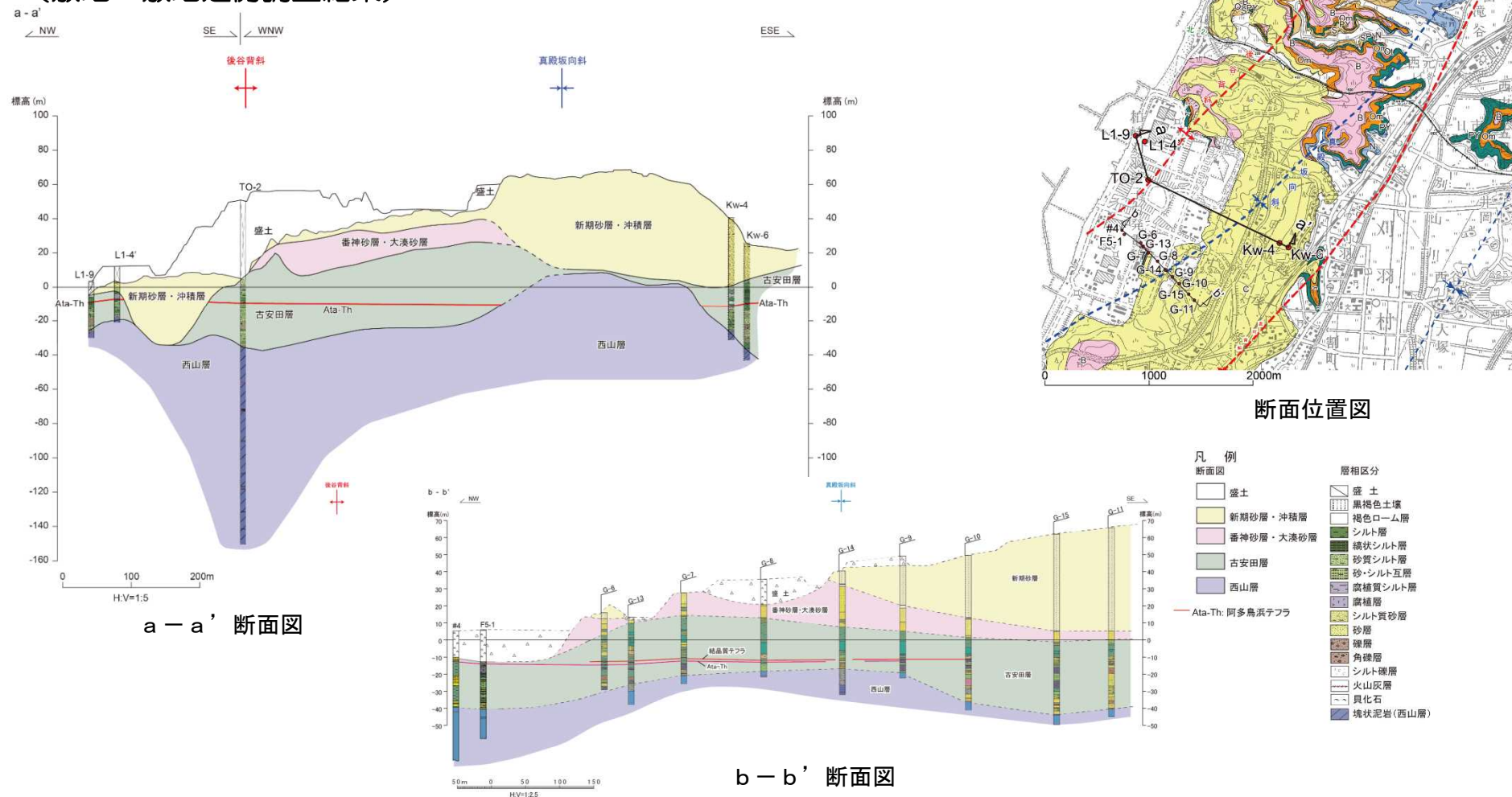
北-2測線ボーリング調査位置



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）

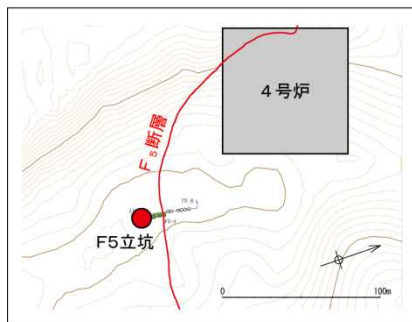
（敷地～敷地近傍調査結果）



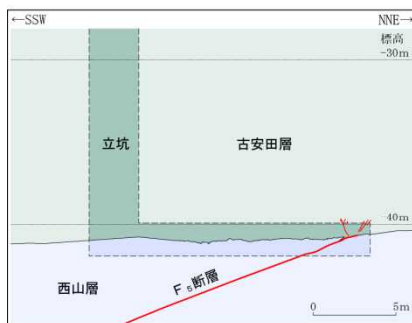
- 敷地近傍及び敷地の褶曲構造については、褶曲構造を横断して実施したボーリング調査によって、上載層である古安田層中に挟在する阿多鳥浜テフラ（約24万年前）等がほぼ水平に分布し、褶曲構造に調和的な構造は認められない。

# 1.2 地質・地質構造（立坑調査）

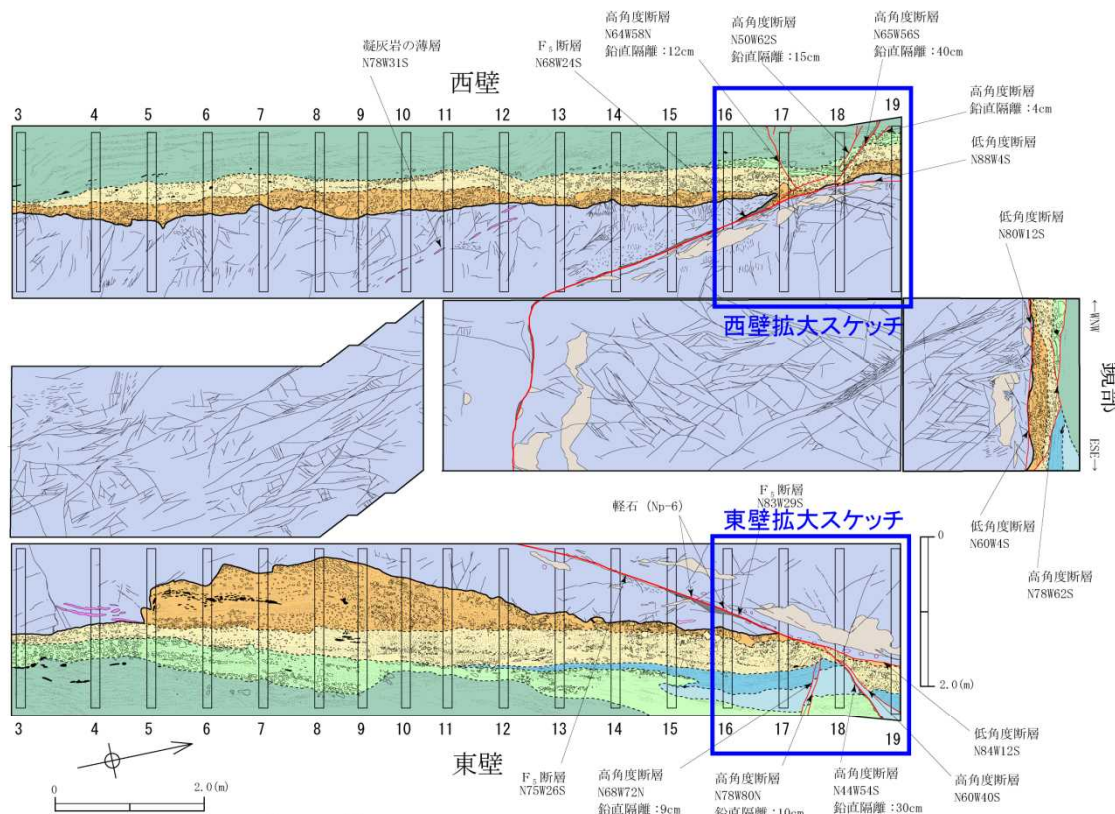
（F5立坑調査）



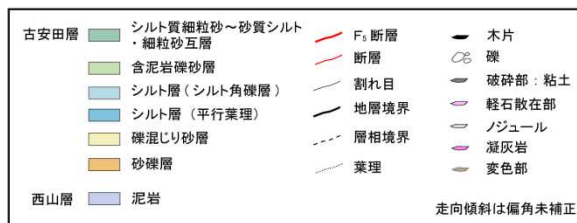
荒浜側立坑調査位置図



F5立坑断面図



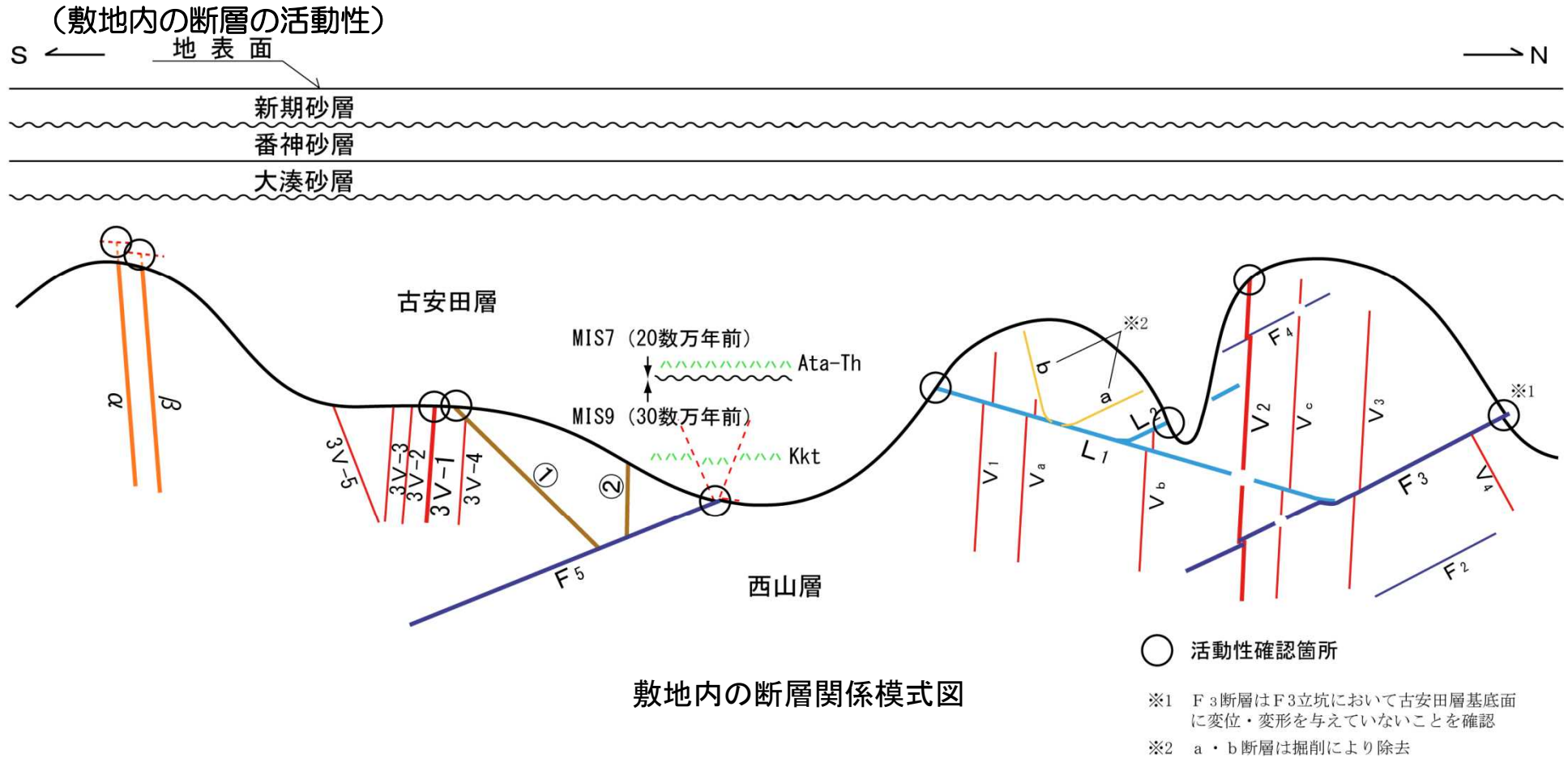
凡例



F5横坑部地質展開図

- 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）

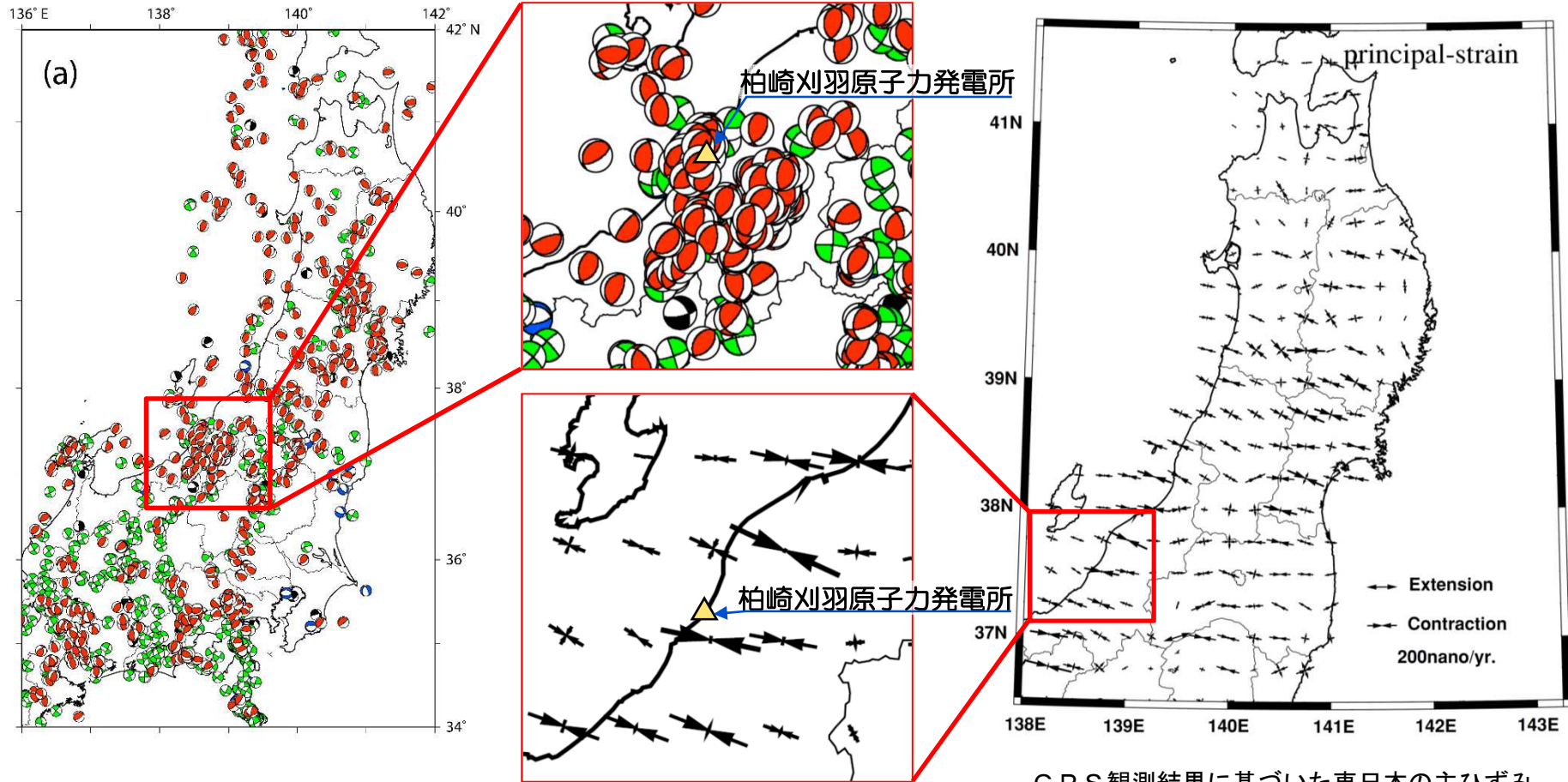


敷地内の断層関係模式図

- 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古安田層もしくは大湊砂層に変位・変形を与えていない。(F<sub>5</sub>断層の活動性については後述の通り。)

# 1.3 応力場（文献調査結果）

（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

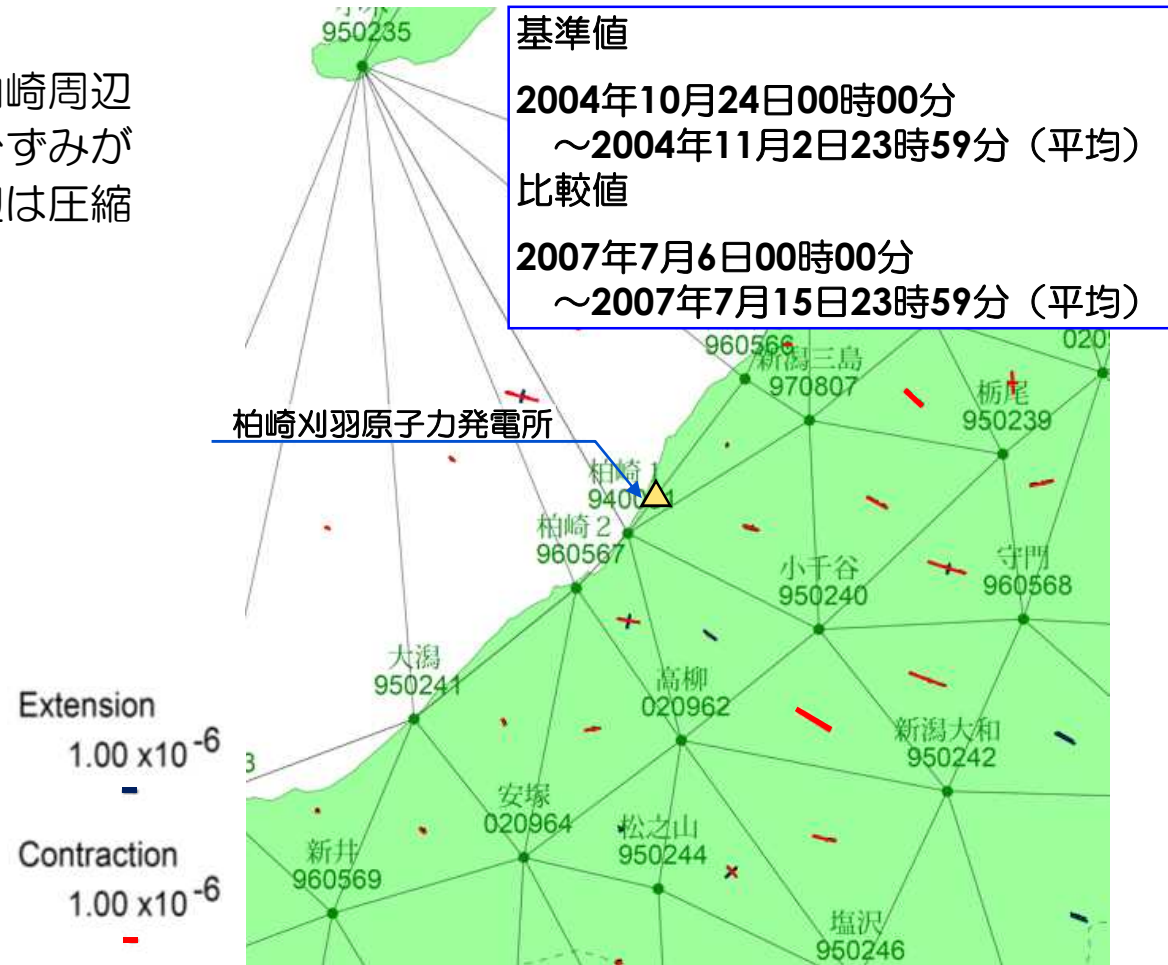
Miura et al. (2004) より抜粋

- 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（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。



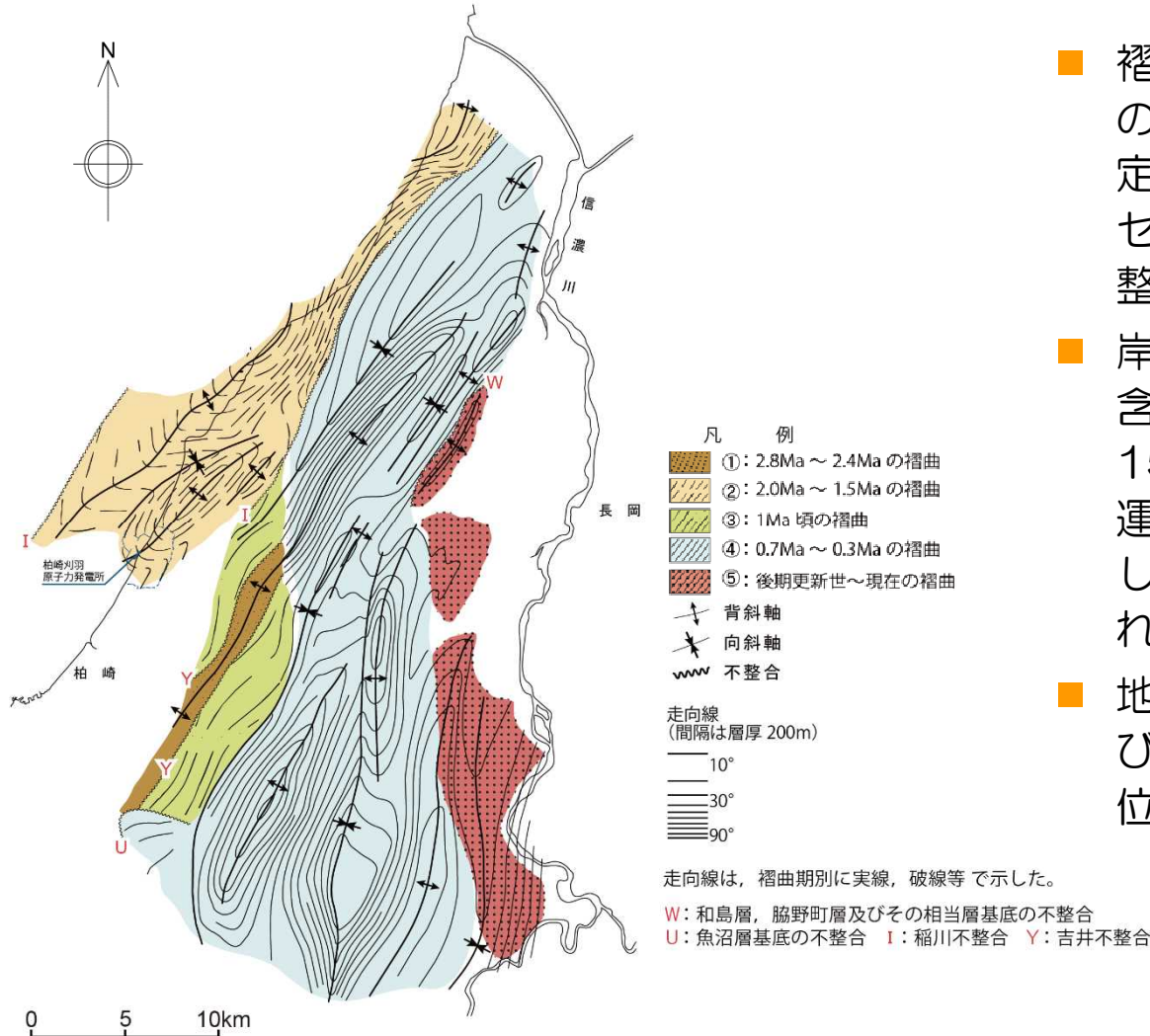
「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。（承認番号 平20業使、第226号）」

主ひずみ分布図



# 1.3 応力場（文献調査・地質調査結果）

（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

- 褶曲は軸の方向からWNW-ESE方向の圧縮応力によって形成されたと推定され、F<sub>5</sub>断層の条線方向や運動センスから想定される応力場と概ね整合している。
- 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。
- 地質調査結果によると、敷地近傍及び敷地の褶曲構造は古安田層に変位・変形を与えていない。

## 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・敷地の褶曲運動は古安田層に変位・変形を与えておらず、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】

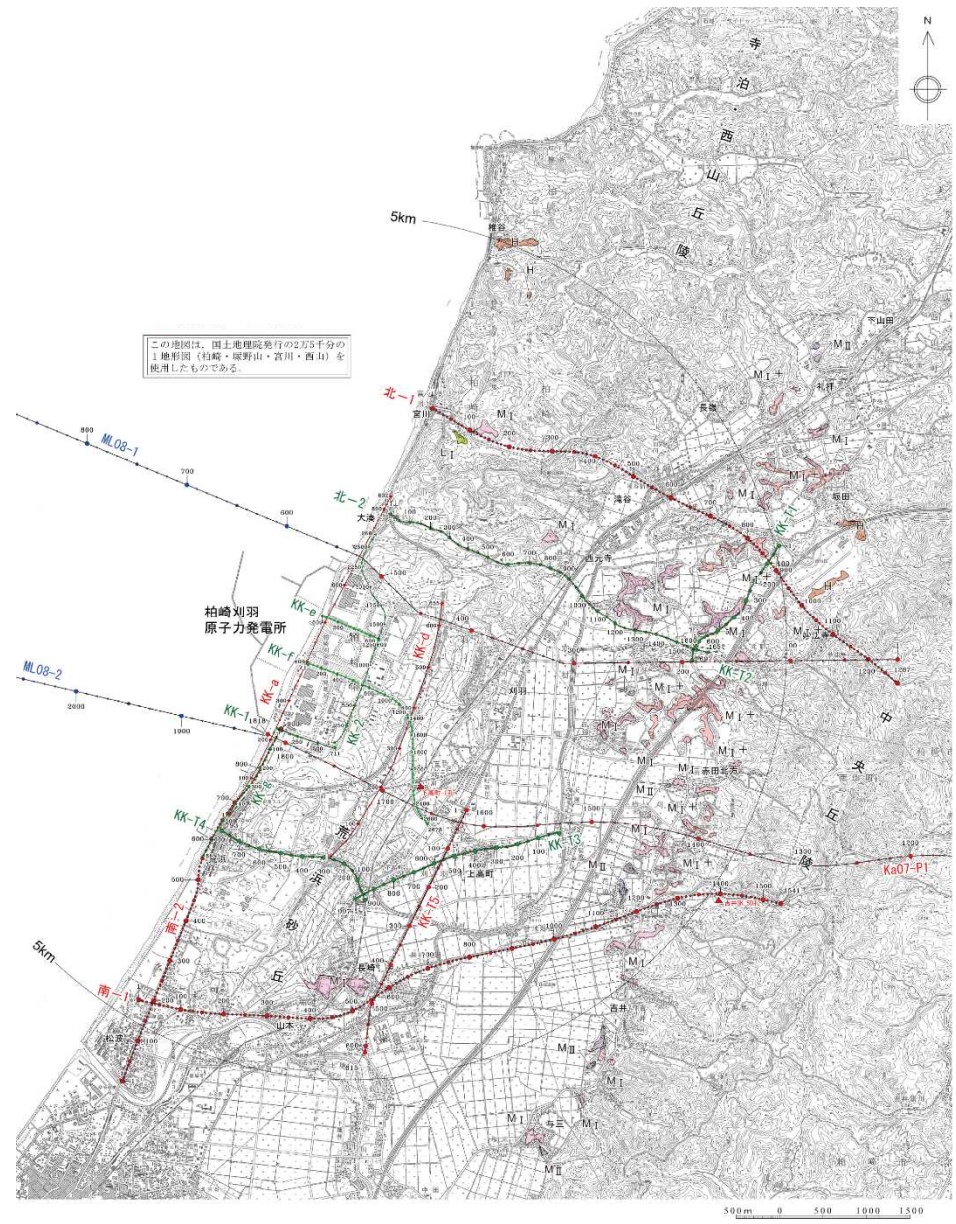
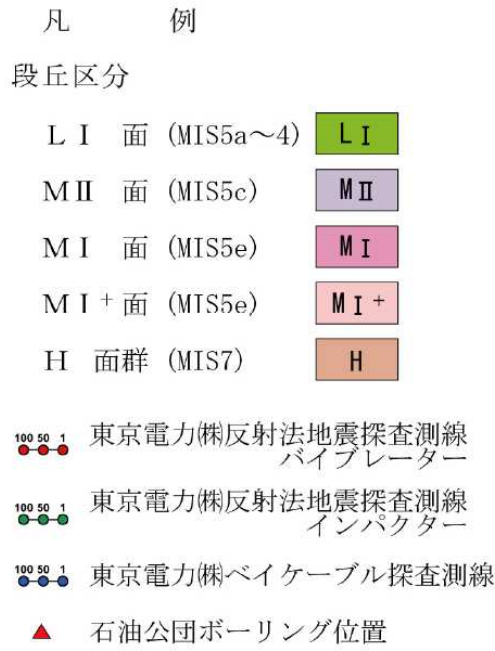
- 敷地周辺は圧縮応力場にあると考えられるが、敷地近傍・敷地の褶曲運動は停止しており、現在は信濃川左岸が活発な活動域と考えられる。
- 以上のことから、地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した結果、褶曲運動と関連するF<sub>5</sub>断層については、将来活動する可能性のある断層等ではない。

- 
- 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
      - 2.2.1 地質・地質構造（F5立坑）
      - 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤）
    - 2.3 応力場
    - 2.4 総合評価
  
  - 3 まとめ
  
  - 4 その他指摘事項

# 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）

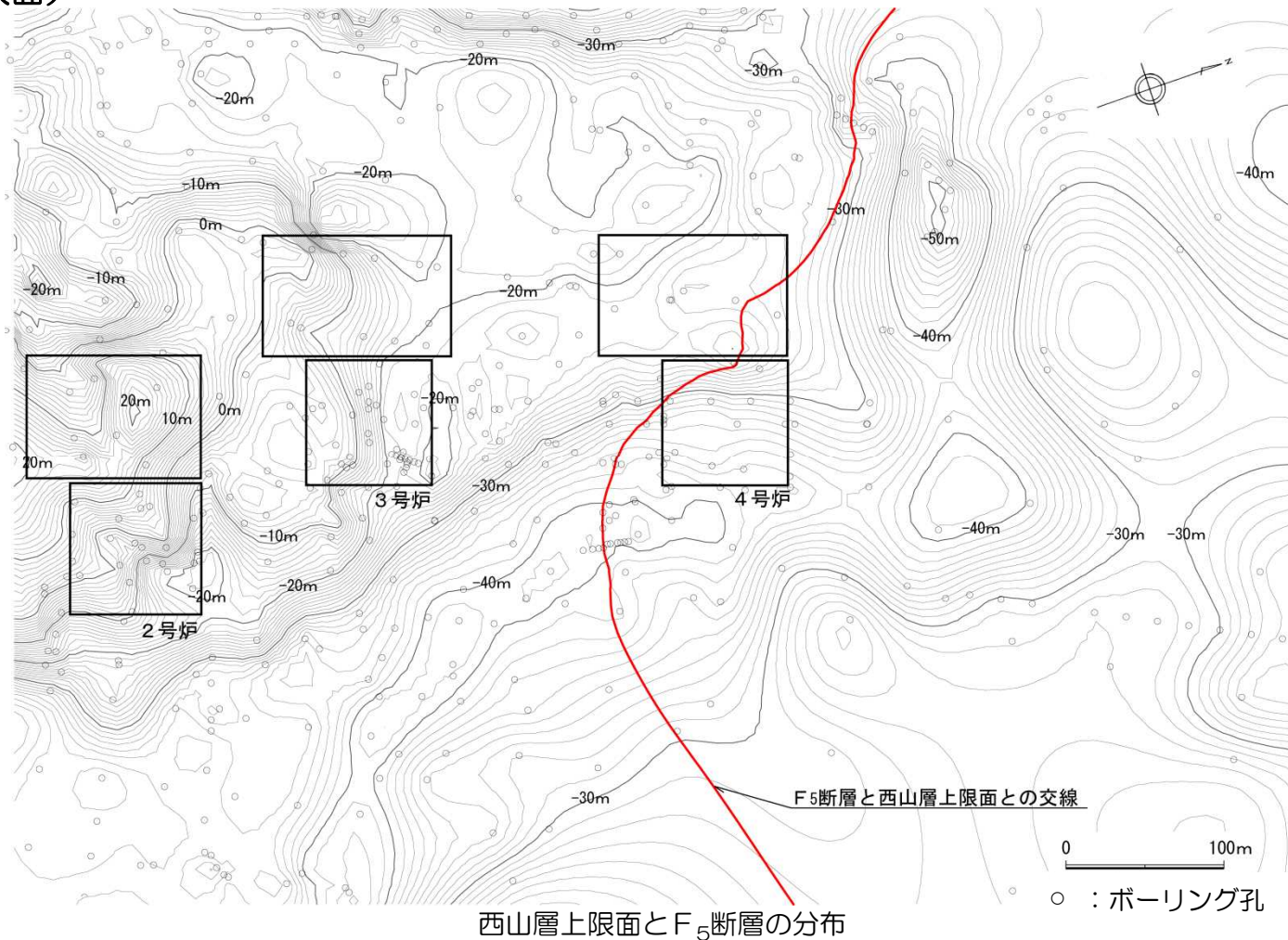
- [新編]日本の活断層（1991）や活断層デジタルマップ（2002）等いずれの文献においても、敷地及び敷地近傍にリニアメントは認められない。
- 空中写真判読の結果によると、敷地近傍の柏崎平野周辺に分布する段丘面は、段丘面の標高、分布形態、連続性、面の開析程度等により、高位からH面群、M<sub>I</sub><sup>+</sup>面、M<sub>I</sub>面、M<sub>II</sub>面及びL<sub>I</sub>面に区分される。
- 最も広く分布する段丘面はM<sub>I</sub>面である。
- 敷地及び敷地近傍にリニアメントは判読されない。



## 2.1 地形（古地形）

P.5再掲

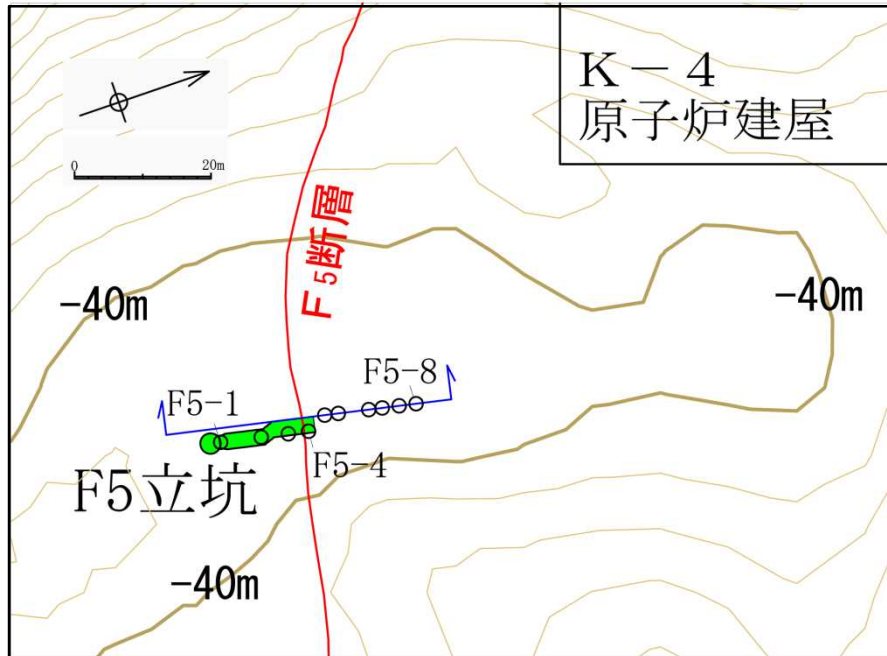
（西山層上限面）



- 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。

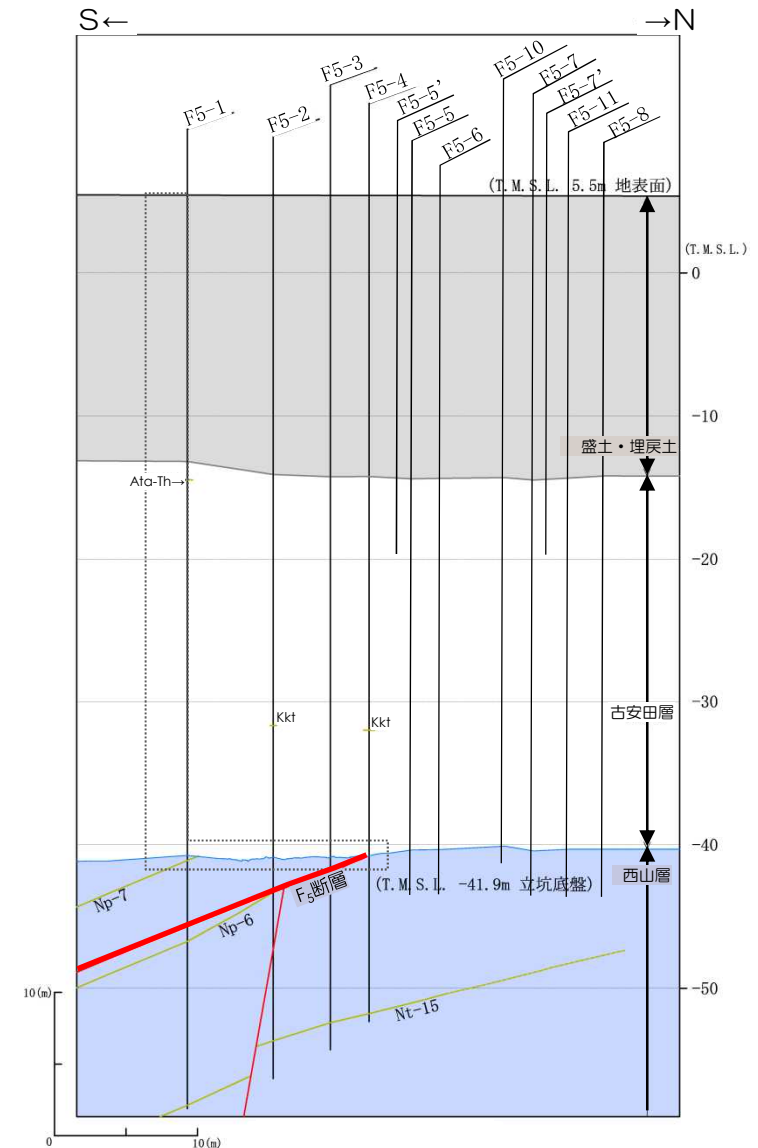
## 2.2.1 地質・地質構造 (F5立坑調査)

(F5立坑調査)



F5立坑ボーリング配置図 (等高線は西山層上限面を示す)

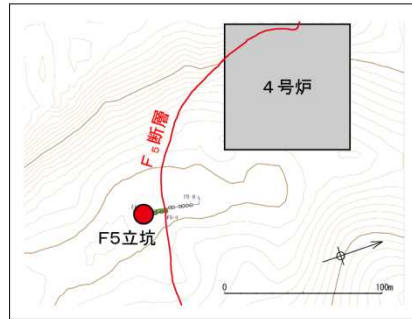
- 古安田層中の高角度断層，低角度断層および条線がNE-SW~N-S方向を示すF<sub>5</sub>断層の活動性を評価するため，ボーリング調査を行った。



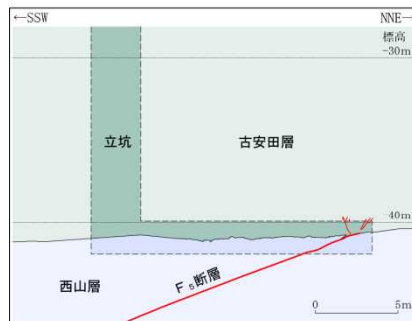
F5立坑ボーリング調査

## 2.2.1 地質・地質構造 (F5立坑調査)

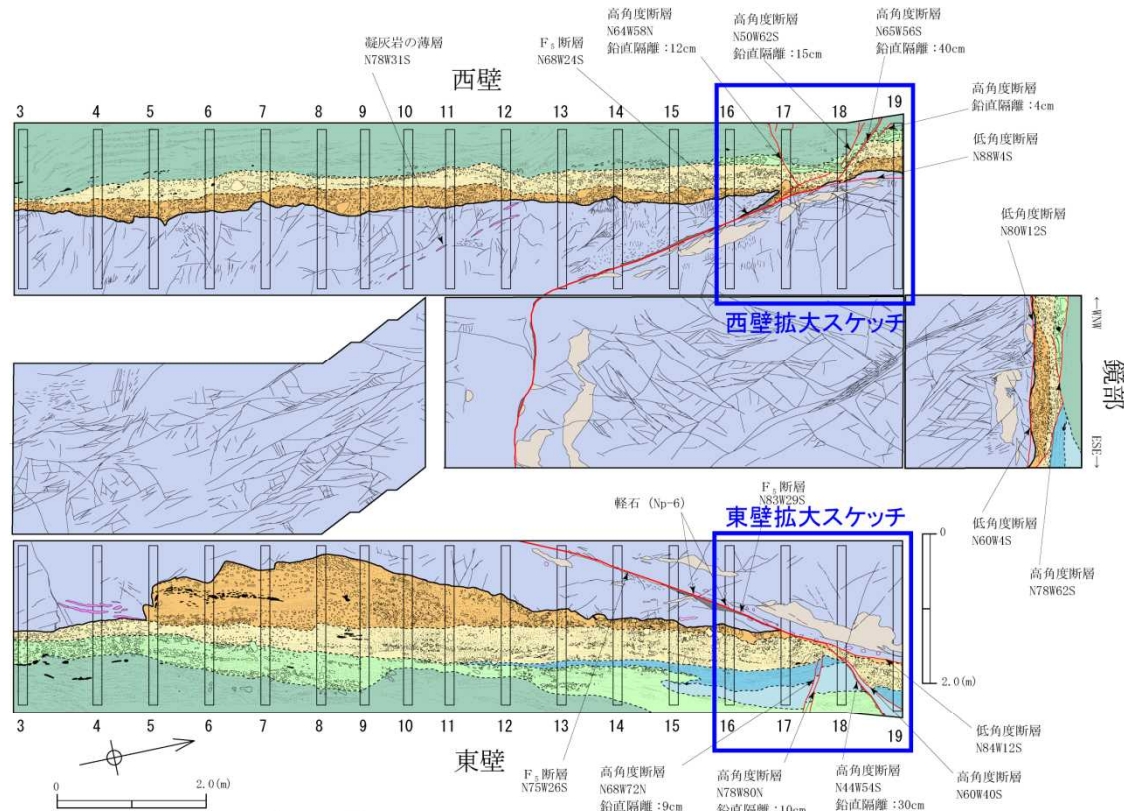
(F5立坑調査 (横坑部))



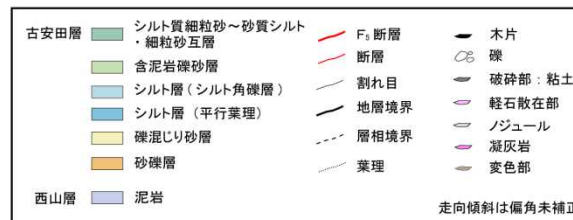
荒浜側立坑調査位置図



F5立坑断面図



凡例

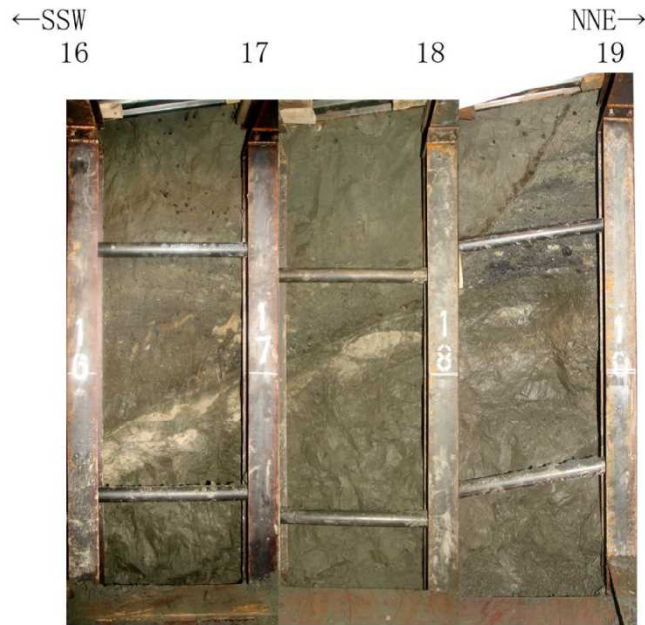


F5横坑部地質展開図

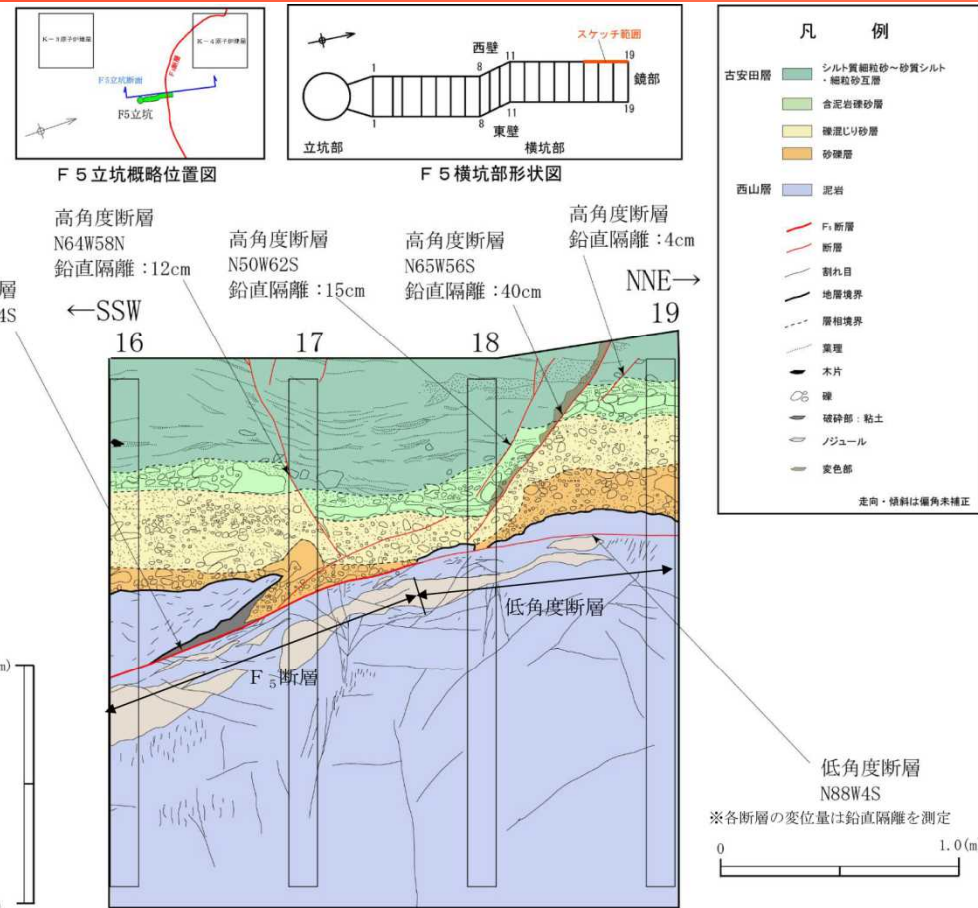
- F<sub>5</sub>断層が古安田層と接する位置付近において、南傾斜・北傾斜の共役な高角度断層及び低角度断層が確認された。

## 2.2.1 地質・地質構造 (F5立坑調査)

(F5立坑調査 (西壁))



F5横坑部西壁16-19基写真



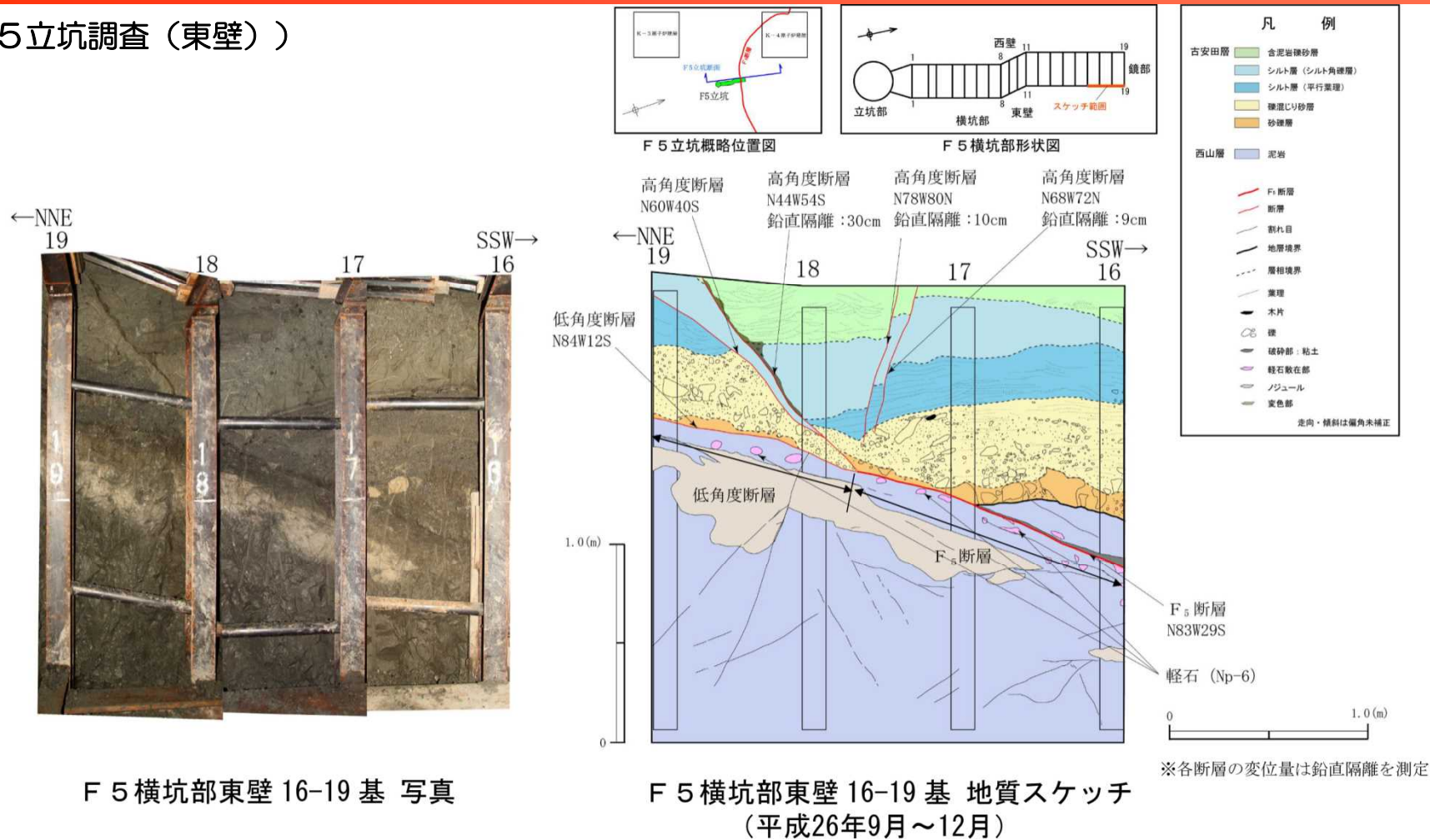
F5横坑部西壁16-19基地質スケッチ  
(平成26年9月～12月)

- 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。



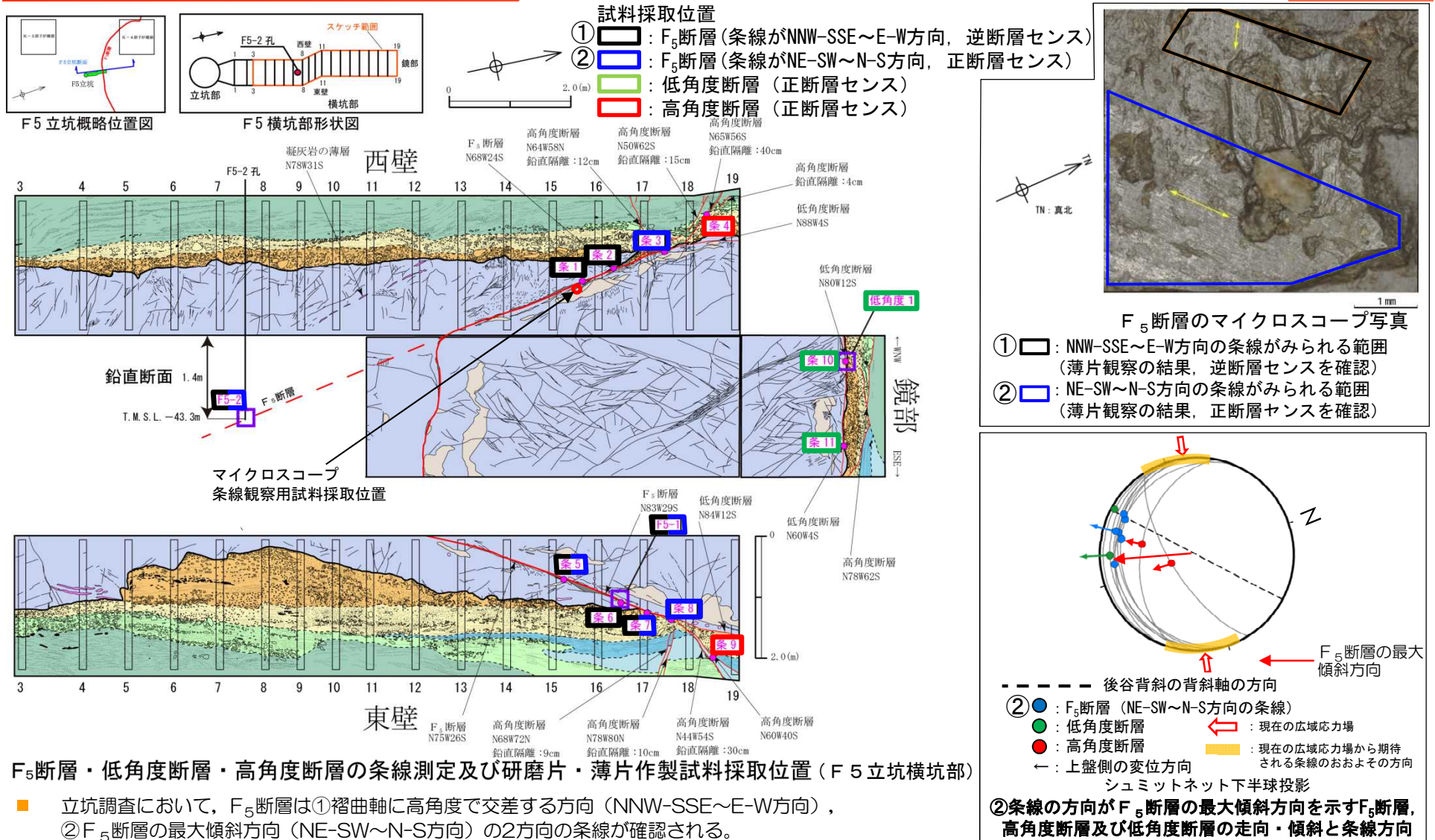
## 2.2.1 地質・地質構造 (F5立坑調査)

(F5立坑調査 (東壁))



- 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。

## 2.2.1 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

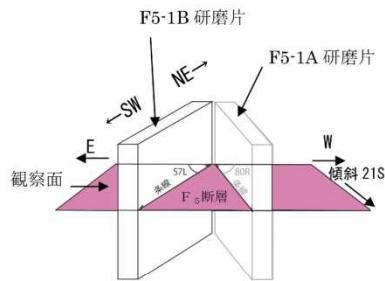


### F<sub>5</sub>断層・低角度断層・高角度断層の条線測定及び研磨片・薄片作製試料採取位置 (F<sub>5</sub>立坑横坑部)

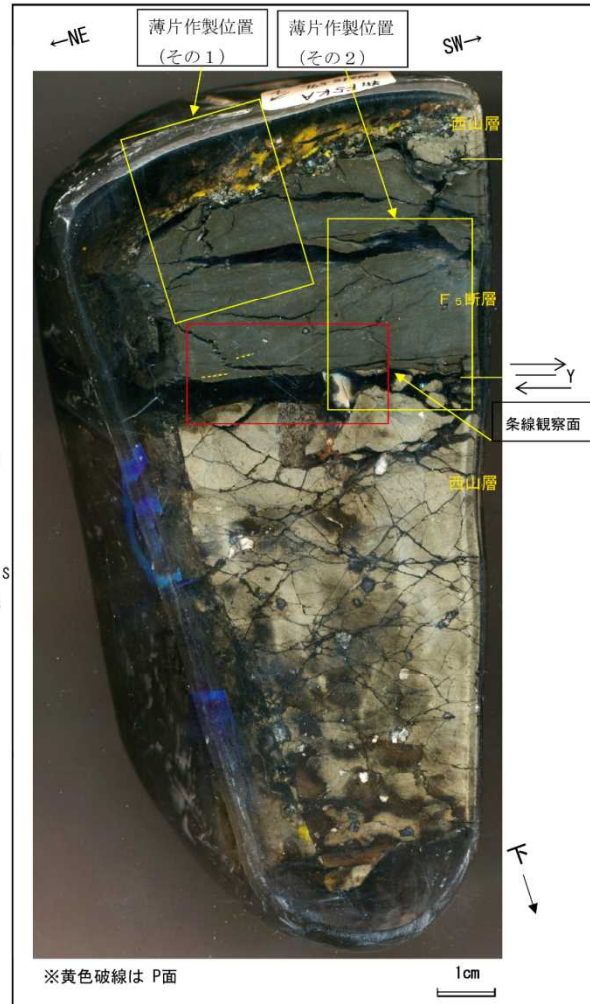
- 立坑調査において、F<sub>5</sub>断層は①褶曲軸に高角度で交差する方向 (NNW-SSE~E-W方向), ②F<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向 (NE-SW~N-S方向) の2方向の条線が確認される。
- ②については、現在の応力場から期待される条線とは異なっており、F<sub>5</sub>横坑部で確認された高角度断層、低角度断層の条線方向と概ね一致している。
- 壁面観察及び研磨片・薄片観察によって確認したこれら断層 (F<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の運動、高角度断層及び低角度断層) の運動センスはいずれも正断層センスであり、条線方向、運動センスが一致することから一連の正断層として活動したと判断される。

## 2.2.1 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

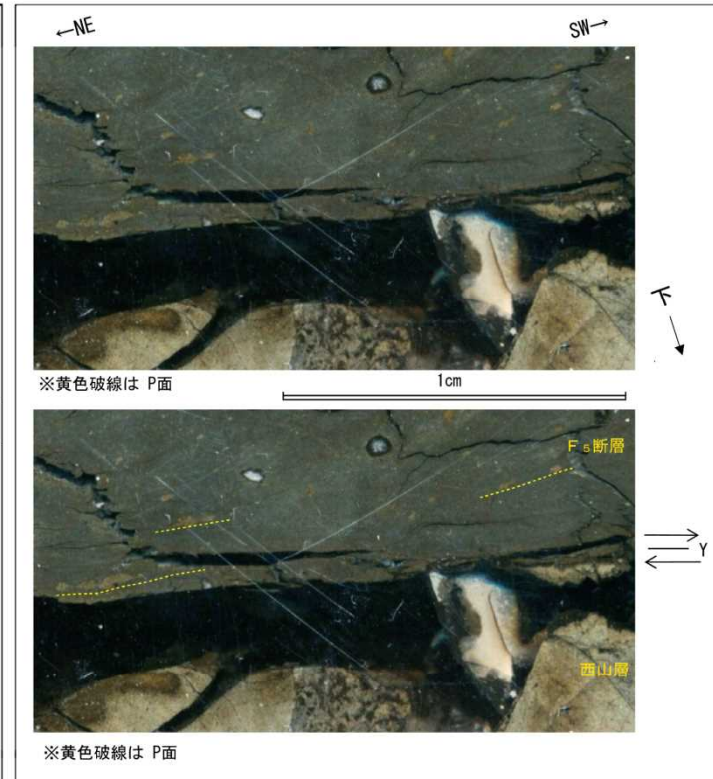
（F5-1B 研磨片）



- 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

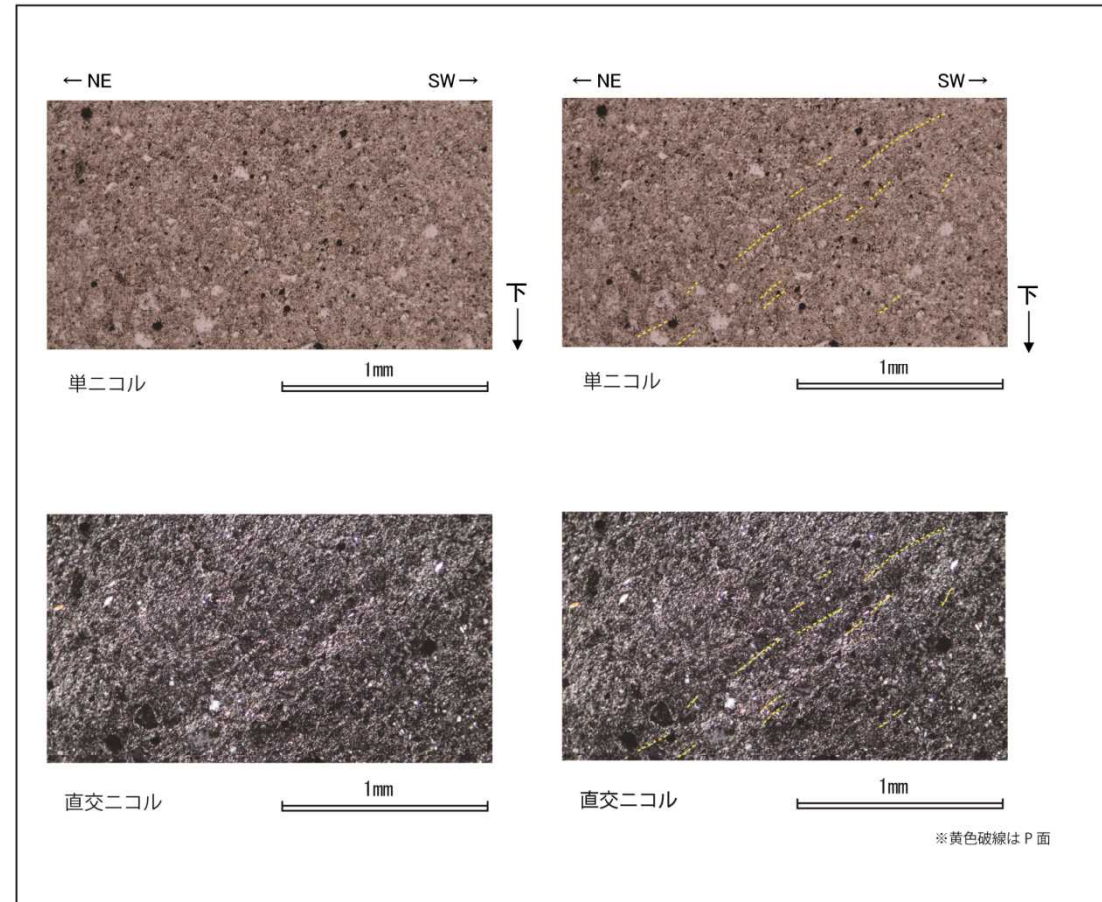
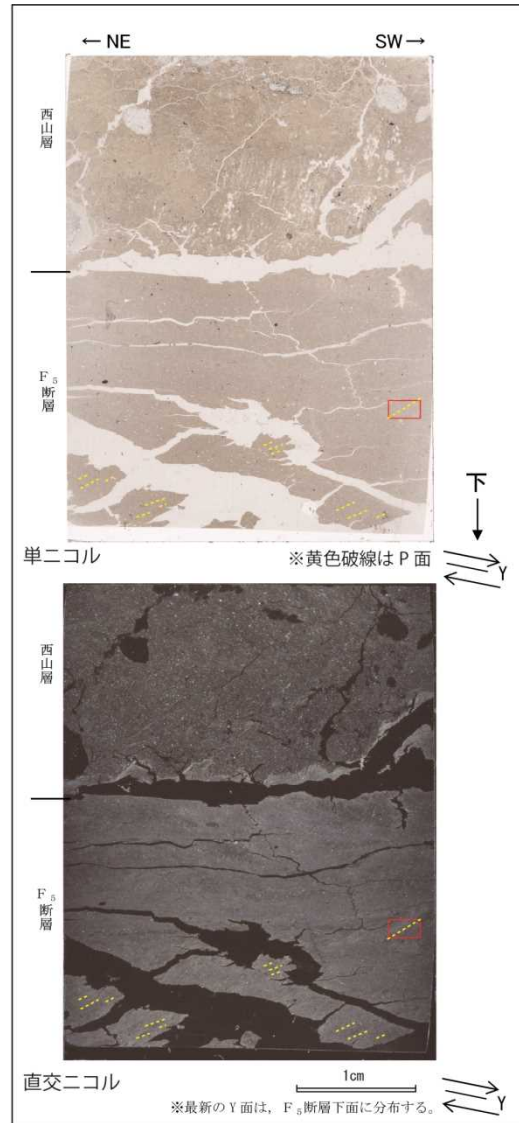


F5-1B 研磨片観察結果(赤枠内拡大)

- 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。

## 2.2.1 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）



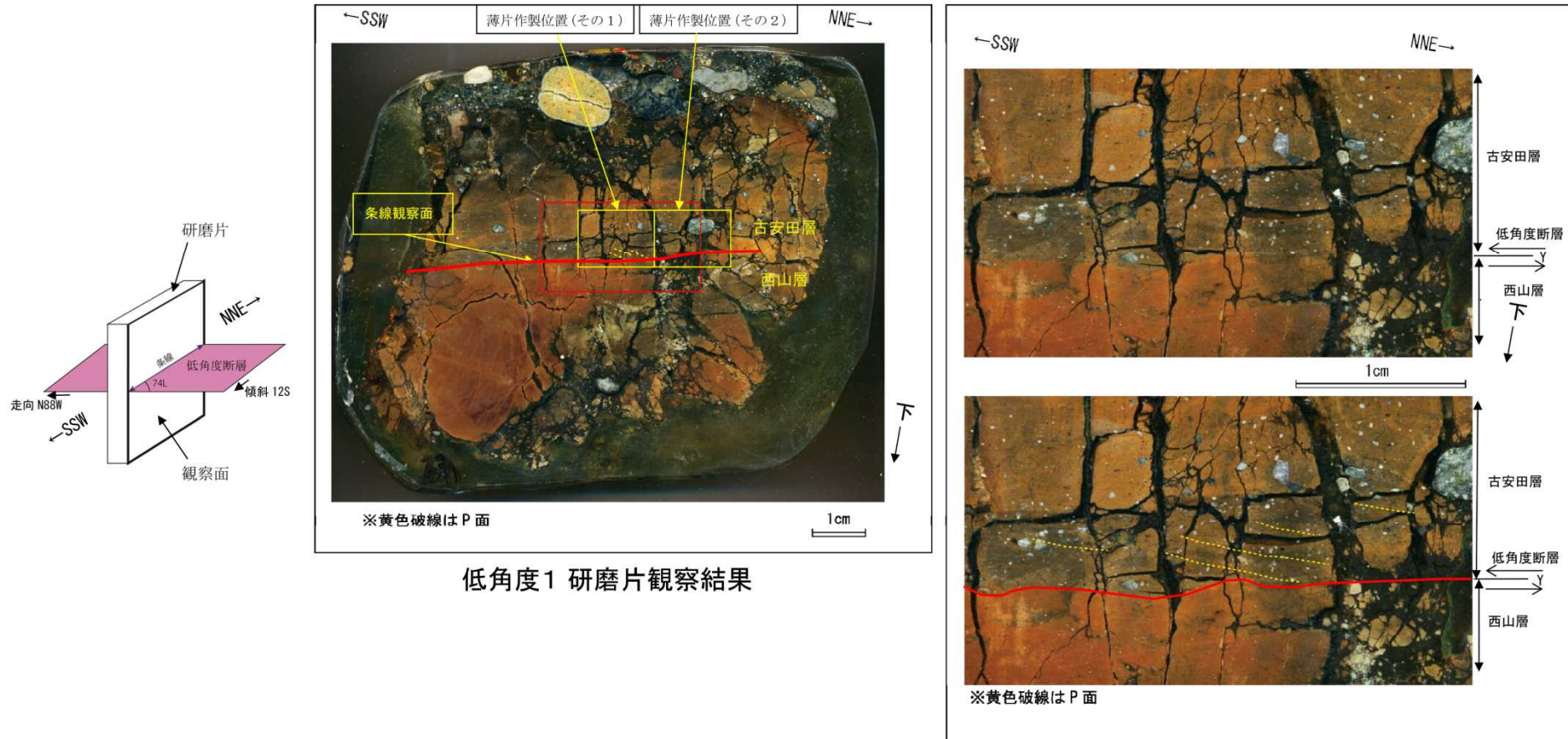
F5-1B(その1) 薄片観察結果(赤枠内の拡大)

- 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。

F5-1B(その1) 薄片観察結果

## 2.2.1 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）



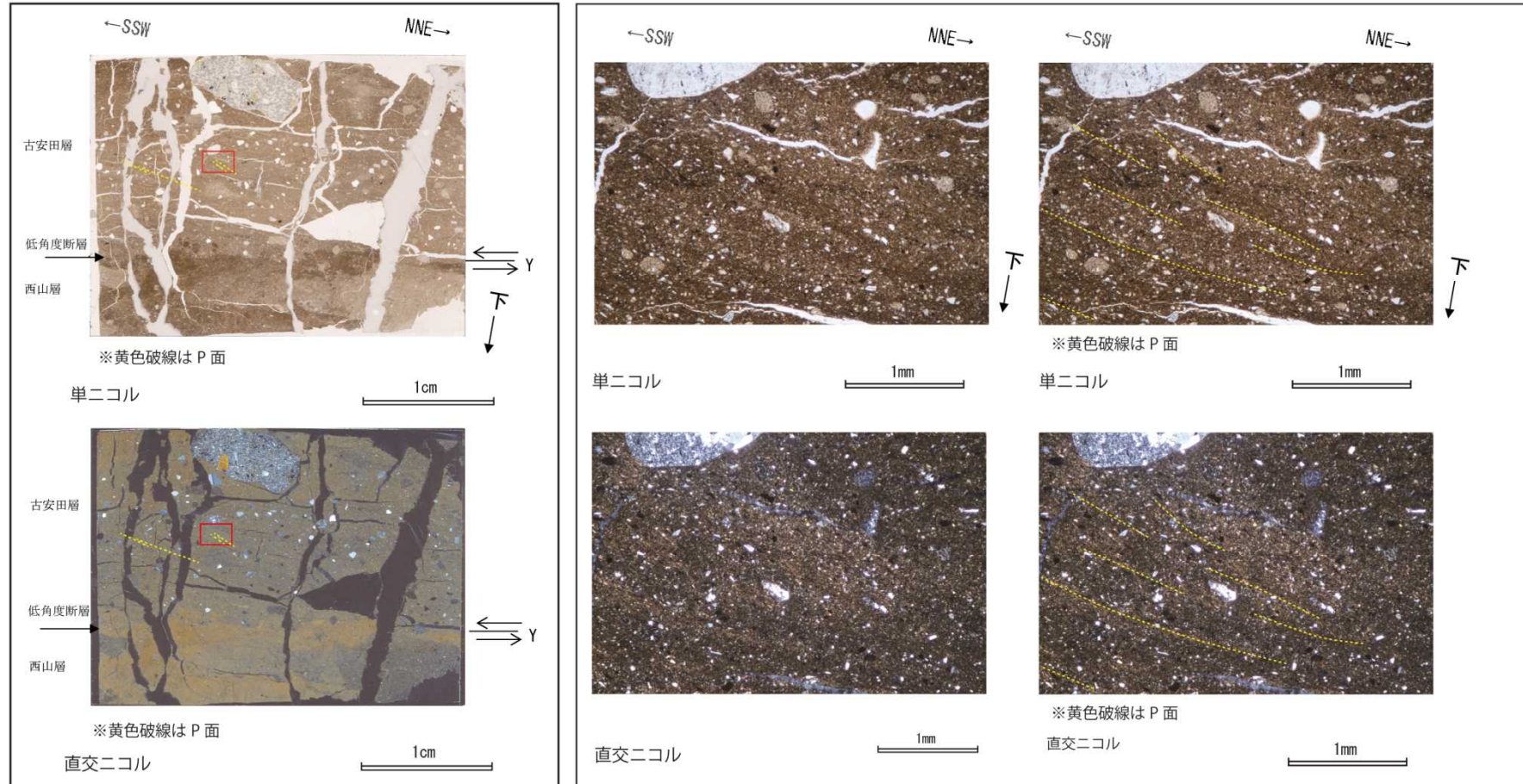
低角度1 研磨片観察結果

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。

## 2.2.1 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。

## 2.2.1 地質・地質構造（文献調査）

（模型実験との比較）

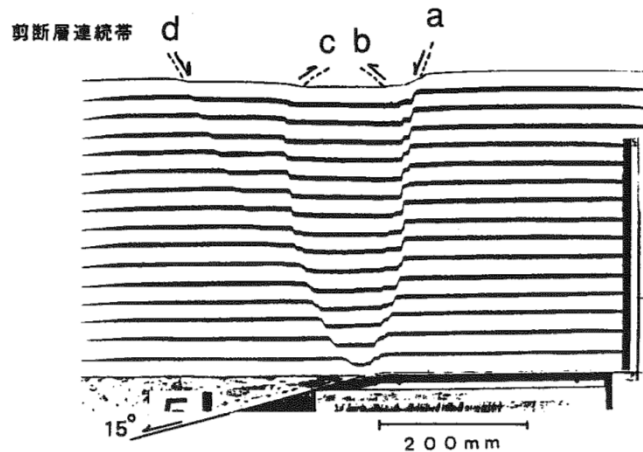
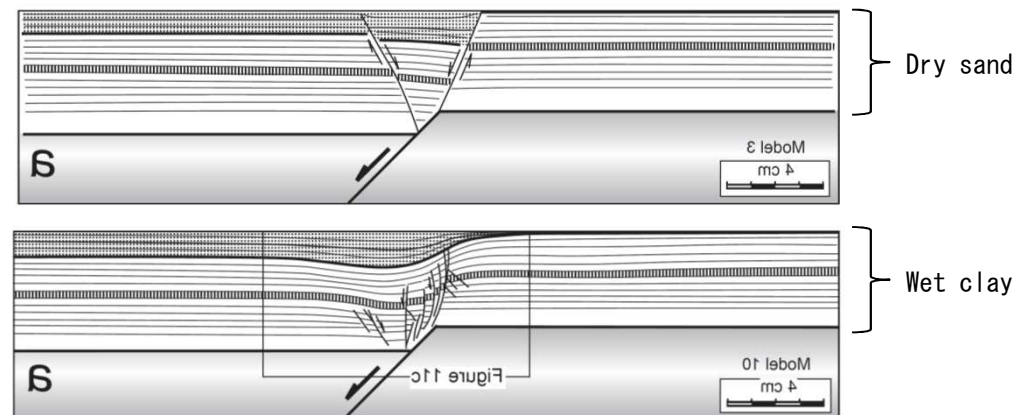


図-9 剪断層及び剪断層連続帯の形状

（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



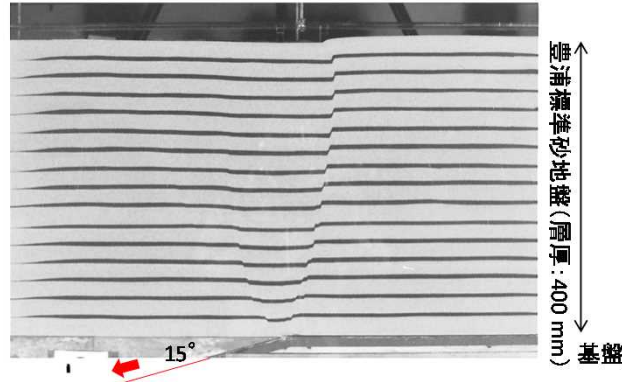
Withjack, M. O., and Callaway, J. S., (2000) を反転・追記

- 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。

## 2.2.1 地質・地質構造（文献調査）

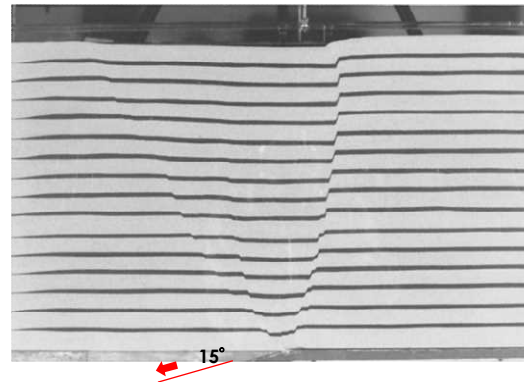
### （模型実験との比較）

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。

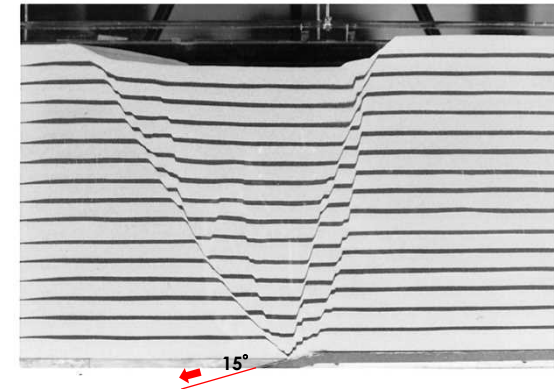
$Dv = 4 \text{ mm}$



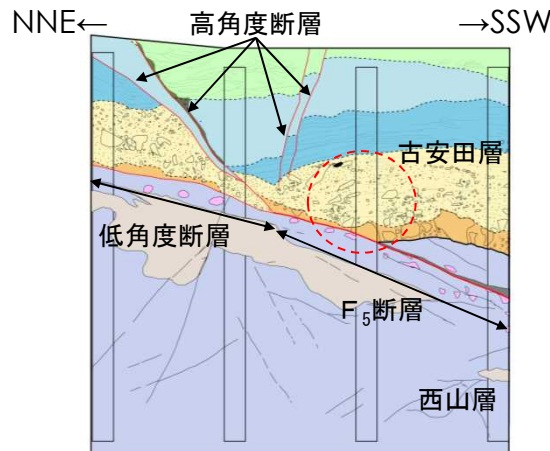
- ・ シンセティックな断層は、雁行状の配列が認められるものの、アンチセティックな断層のようなステップする構造は認められない。

（上田ほか（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。



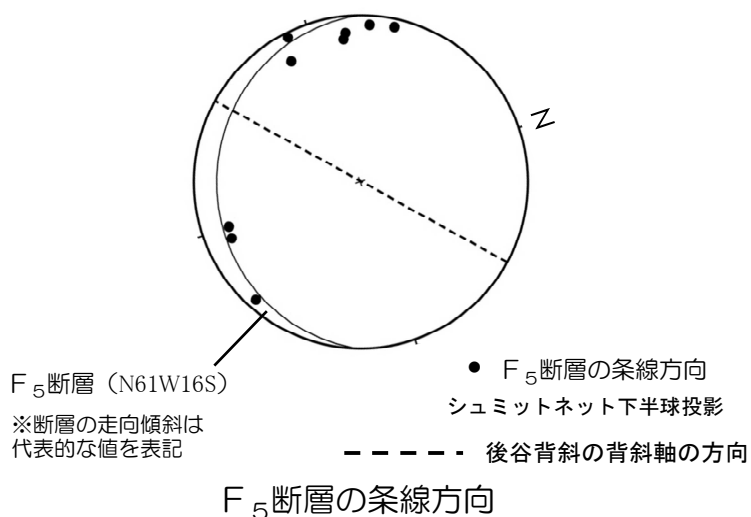
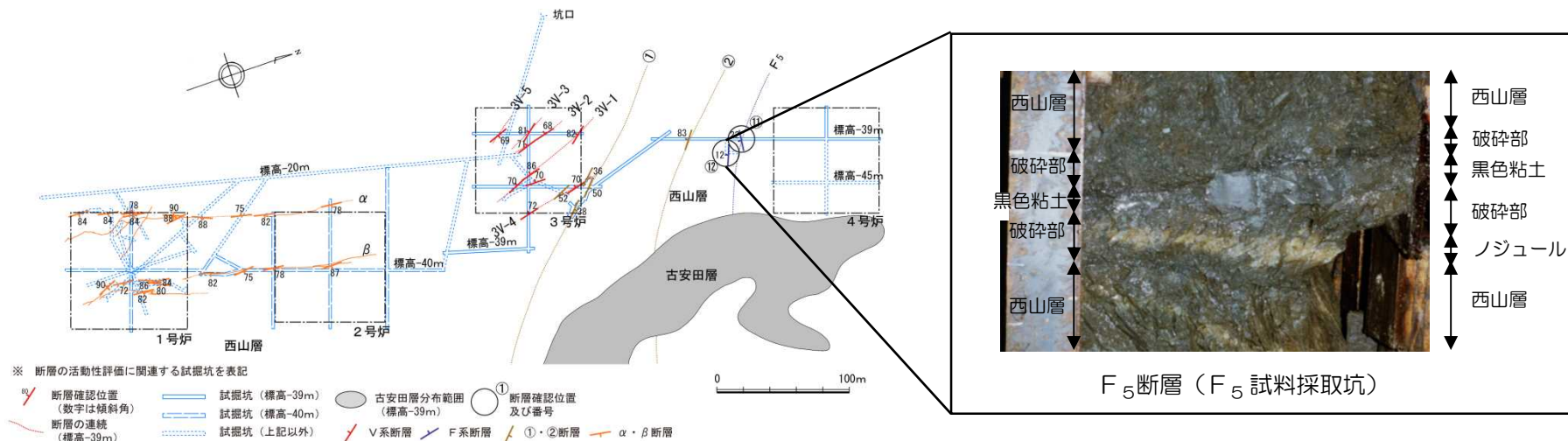
F 5 横坑部東壁16-19基地質スケッチ  
（平成26年9月～12月）

- 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。



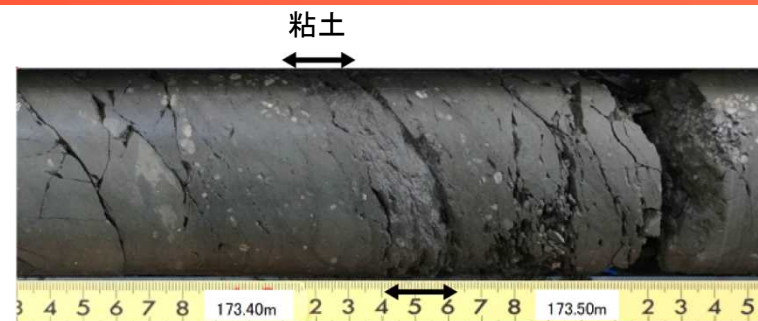
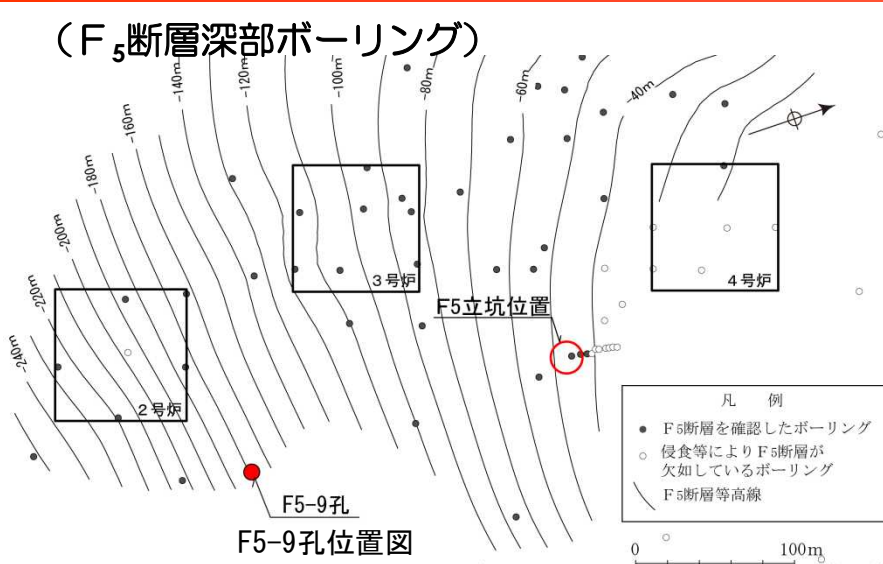
## 2.2.1 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

（F<sub>5</sub>断層試掘坑調査）

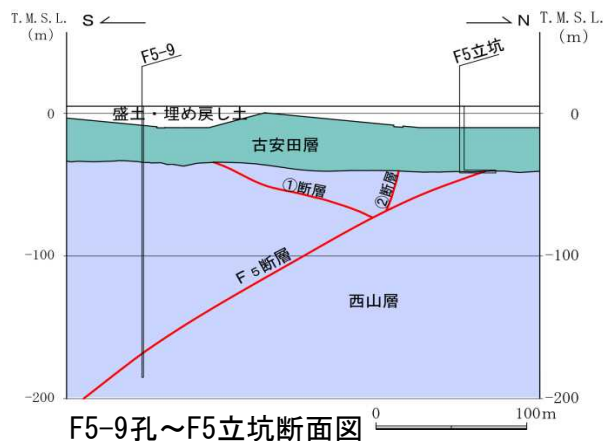


- F系断層は、WNW-ESE走向で南に緩く傾斜する西山層の層理面に平行な断層で、F<sub>5</sub>断層が分布する。
- 平均幅5cm程度の破碎部及び平均幅6.6cm程度の黑色粘土を伴う。
- 試掘坑（標高-39m付近、西山層の被り約10m）で確認されたF<sub>5</sub>断層の条線方向は、一連の正断層の条線方向と異なる。

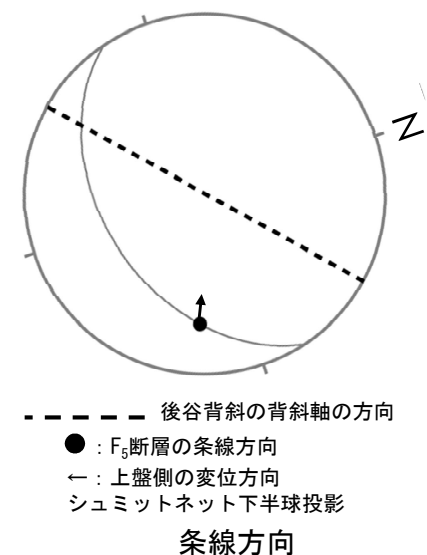
## 2.2.1 地質・地質構造（一連の正断層の分布）



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

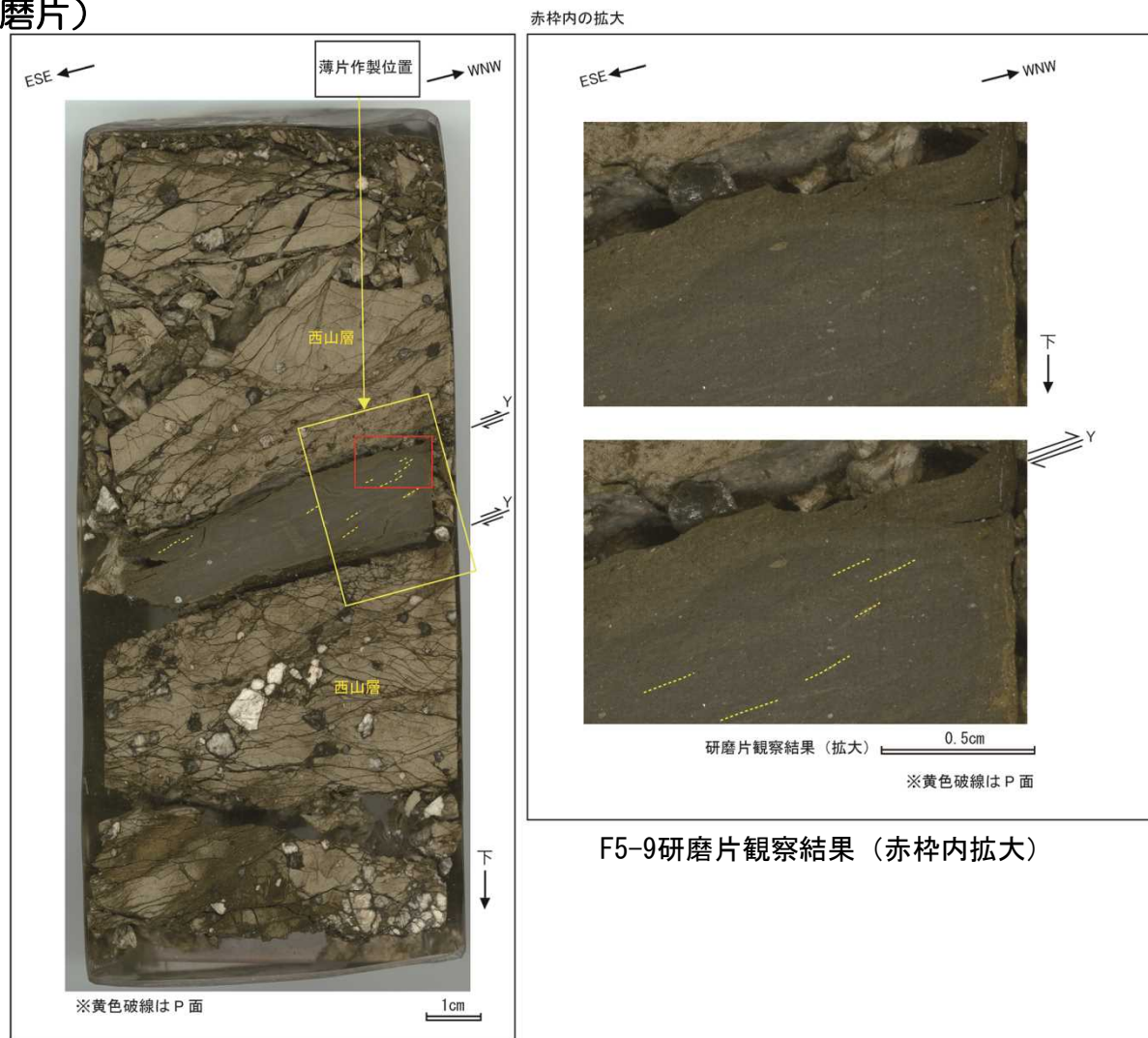
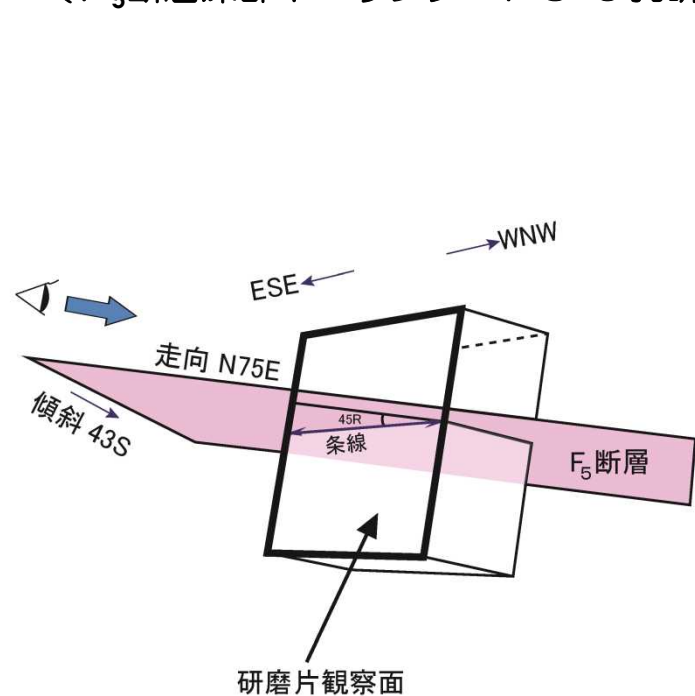


- 深部（標高-168m付近）のF<sub>5</sub>断層の条線は、褶曲軸に高角度で交差する方向を示し、研磨片・薄片観察の結果、その運動センスは逆断層センスであることを確認した。

## 2.2.1 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

P.14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。

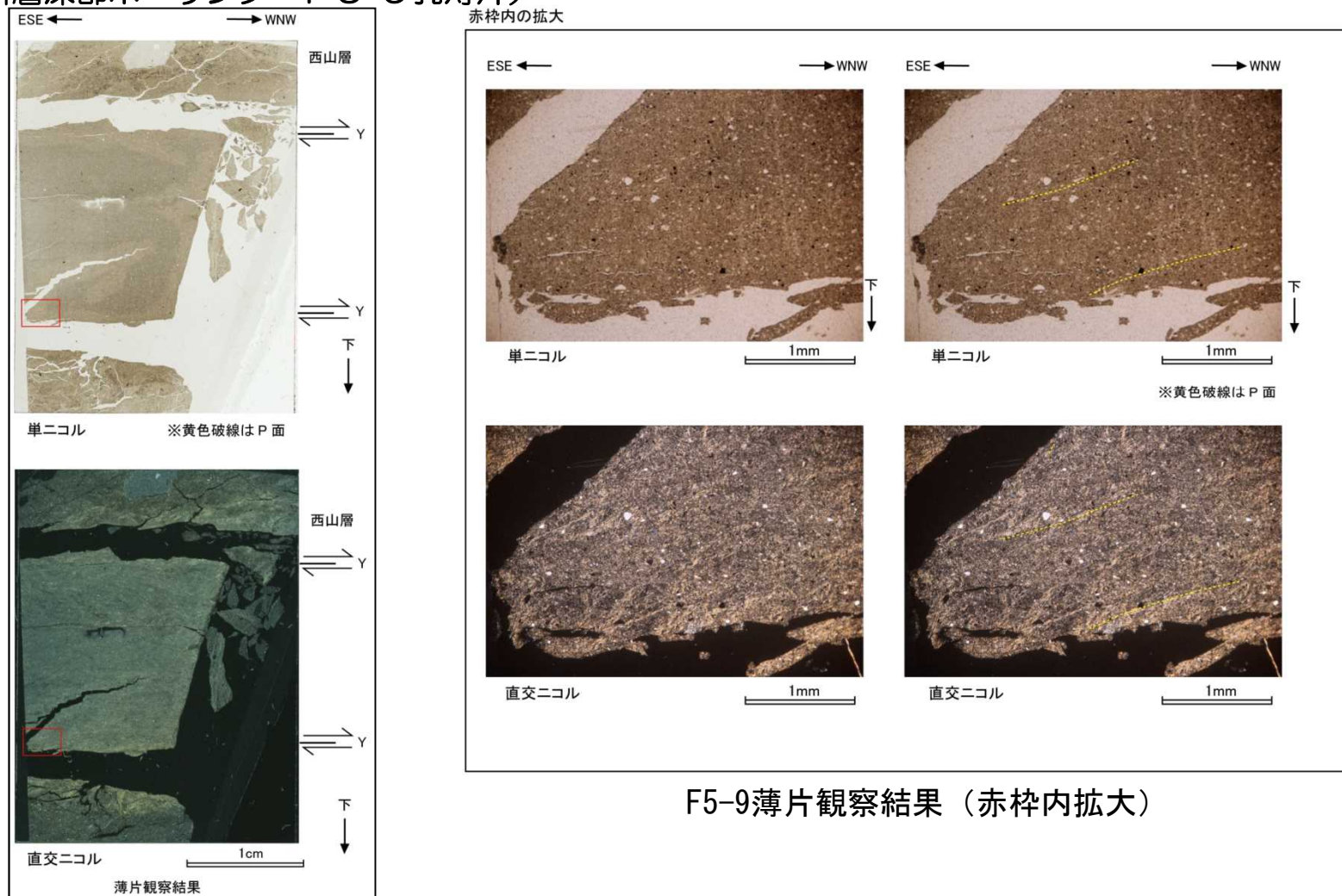
F5-9研磨片観察結果

- 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。

## 2.2.1 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孔薄片）



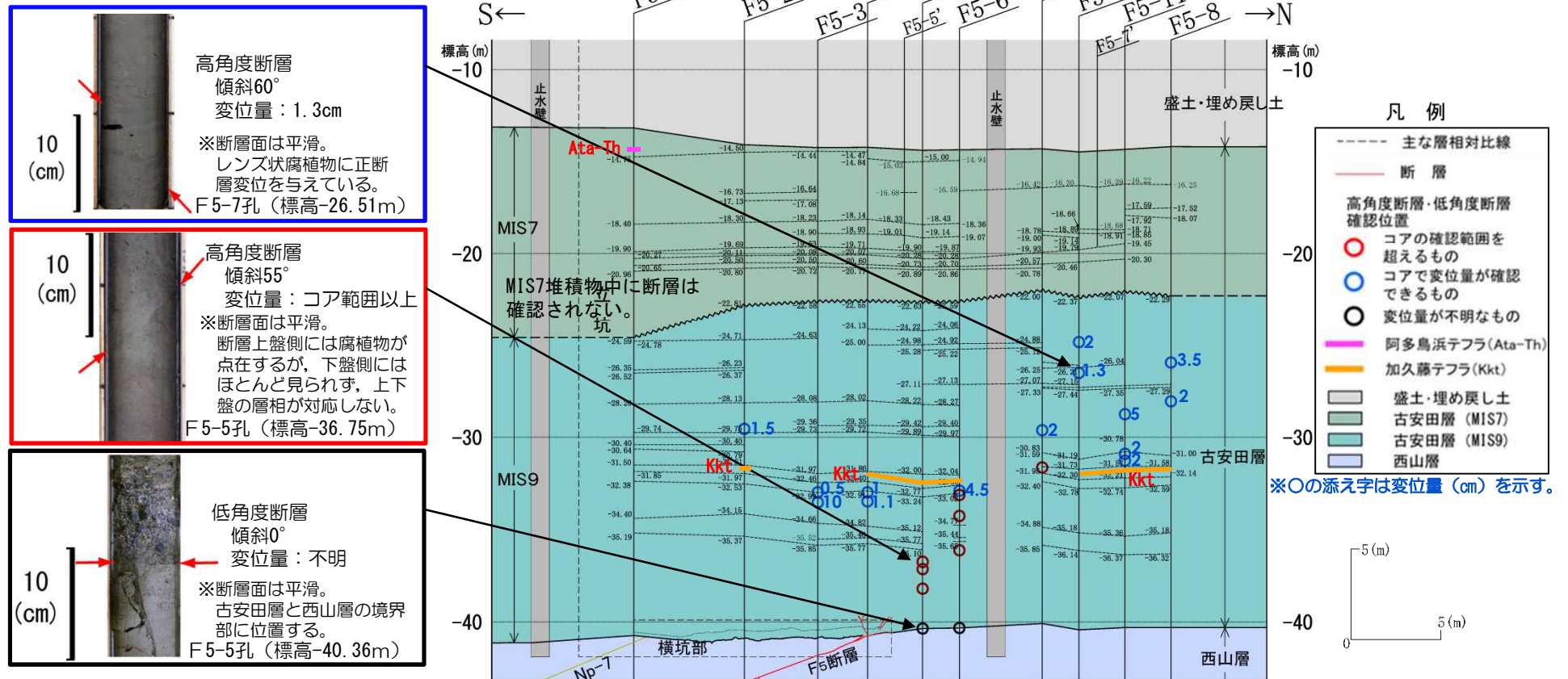
F5-9薄片観察結果（赤枠内拡大）

### 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。

## 2.2.1 地質・地質構造（F5立坑ボーリング調査）

（F5立坑ボーリング調査結果）

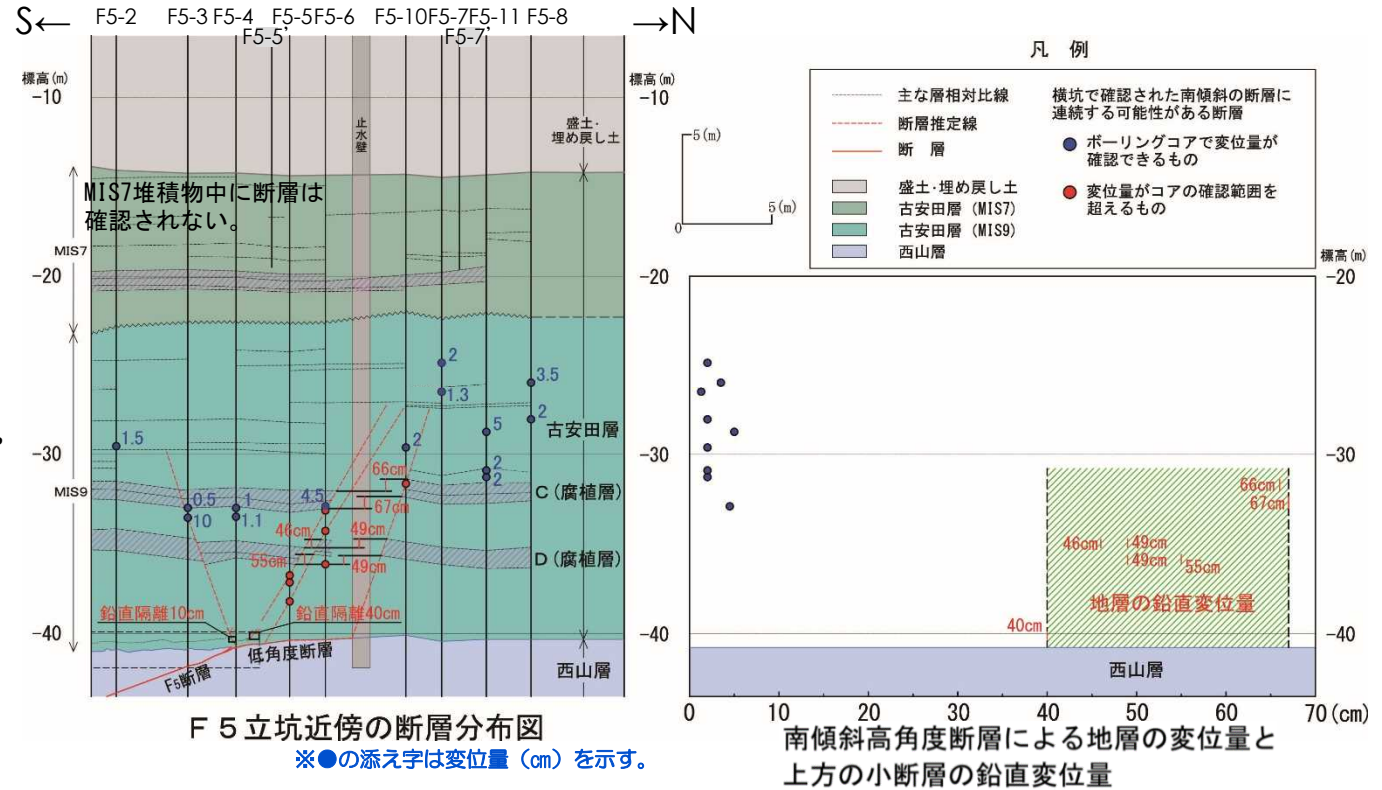


- F5立坑近傍におけるボーリング調査の結果、標高-15m~-40m間に西山層を不整合に覆い、シルト層を主体とし砂層、腐植層等を挟在する古安田層の分布を確認した。
- F<sub>5</sub>断層の上載層は加久藤テフラ（約33~34万年前）と阿多鳥浜テフラ（約24万年前）を挟在することから、MIS9からMIS7の堆積物（古安田層）と判断される。
- ボーリングコアで確認された古安田層中の断層を赤丸、青丸及び黒丸で示す。

## 2.2.1 地質・地質構造（F5立坑ボーリング調査）

### （F5立坑ボーリング調査結果 断層の連続性および変位量）

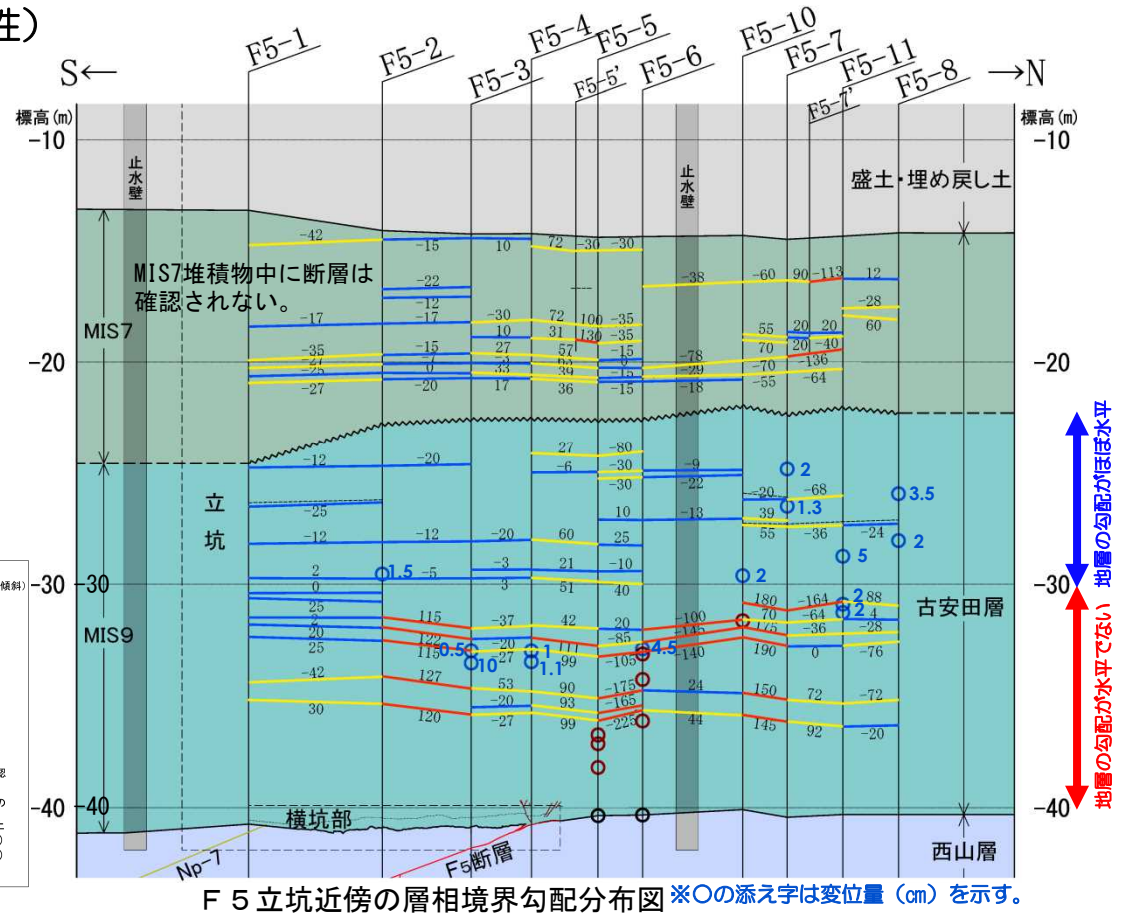
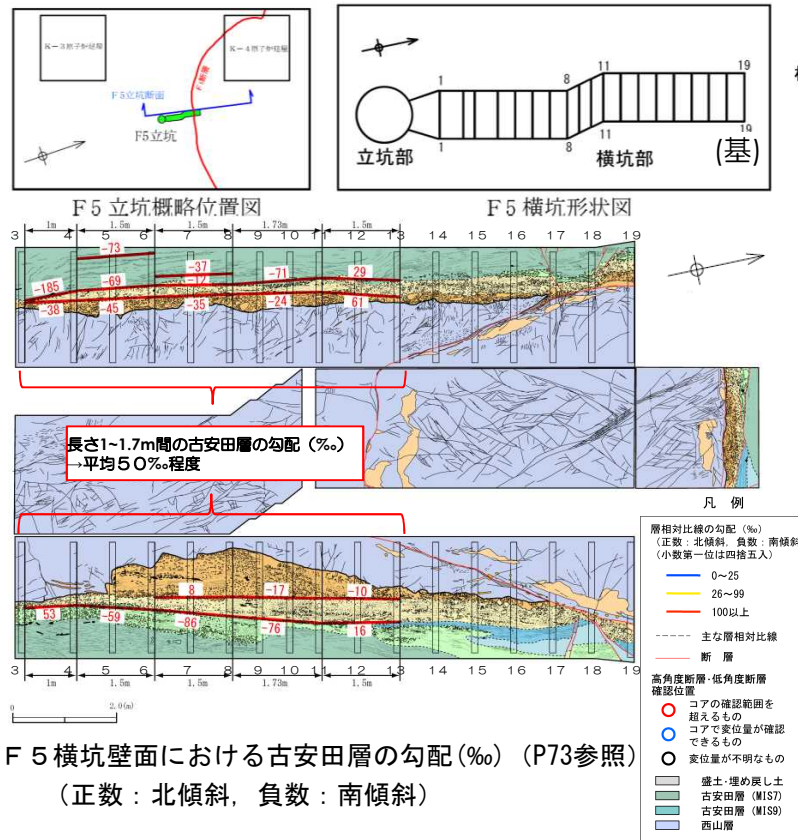
- これらのボーリング孔ではボアホールテレビ観察が困難であるため断層の走向・傾斜は不明であるが、断層の走向が同じと仮定した上で、さらに以下の内容を基にして高角度断層と低角度断層の連続性を評価した。
  - 横坑部で確認された断層の延長上のボーリング孔に断層が認められ、断層の傾斜が矛盾なく、変位量が横坑部で確認されたものと同程度あるいはコアの確認範囲を超える場合は、断層が連続すると評価する。
  - 推定断層の上方延長の地層の傾斜がほぼ水平または地層の勾配方向と断層変位センスが整合しない場合は、当該地層を超えて断層は連続しないと評価する。



- 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変位・変形は認められず、また、MIS7堆積物には断層も確認されない。

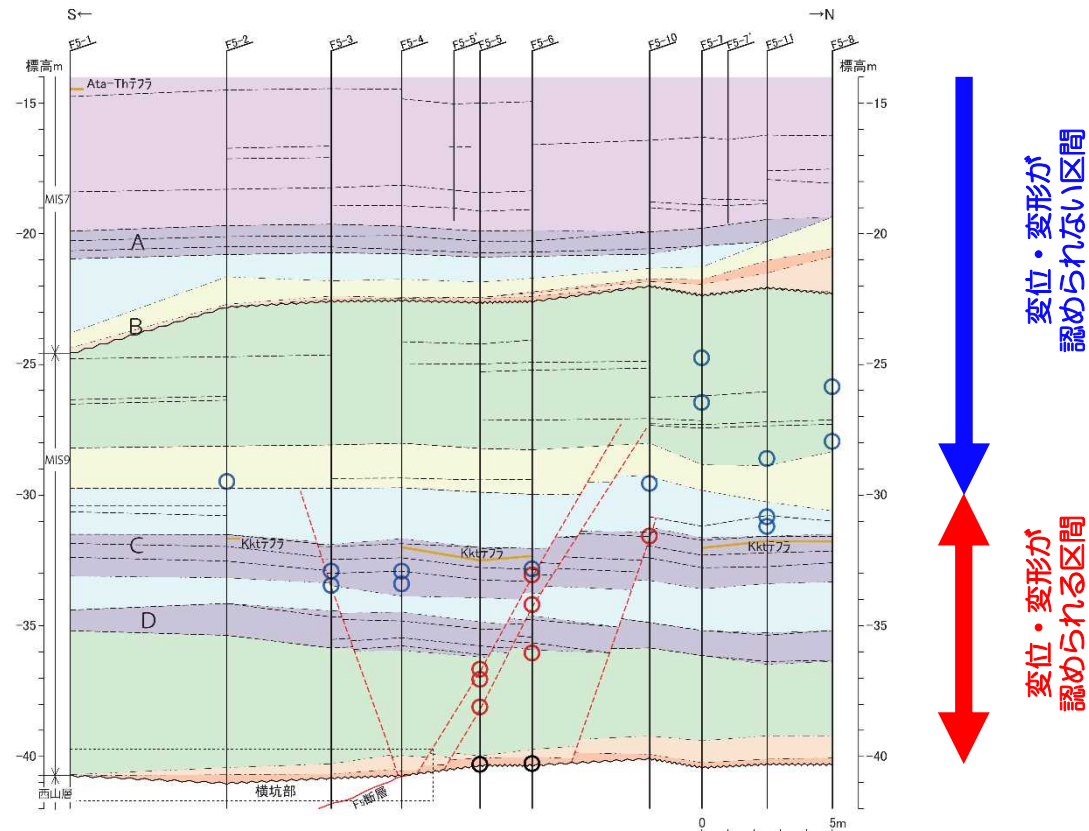
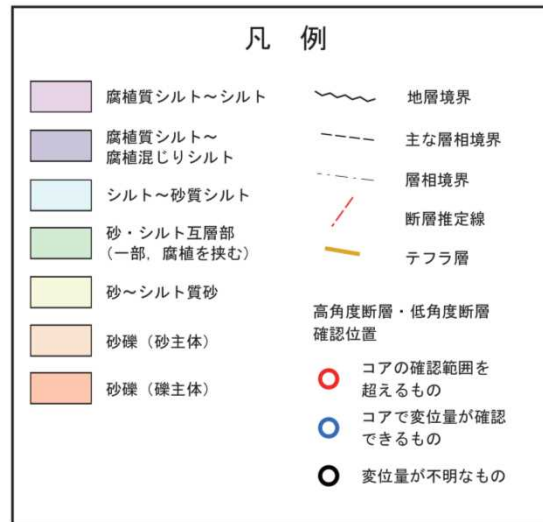
# 2.2.1 地質・地質構造 (F5立坑ボーリング調査)

(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。

## 2.2.1 地質・地質構造（F5立坑ボーリング調査のまとめ）

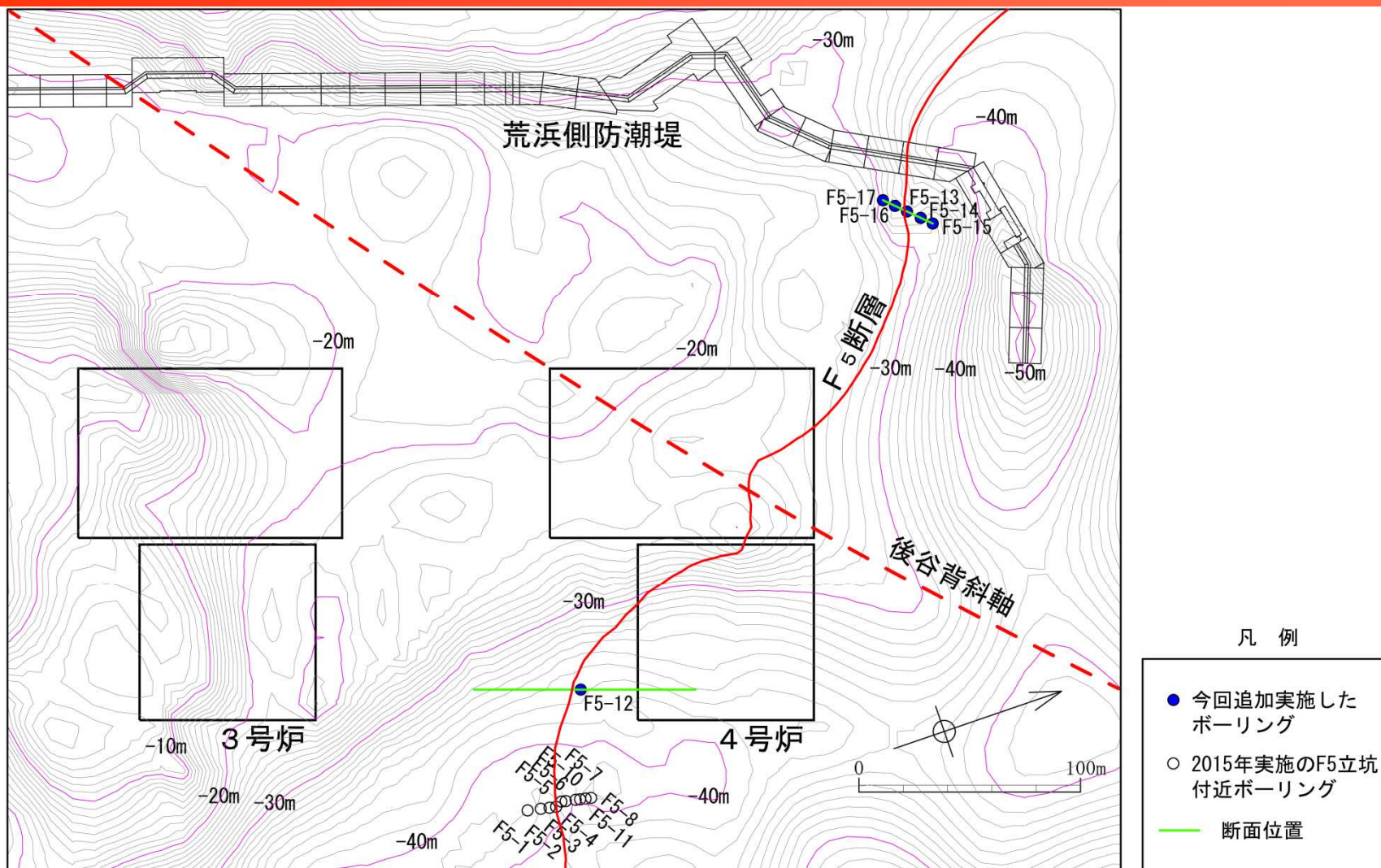


F5立坑近傍の層相対比図

- 一連の正断層（F<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の運動，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以上の上載層に一連の正断層による変位・変形は認められず，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。



## 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近ボーリング調査位置）



調査位置及び西山層上限等高線図

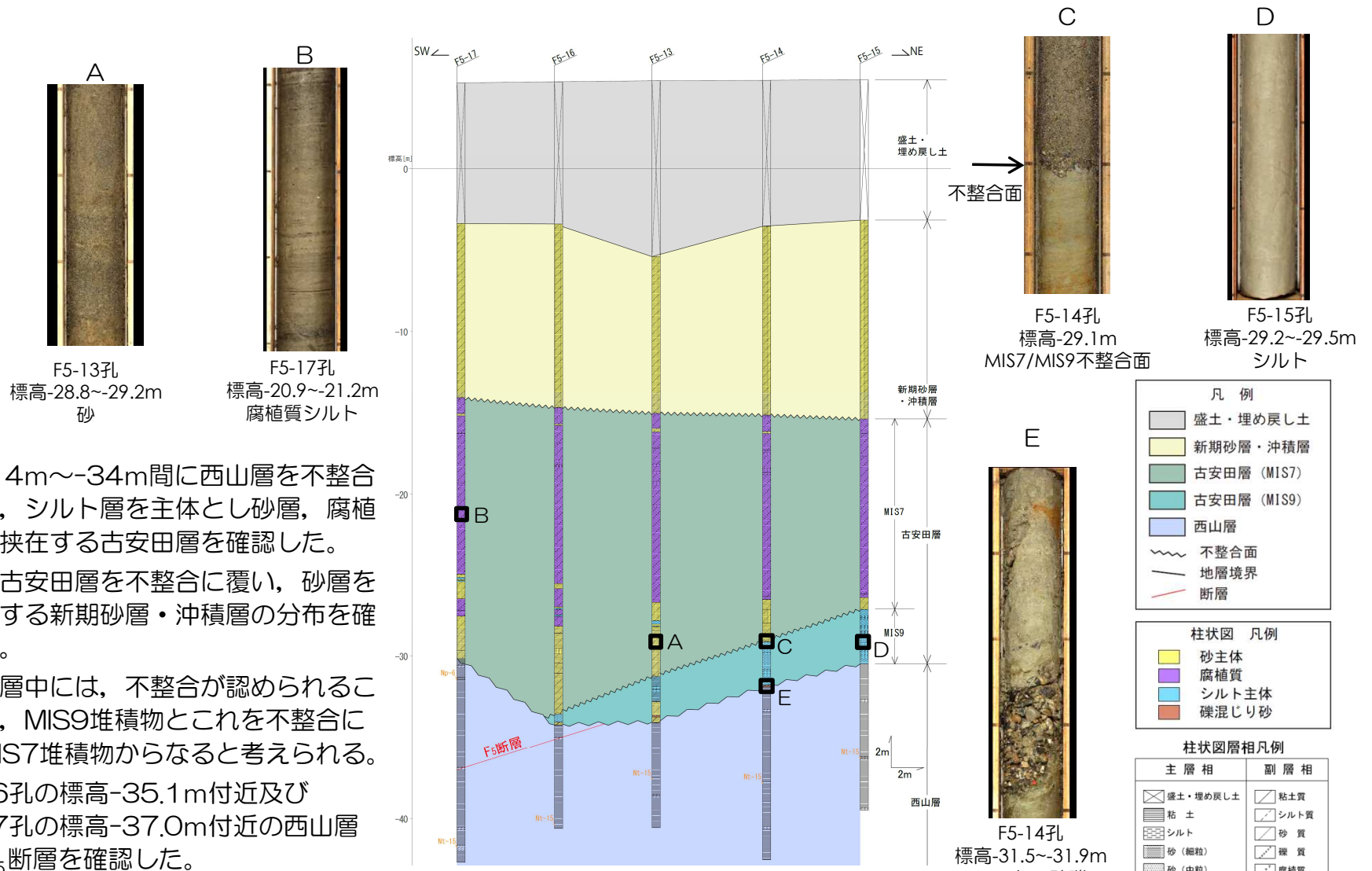
- F<sub>5</sub>断層は、荒浜側防潮堤の下に分布する。荒浜側防潮堤は、耐震重要施設に該当し、西山層に杭基礎で岩着している。
- 荒浜側防潮堤付近のF<sub>5</sub>断層の活動性を確認するため、ボーリング調査を行った。

## 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近のF<sub>5</sub>断層の性状）



- F<sub>5</sub>断層は、F5-16孔及びF5-17孔で確認された。
- 確認された断層は、黑色粘土を伴い、走向・傾斜がN68W18Sを示し層理面に平行であり、既往ボーリングデータによるF<sub>5</sub>断層等高線図と分布標高が調和的である。

## 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近の地質）

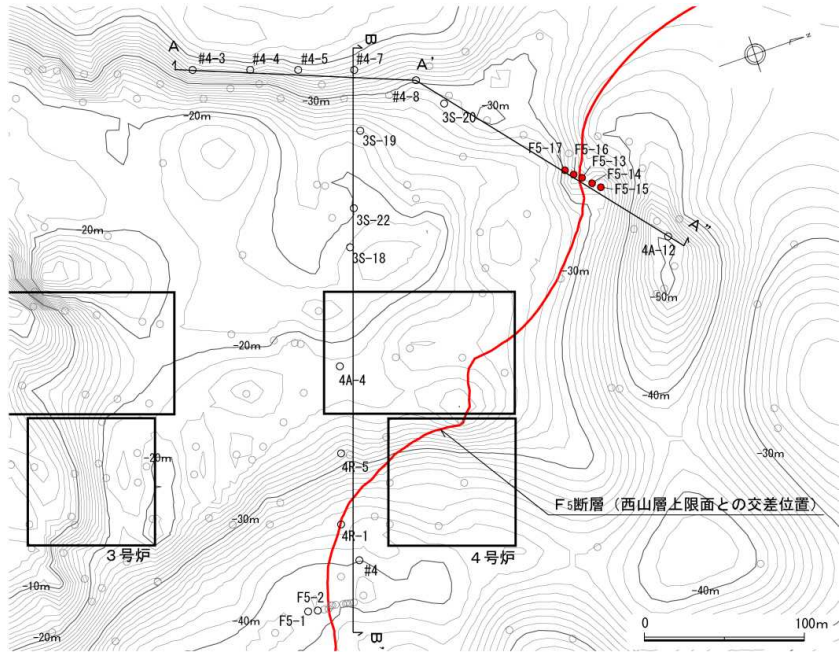


- 標高-14m~-34m間に西山層を不整合に覆い、シルト層を主体とし砂層、腐植層等を挟在する古安田層を確認した。
- また、古安田層を不整合に覆い、砂層を主体とする新期砂層・沖積層の分布を確認した。
- 古安田層中には、不整合が認められることから、MIS9堆積物とこれを不整合に覆うMIS7堆積物からなると考えられる。
- F5-16孔の標高-35.1m付近及びF5-17孔の標高-37.0m付近の西山層中にF<sub>5</sub>断層を確認した。

□ 写真位置

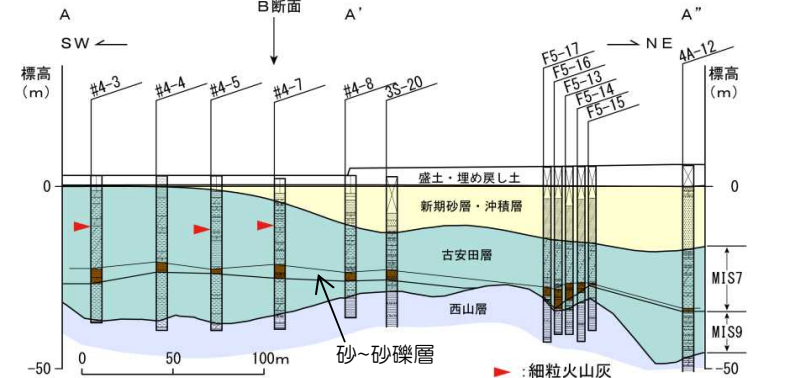
Np-6, Nt-15 : 西山層の鍵層

## 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近のF<sub>5</sub>断層上載層の年代）

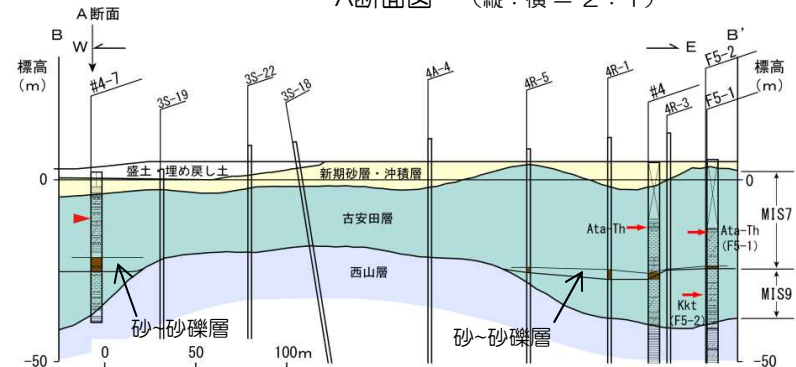


ボーリング位置及び地質断面位置図（等高線は西山層上限面を示す）

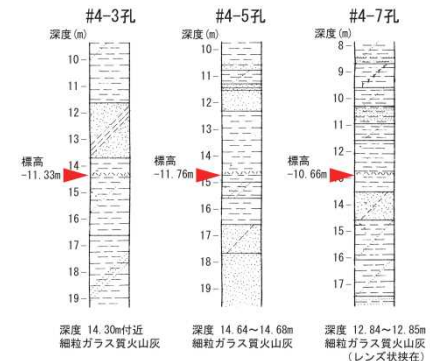
- F5-13～17孔の標高-26m～-33m付近には比較的厚い砂層が分布している。この砂層は南西側のA断面の3S-20孔，#4-3～8孔の標高-20m～-26m付近の砂～砂礫層に対比される。
- A断面の#4-3孔，#4-5孔，#4-7孔並びに4号炉南東側のB断面のF5-1孔，#4孔では、この砂～砂礫層の上位の標高-11m～-14m付近に細粒火山灰が分布する。これらの細粒火山灰はいずれも細粒ガラス質で広域テフラの特徴を有し，B断面のF5-1孔及び#4孔において確認されている阿多鳥浜テフラ（Ata-Th:約24万年前）に対比される。また，B断面のF5-2孔では砂～砂礫層の下位に加久藤テフラ（Kkt:約33～34万年前）を確認している。
- 以上のことから，ボーリング地点における上載層の堆積年代はMIS9～MIS7に対比されると判断される。



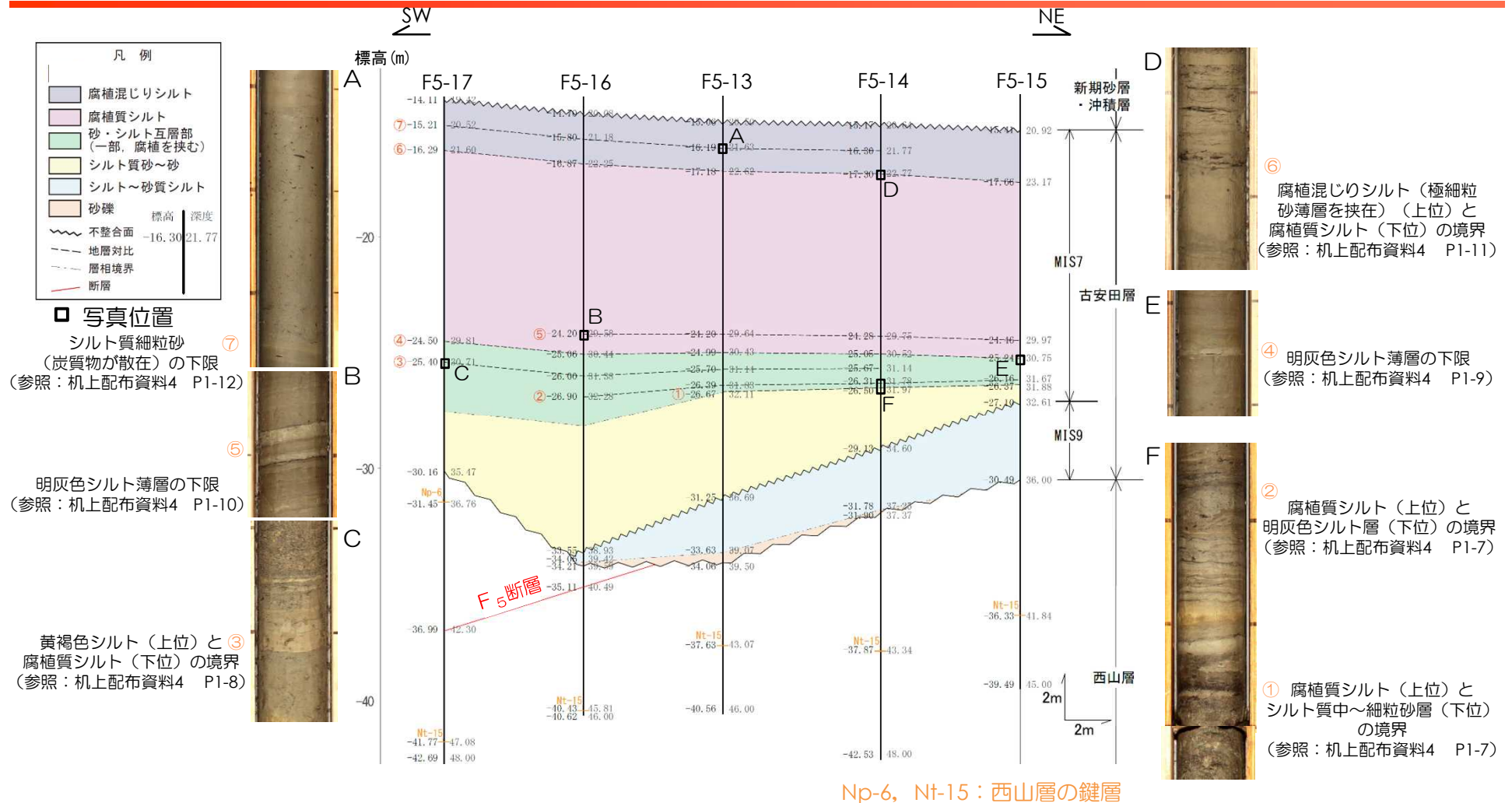
A断面図（縦：横 = 2：1）



B断面図  
（縦：横 = 2：1）  
▶ : 細粒火山灰  
→ : 細粒火山灰（火山灰分析により対比）

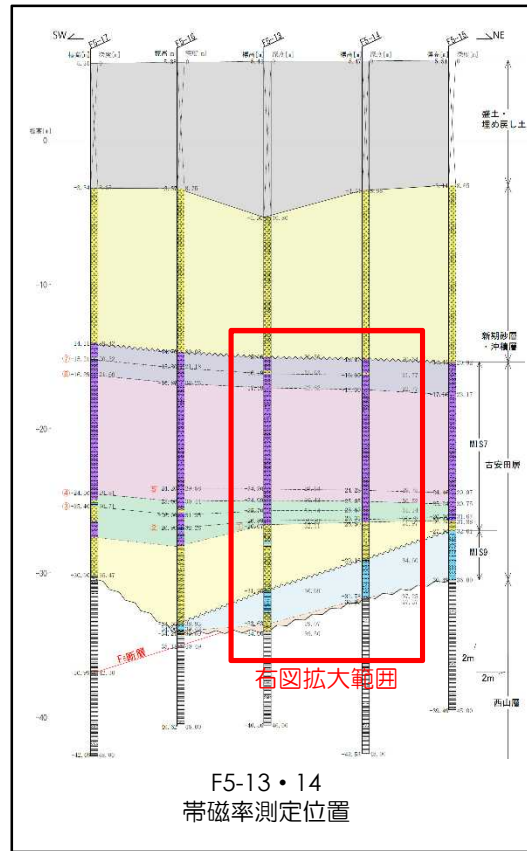


## 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近の古安田層の地質・地質構造）

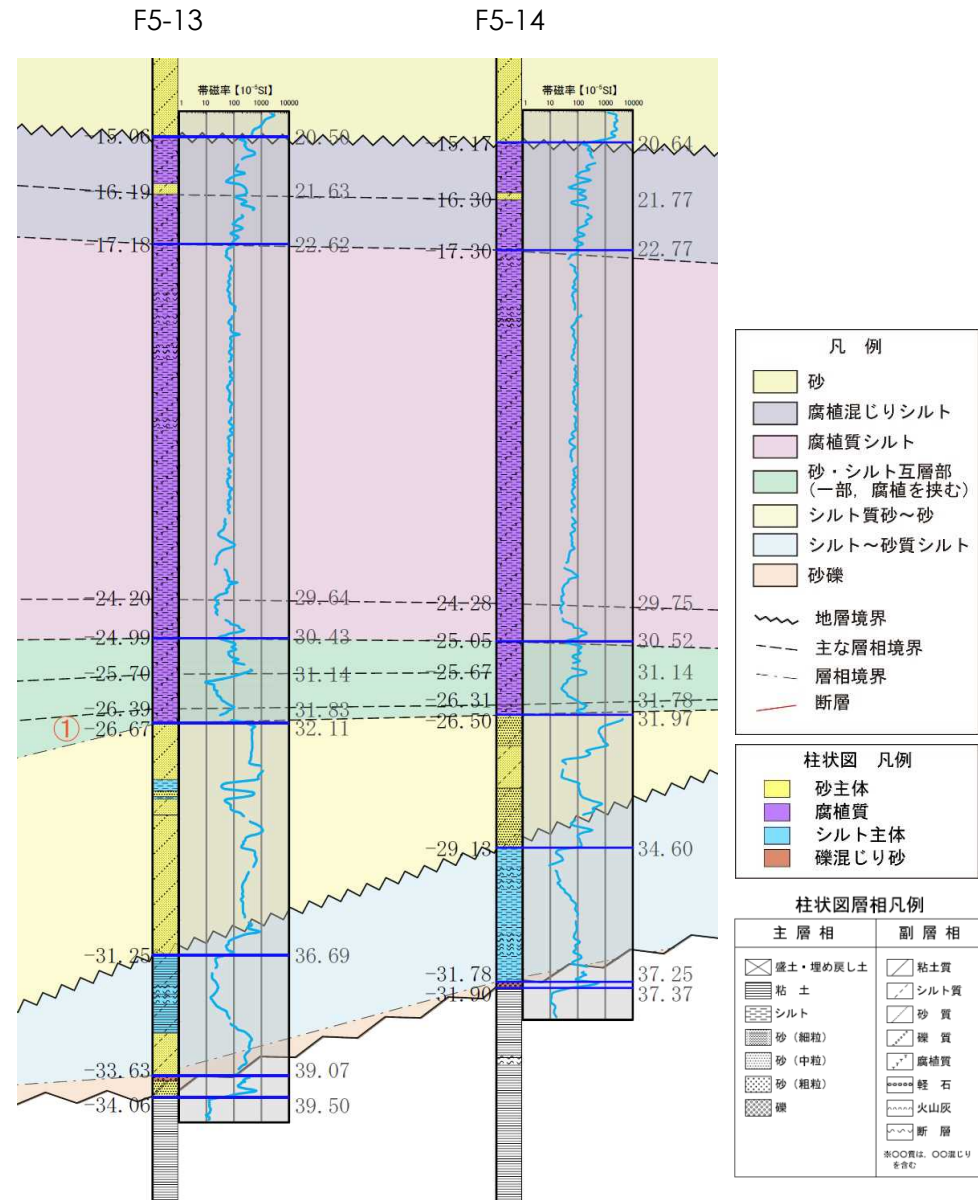


- MIS7堆積物には、比較的明瞭に対比可能な7層準 (①～⑦) が認められる。
- MIS7堆積物からなる古安田層基底と下部は、概ね南に傾斜する堆積面を形成し、これらを覆うようにMIS7の腐植質シルト及び腐植混じりシルトが水平に堆積している。

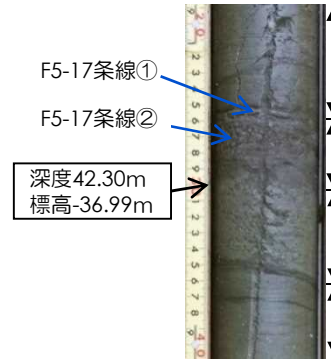
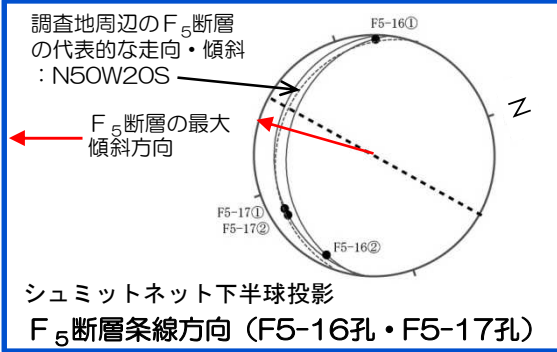
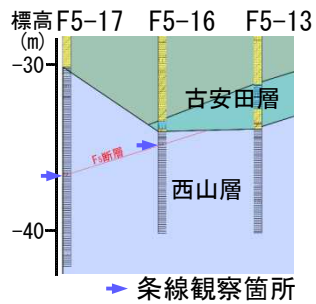
## 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近の古安田層の帯磁率）



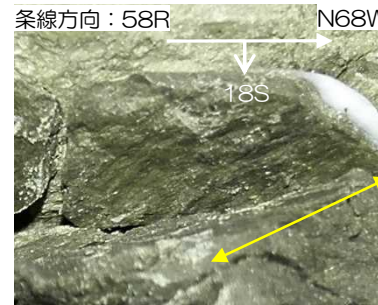
- 各堆積物の帯磁率は、砂礫および砂が100～1200程度、シルト～腐植質シルトは100以下という傾向を示す。
- 帯磁率の測定結果は層相区分と整合的である。



## 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近F<sub>5</sub>断層の運動像）



F<sub>5</sub>断層 (F5-17孔深度42.3m付近)

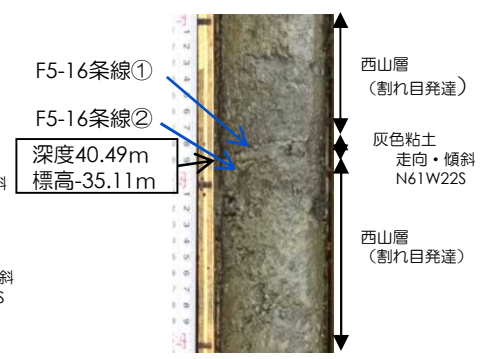


F5-17条線① (下盤側から)

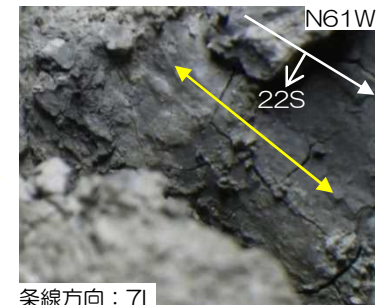


F5-17条線② (上盤側から)

F5-17孔 F<sub>5</sub>断層の走向・傾斜  
N68W18S



F<sub>5</sub>断層 (F5-16孔深度40.45m付近)

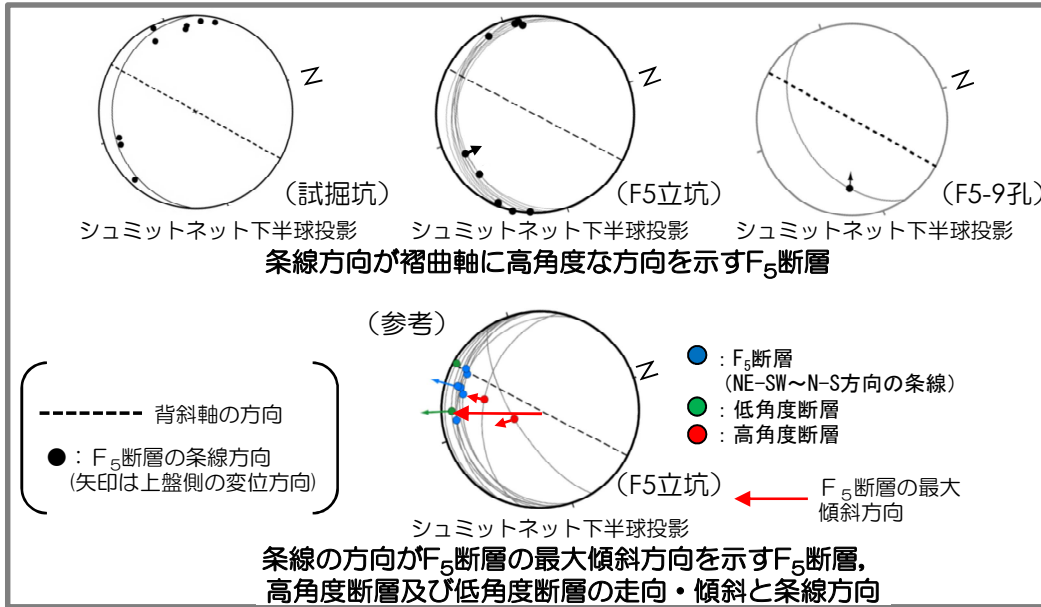


F5-16条線① (下盤側から)



F5-16条線② (上盤側から)

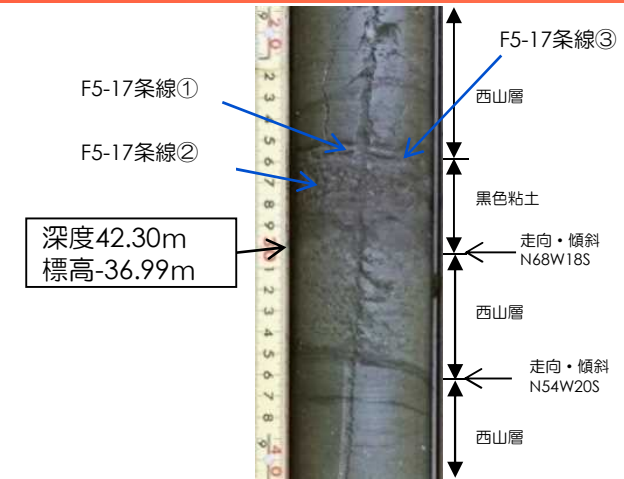
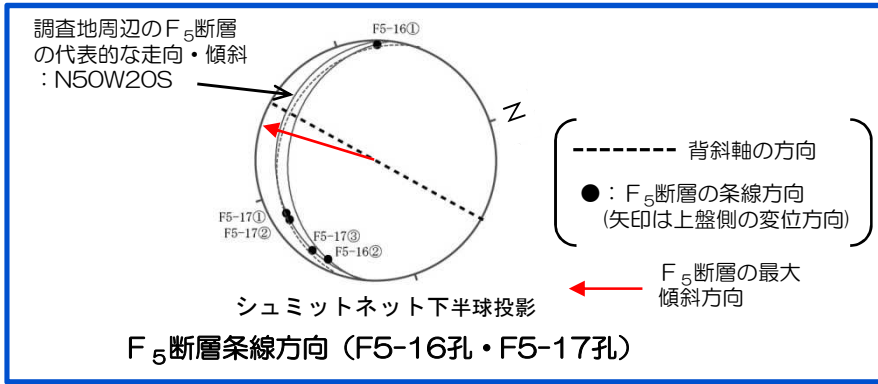
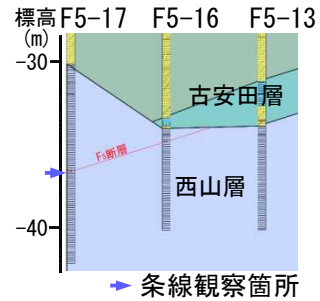
F5-16孔 F<sub>5</sub>断層の走向・傾斜  
N61W22S



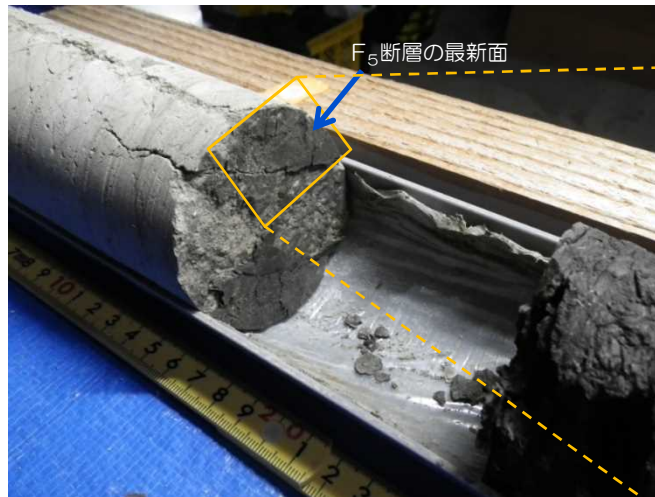
- F5-16孔及びF5-17孔で確認されたF<sub>5</sub>断層の条線の方向は、いずれも褶曲軸に高角度で交差する方向を示し、試掘坑、F5立坑及びF5-9孔で確認された逆断層センスを示す条線の方向と調和しており、褶曲運動に伴う層面すべり断層の運動像と一致する。

- F5立坑に見られたF<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の条線は認められないことから、荒浜側防潮堤付近では、F5立坑に見られたような一連の正断層はないと判断される。

## 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近F<sub>5</sub>断層の運動像）

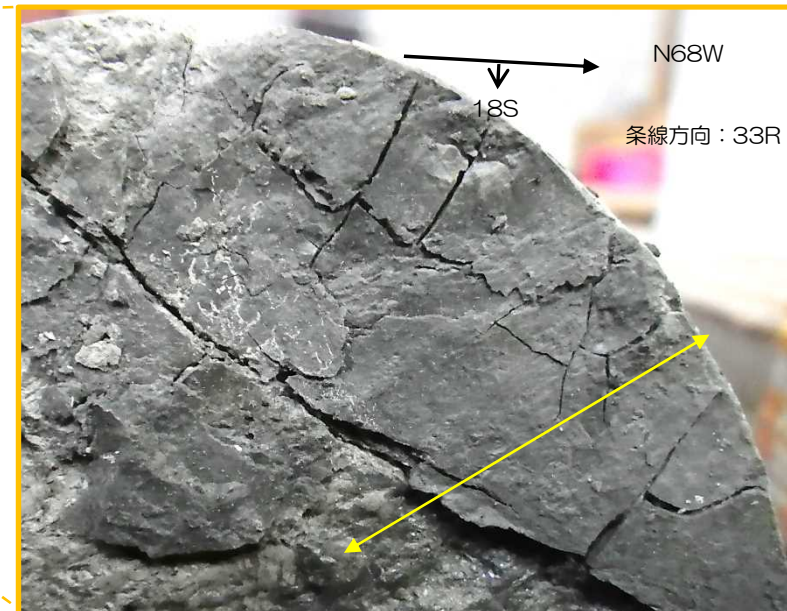


F<sub>5</sub>断層 (F5-17孔深度42.3m付近)



F5-17孔  
F<sub>5</sub>断層の最新面 (下盤側から)

- F5-17孔のコアを割ってF<sub>5</sub>断層の条線を観察した結果、褶曲軸に高角度で交差する方向の条線が認められる。
- F5立坑に見られたようなF<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の条線は認められない。



F5-17孔 F<sub>5</sub>断層の最新面近接  
条線③ (下盤側から)  
F<sub>5</sub>断層の走向・傾斜 N68W18S



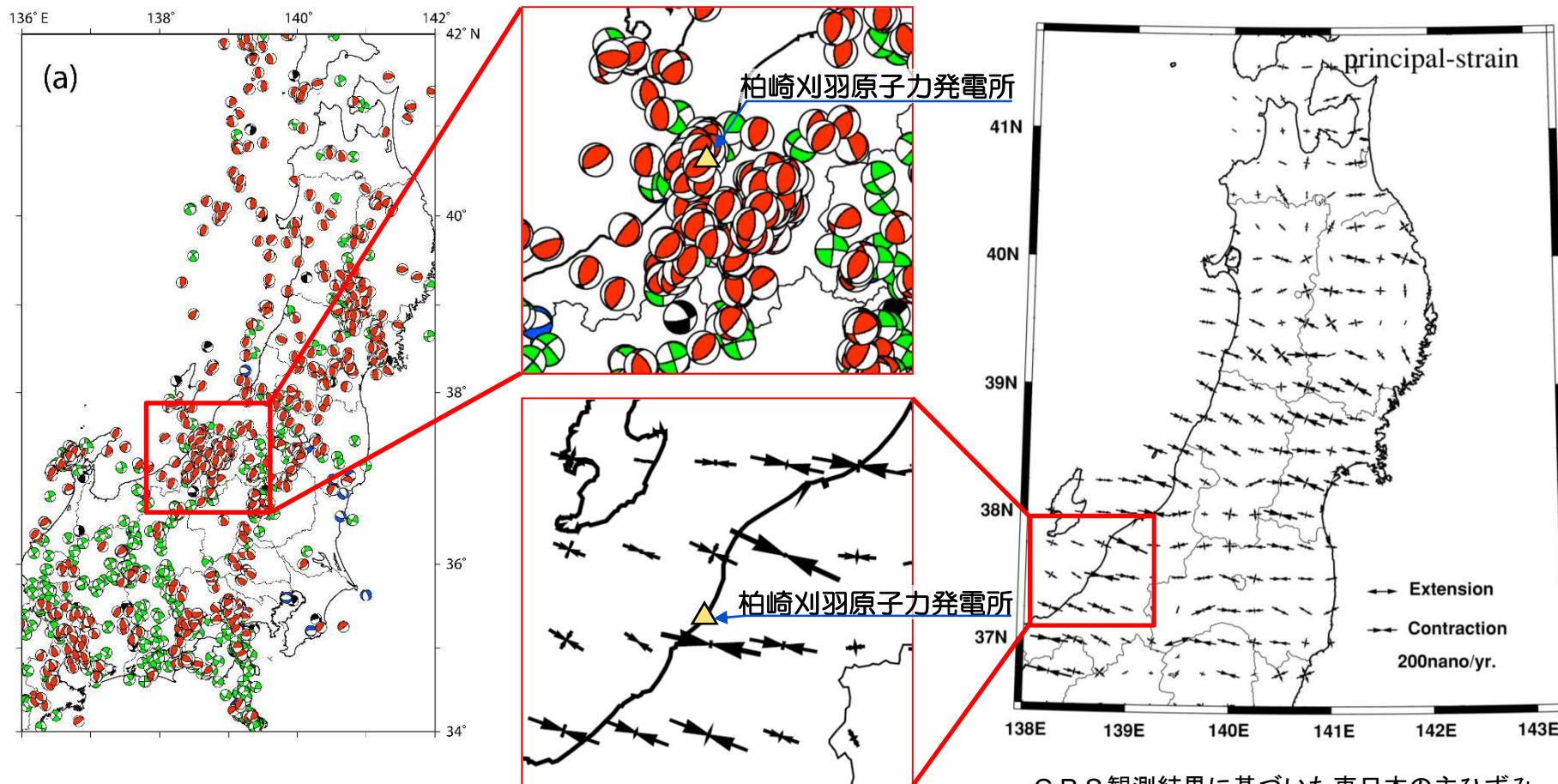
## 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近ボーリング調査のまとめ）

- 荒浜側防潮堤付近で実施したボーリング調査の結果，F5-16孔及びF5-17孔において西山層中にF<sub>5</sub>断層を確認した。
- F<sub>5</sub>断層の上載層の古安田層は，MIS9堆積物とこれを不整合に覆うMIS7堆積物からなる。
- MIS7堆積物下部は，概ね南に傾斜する堆積面を形成し，これらを覆うようにMIS7の腐植質シルト及び腐植混じりシルトが水平に堆積している。
- F5-16孔及びF5-17孔で確認されたF<sub>5</sub>断層の条線の方法は，いずれも褶曲軸に高角度で交差する方向を示し，試掘坑，F5立坑及びF5-9孔で確認された逆断層センスを示す条線の方法と調和しており，褶曲運動に伴う層面すべり断層の運動像と一致する。
- F5立坑に見られたF<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の条線は認められないことから，荒浜側防潮堤付近では，F5立坑に見られたような一連の正断層はなく，また，古安田層中にF<sub>5</sub>断層に関連する断層も確認されない。

## 2.3 応力場（文献調査結果）

P.22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

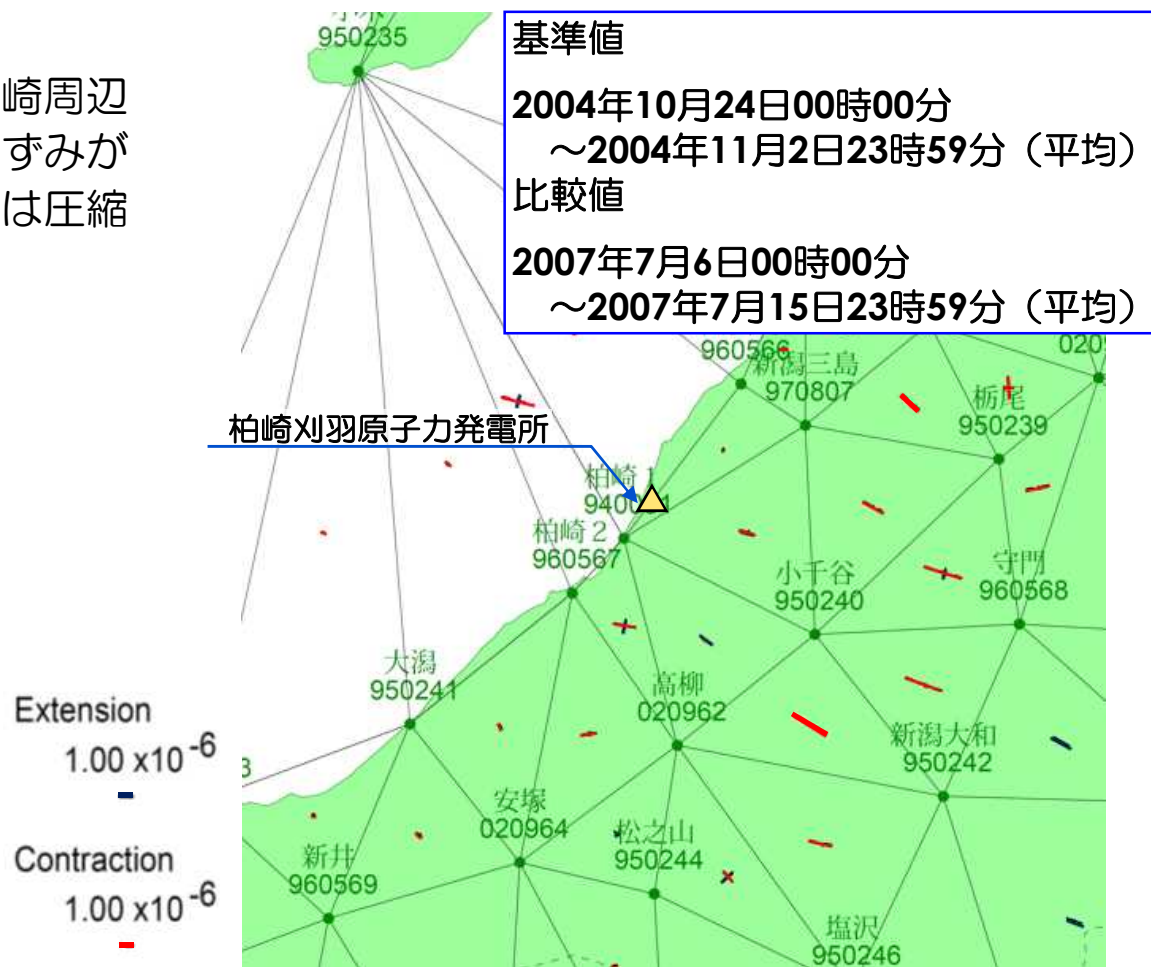
- 柏崎地域を含む東北日本は、概ね東西方向の圧縮応力による逆断層が卓越すること（Yoshida et al.(2012)）、GPS観測結果(Miura et al.(2004)など)によって分析された主ひずみは概ね東西方向の圧縮ひずみが卓越することから、敷地周辺は圧縮応力場と考えられる。

## 2.3 応力場（測量結果）

P.23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。

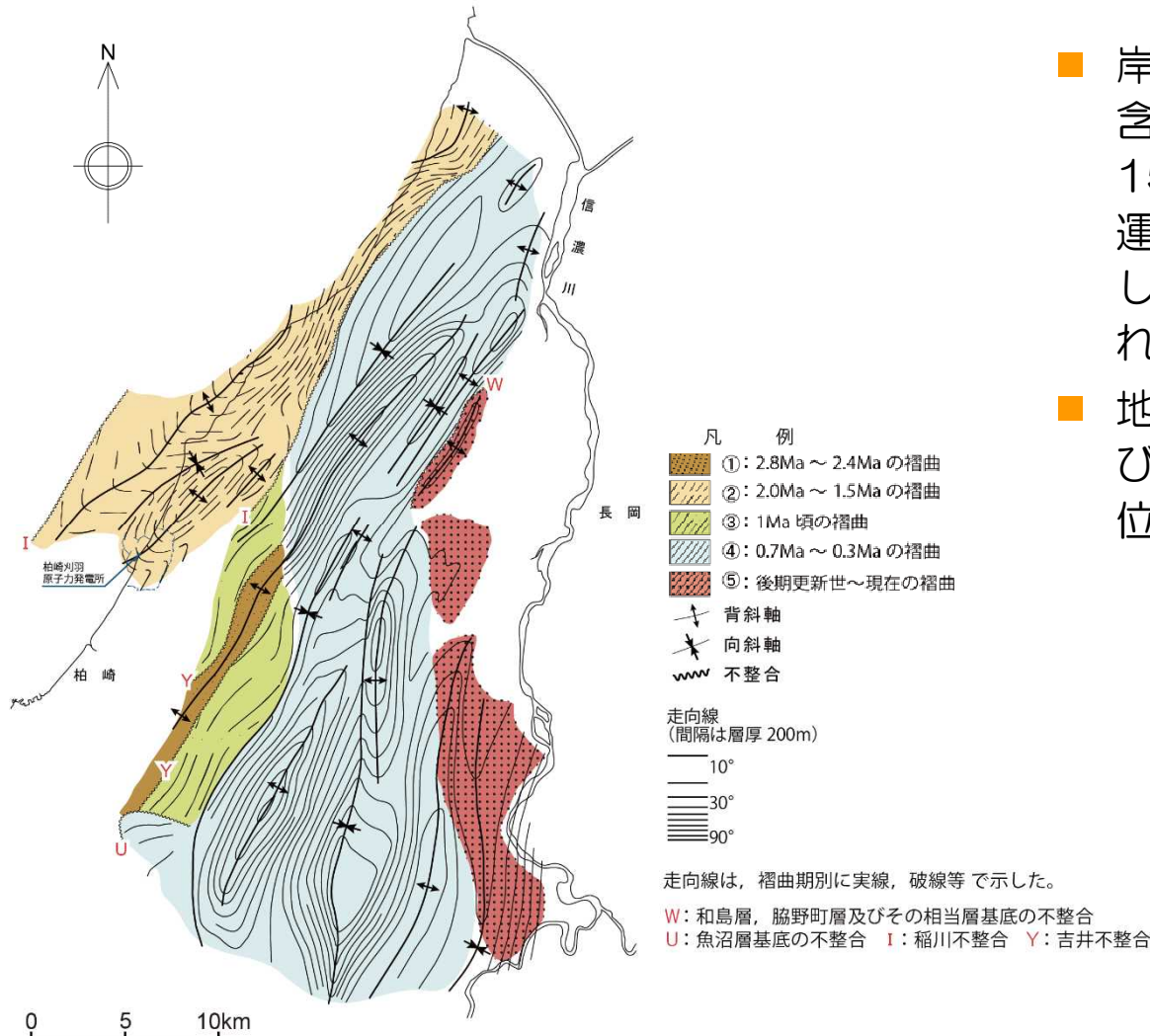


「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。（承認番号 平20業使、第226号）」

主ひずみ分布図

## 2.3 応力場（文献調査・地質調査結果）

（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。
- 地質調査結果によると、敷地近傍及び敷地の褶曲構造は古安田層に変位・変形を与えていない。

## 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】

#### （F5立坑）

- 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、壁面観察結果及び研磨片・薄片観察結果から、F<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の運動、高角度断層、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である。
- 一連の正断層（F<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の運動、高角度断層及び低角度断層）は、標高-30m付近のMIS9堆積物まで変位・変形を与えているものの、標高-30m以浅のMIS9堆積物からMIS7堆積物に変位・変形を与えていない。

#### （荒浜側防潮堤）

- 荒浜側防潮堤付近で実施したボーリング調査の結果、F5-16孔及びF5-17孔において西山層中にF5断層を確認した。
- F5断層の上載層の古安田層は、MIS9堆積物とこれを不整合に覆うMIS7堆積物からなる。
- MIS7堆積物下部は、概ね南に傾斜する堆積面を形成し、これらを覆うようにMIS7の腐植質シルト及び腐植混じりシルトが水平に堆積している。
- F5-16孔及びF5-17孔で確認されたF5断層の条線の方法は、いずれも褶曲軸に高角度で交差する方向を示し、試掘坑、F5立坑及びF5-9孔で確認された逆断層センスを示す条線の方法と調和しており、褶曲運動に伴う層面すべり断層の運動像と一致する。
- F5立坑に見られたF<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の条線は認められないことから、荒浜側防潮堤付近では、F5立坑に見られたような一連の正断層はなく、また、古安田層中にF<sub>5</sub>断層に関連する断層も確認されない。

## 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）

---

### 【応力場】

- 敷地周辺は圧縮応力場にあると考えられるが、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、一連の正断層（F<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の運動、高角度断層及び低角度断層）は、将来活動する可能性のある断層等ではない。

- 
- 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
      - 2.2.1 地質・地質構造（F5立坑）
      - 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤）
    - 2.3 応力場
    - 2.4 総合評価
  
  - 3 まとめ
  
  - 4 その他指摘事項

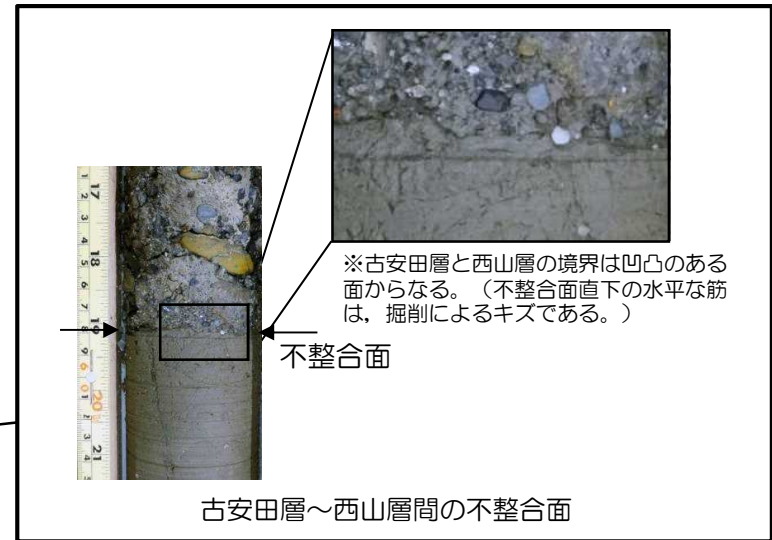
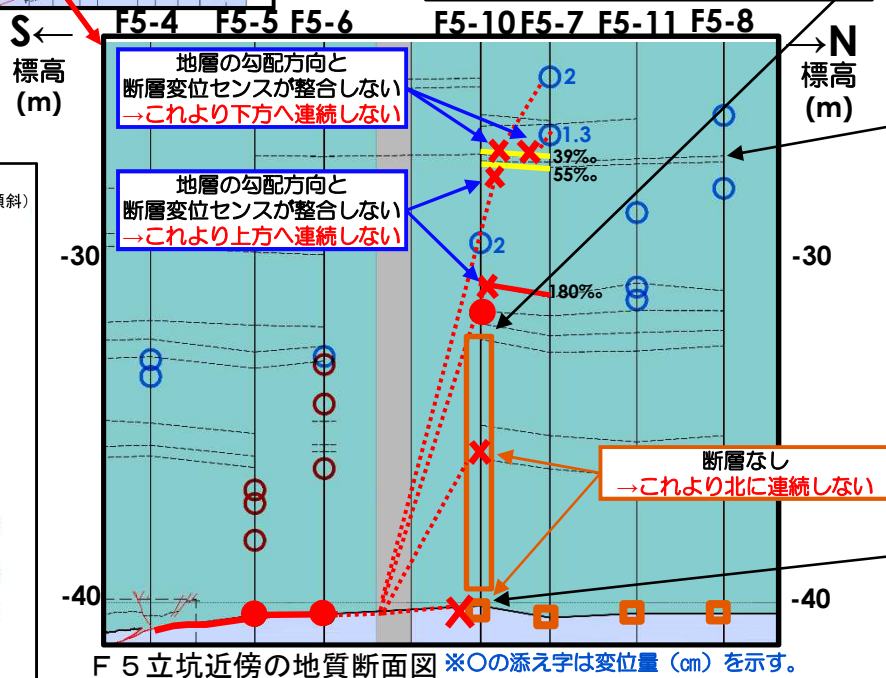
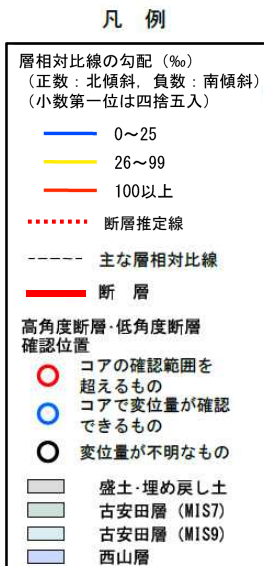
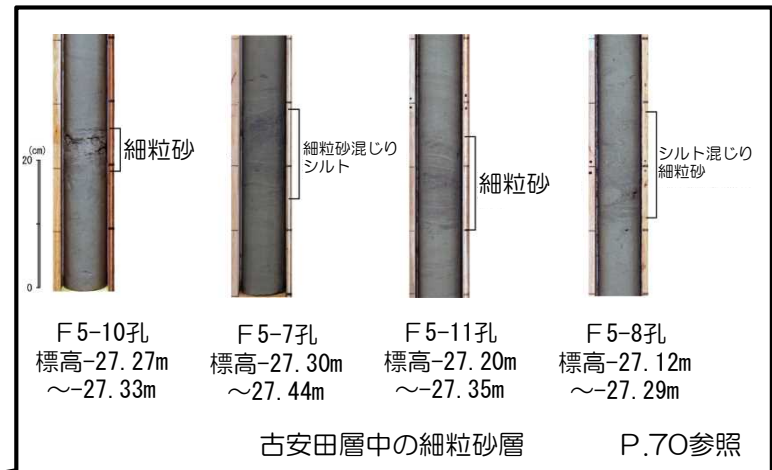
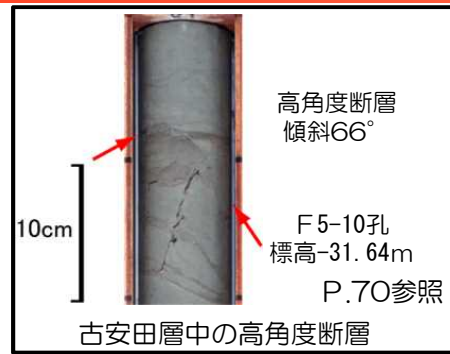
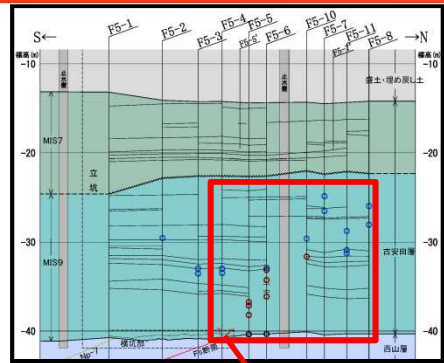
### 3 まとめ

---

- 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，褶曲構造に関連したF<sub>5</sub>断層及びF5立坑に認められた一連の正断層（F<sub>5</sub>断層の最大傾斜方向の運動，高角度断層及び低角度断層）は，将来活動する可能性のある断層等ではない。

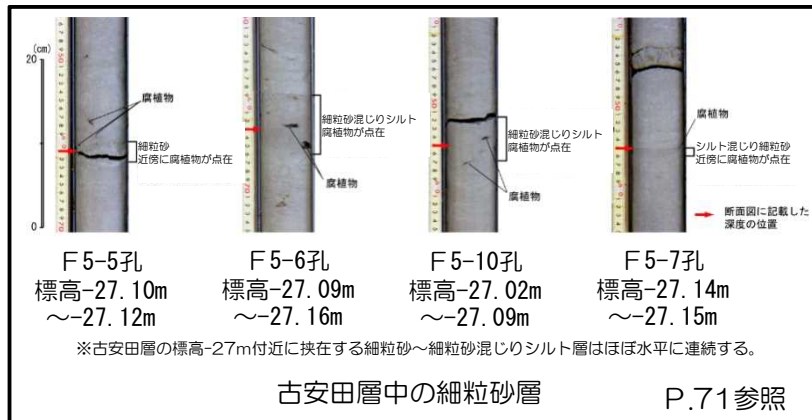


# 参考1 低角度断層の連続性 (F5立坑)



- 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 南傾斜高角度断層の連続性 (F5立坑)



古安田層中の細粒砂層 P.71参照

## 凡例

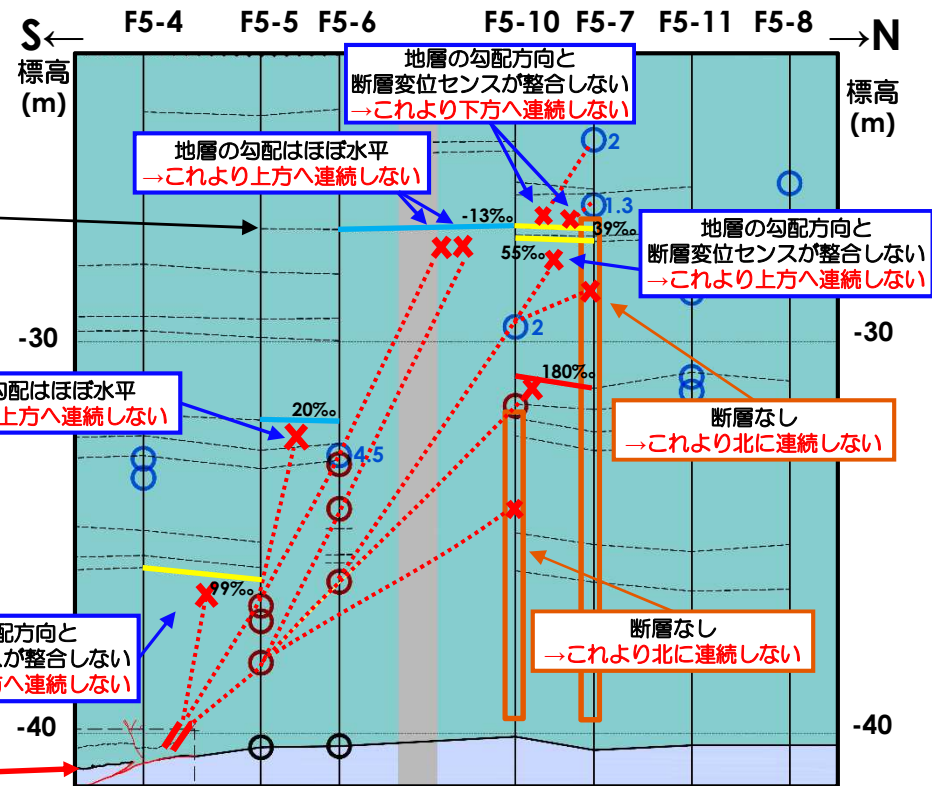
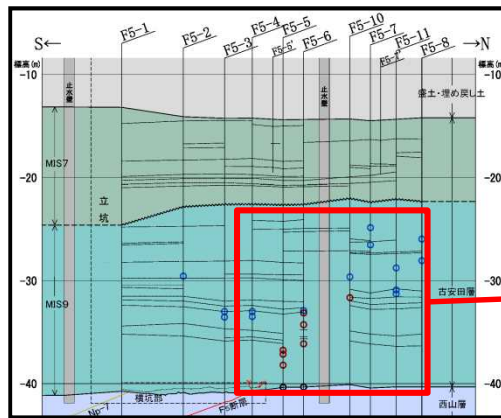
層相対比線の勾配 (%)  
(正数：北傾斜，負数：南傾斜)  
(小数第一位は四捨五入)

- 0～25
- 26～99
- 100以上

- ..... 断層推定線
- 主な層相対比線
- 断層

### 高角度断層・低角度断層 確認位置

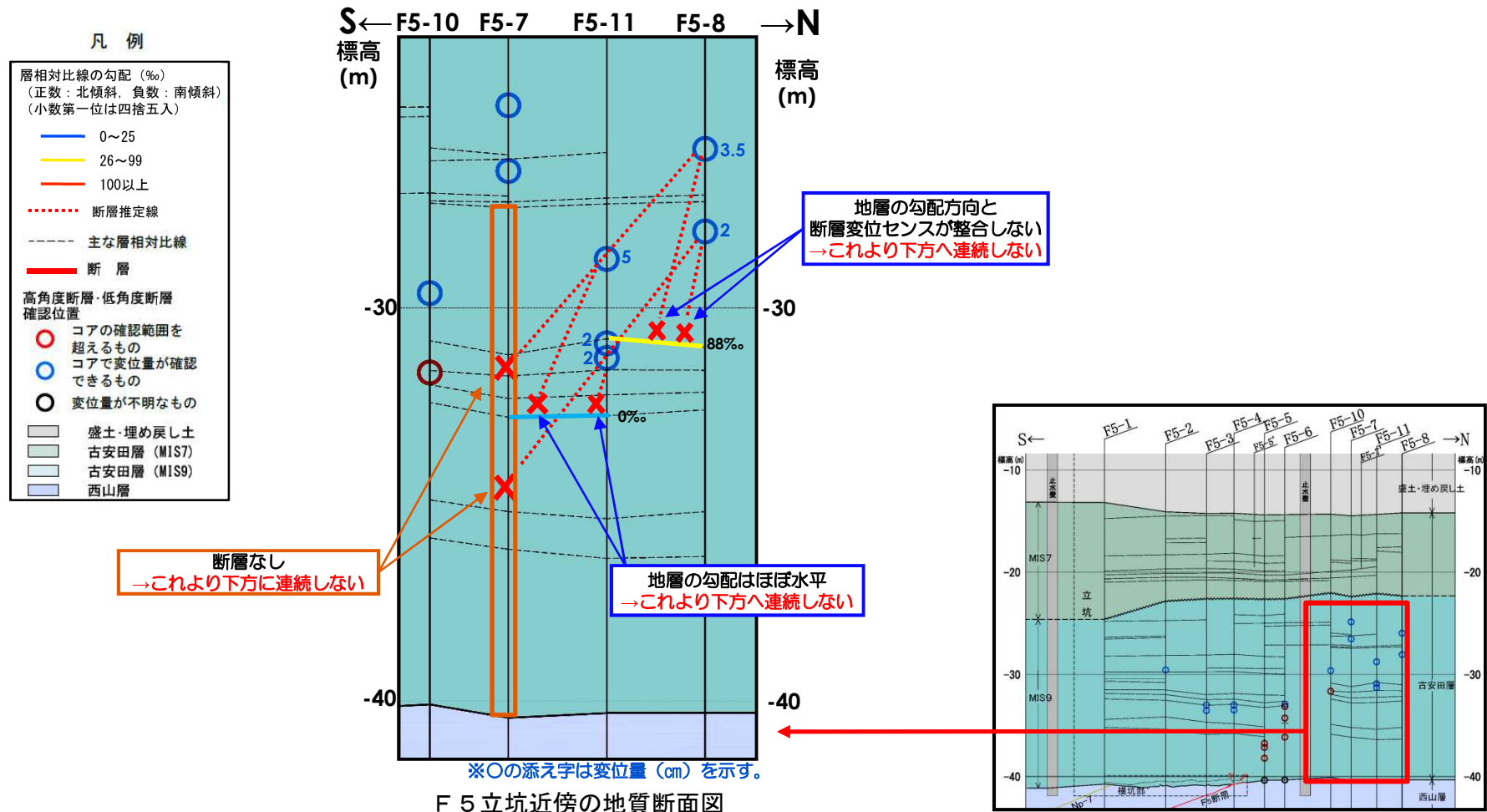
- コアの確認範囲を 超えるもの
- コアで変位量が確認 できるもの
- 変位量が不明なもの
- 盛土・埋め戻し土
- 古安田層 (MIS7)
- 古安田層 (MIS9)
- 西山層



※○の添え字は変位量 (cm) を示す。  
F5立坑近傍の地質断面図

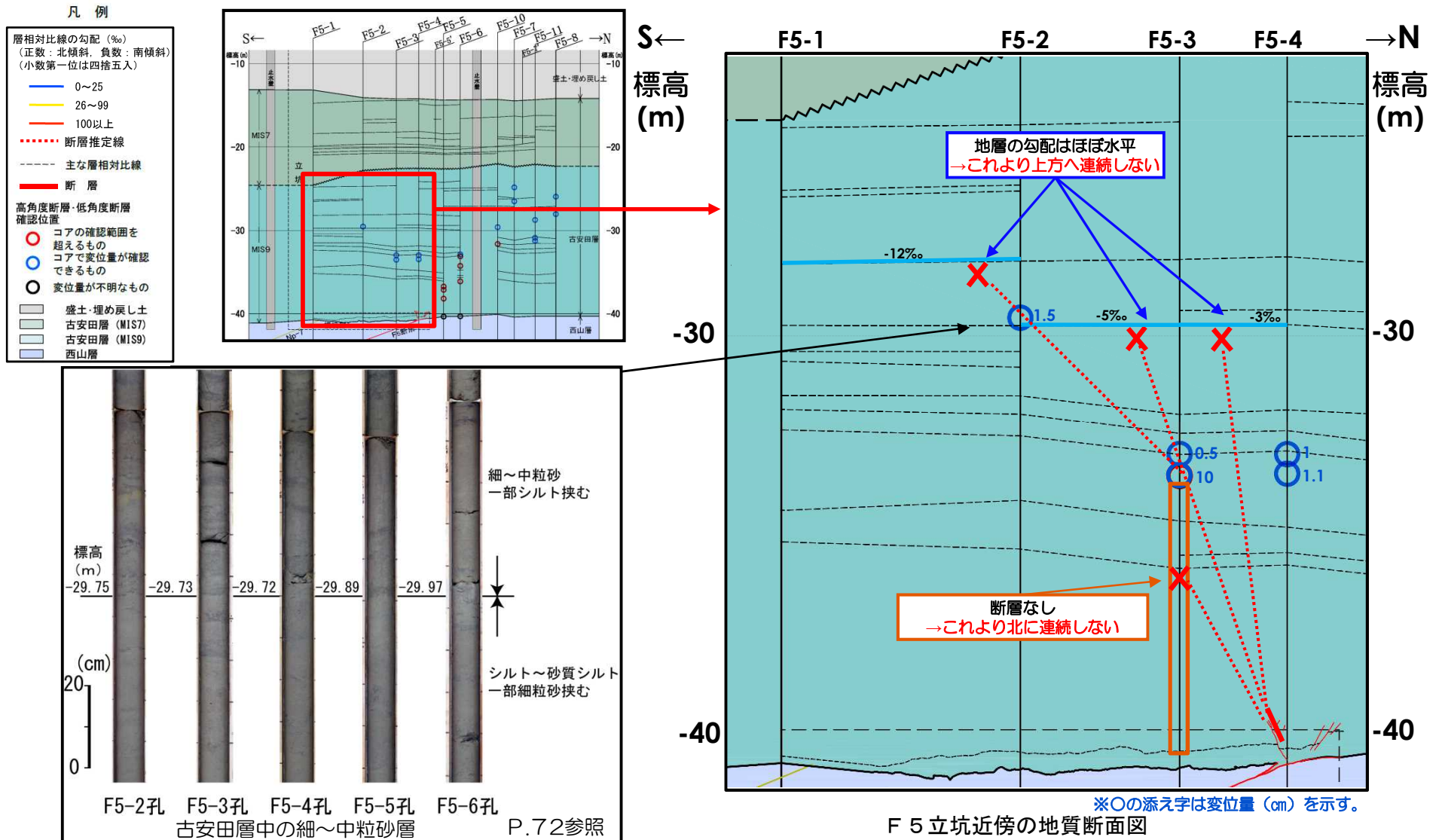
- 立坑調査で確認された南傾斜高角度断層とボーリングで確認された断層が連続する場合には、それらの上方延長上にある地層がほぼ水平または勾配方向と断層変位センスが整合しないこと、並びに、F5-10孔の標高-32m以深及びF5-7孔の標高-27m以深には断層が確認されないことから、これらより上方または北方に連続しないと判断される。

# 参考1 F5-10孔以北の小断層の連続性 (F5立坑)



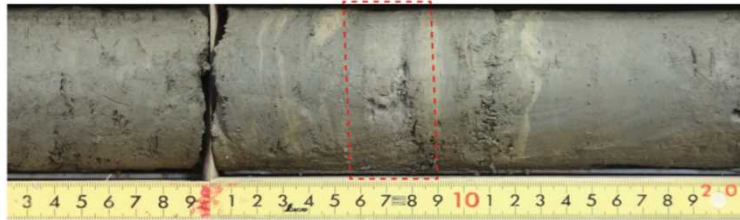
- F5-11孔及びF5-8孔の標高-31m付近以浅の変位量2cm~5cmの小断層は、これらの下方延長上にある地層がほぼ水平または勾配方向と断層変位センスが整合しないこと、南方延長上のF5-7孔の標高-26m以深には断層が認められないことから、これらより下方または南方へ連続しないと判断される。

# 参考1 北傾斜高角度断層の連続性 (F5立坑)

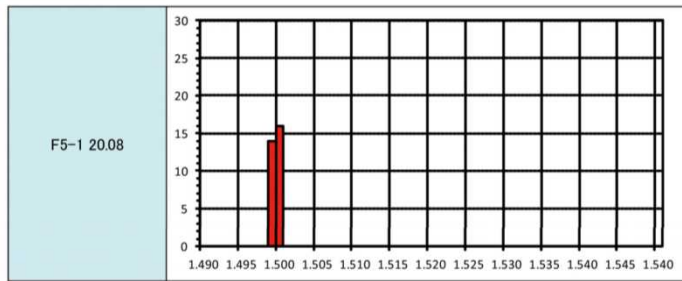


- 立坑調査で確認された北傾斜高角度断層とボーリングで確認された断層が連続する場合には、それらの上方延長にある地層の勾配がほぼ水平であること、F5-3孔の標高-33m以深に断層が認められないことから、これより上方に連続しないと判断される。

# 参考2 阿多鳥浜テフラ火山灰分析結果 (F5立坑)

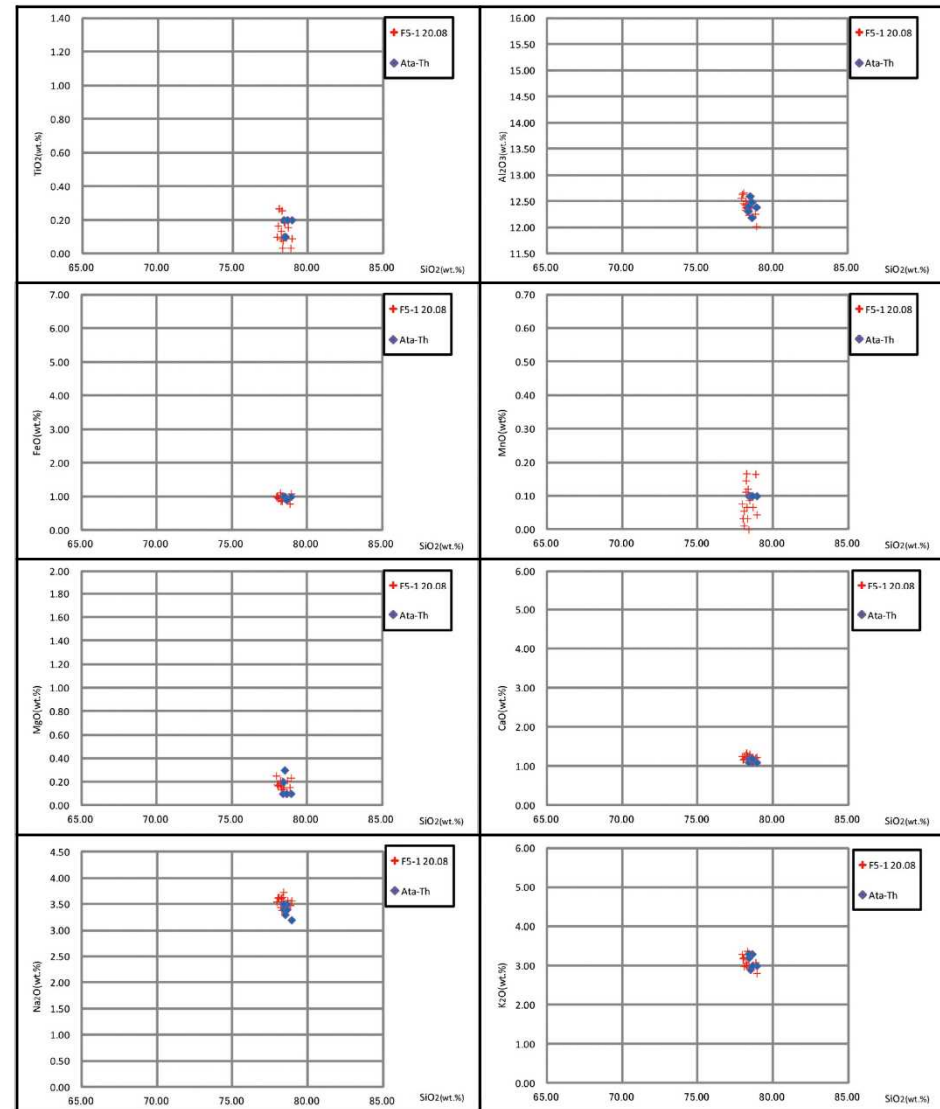


F5-1 孔の掘削深度 20.08m に層厚 20mm の細粒火山灰が分布する。



※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)。

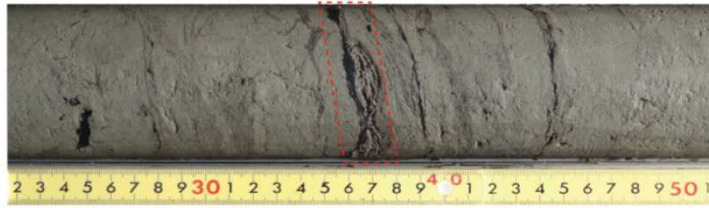
- F5-1 孔の掘削深度20.08m に分布するテフラは、火山ガラスの主成分分析及び屈折率分析の結果から、阿多鳥浜テフラ (Ata-Th：約24 万年前) に対比される。



※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

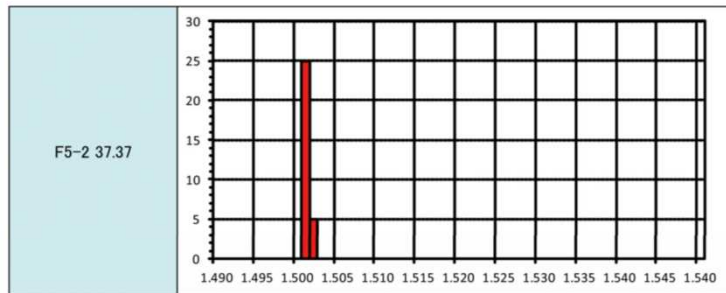
# 参考2 加久藤テフラ火山灰分析結果（F5立坑）



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。



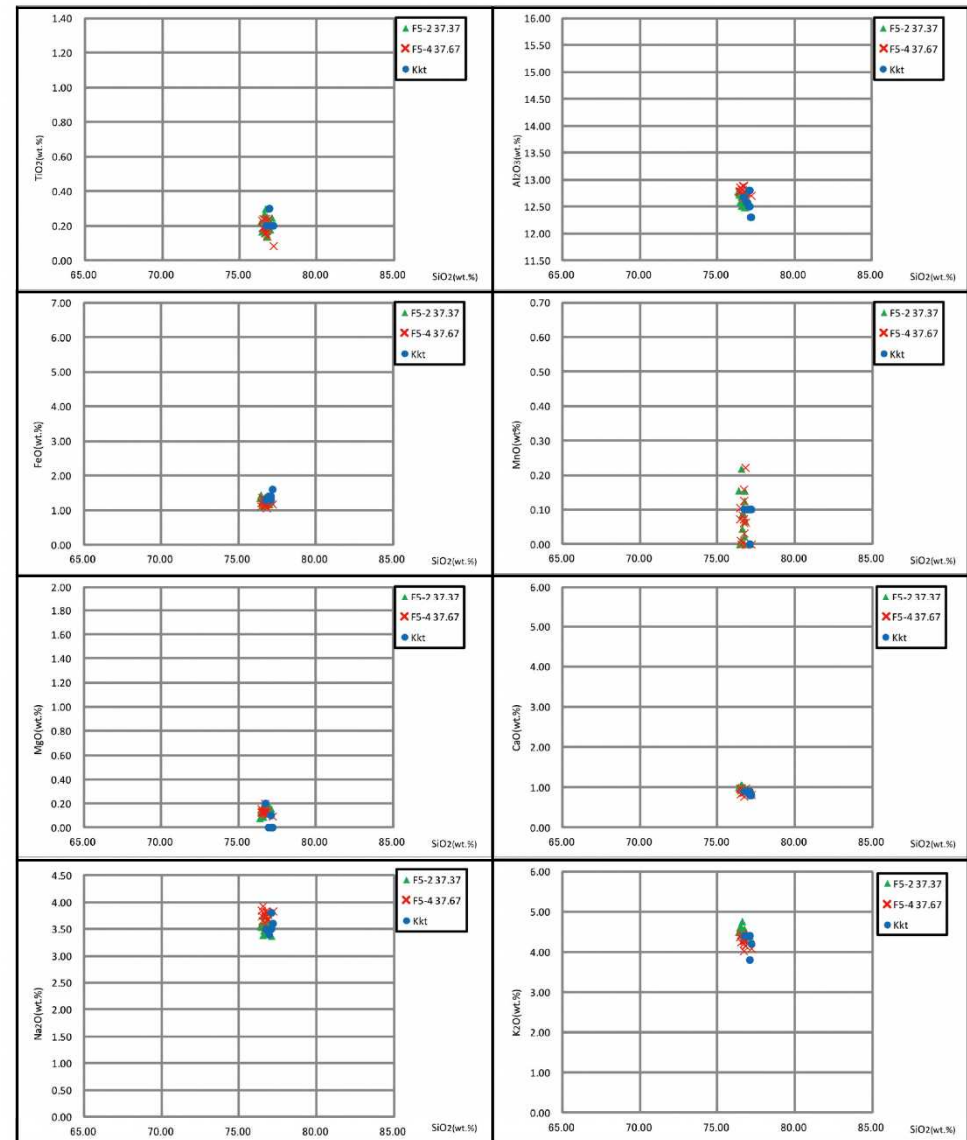
F5-4 孔の掘削深度 37.67m に、レンズ状の細粒火山灰が分布する。



※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

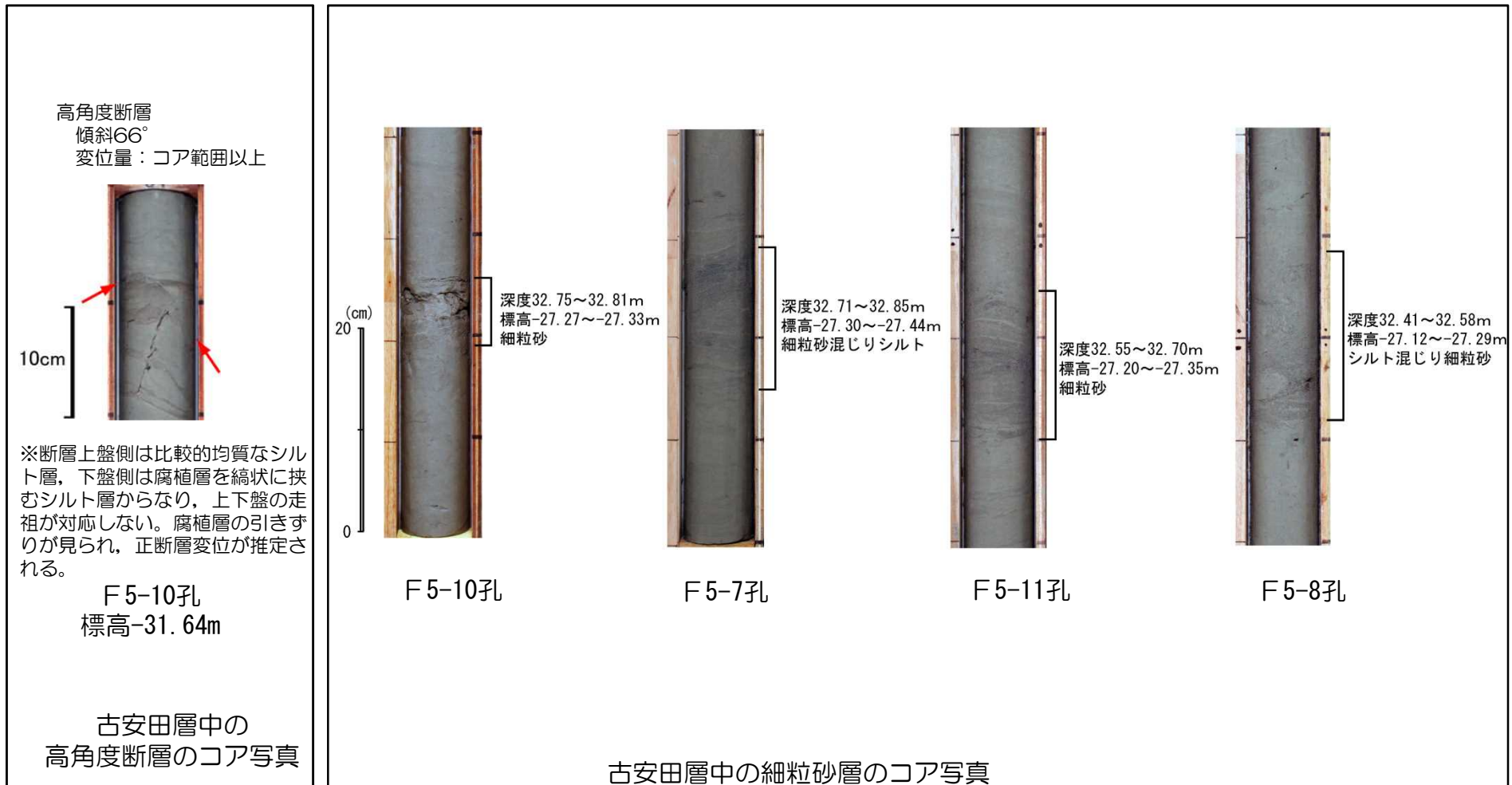
- F5-2 孔の掘削深度37.37m 及びF5-4 孔の掘削深度37.67m に分布するテフラは、火山ガラスの主成分分析及び屈折率分析の結果から、加久藤テフラ（Kkt：約33～34 万年前）に対比される。



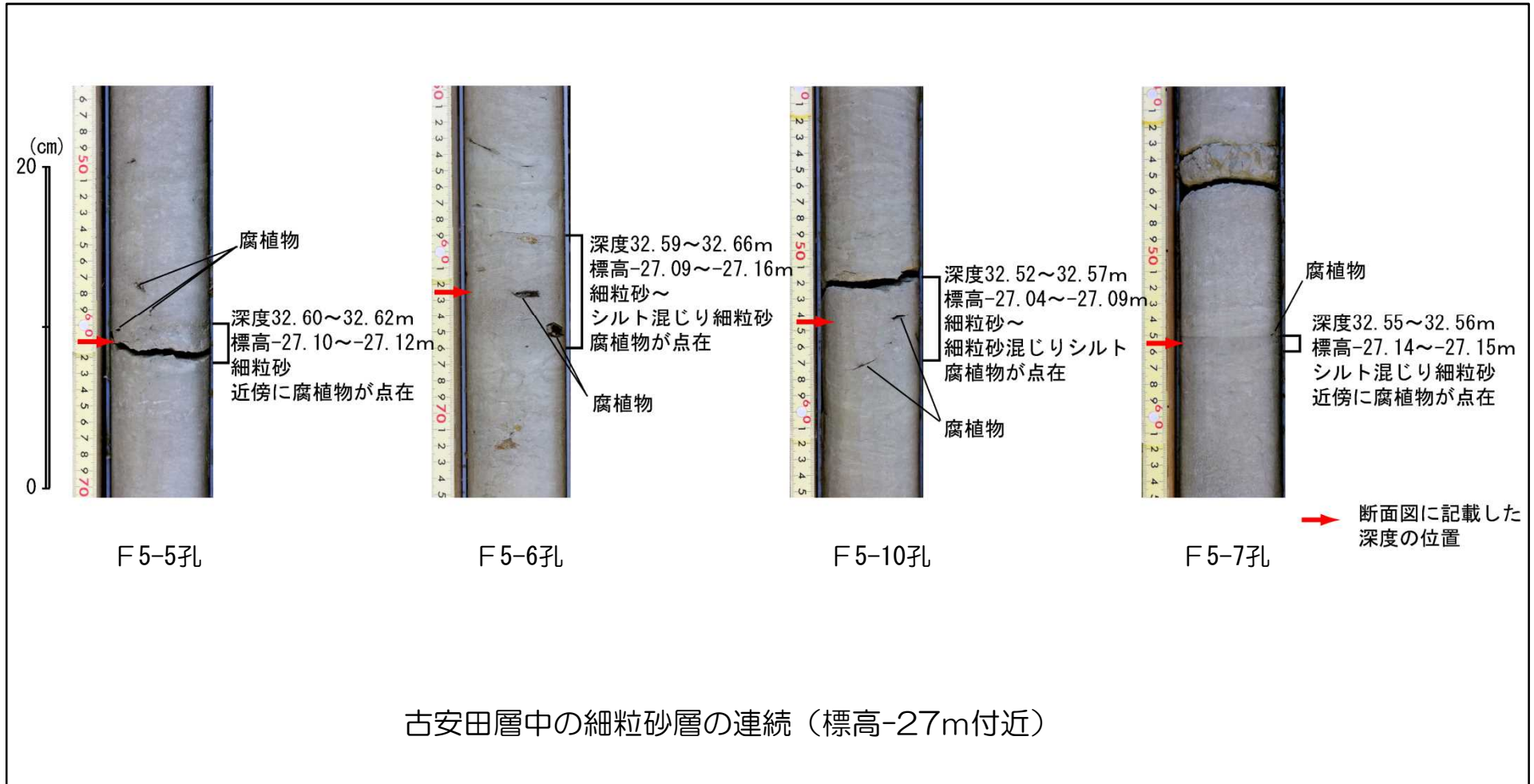
※加久藤テフラのデータは新編火山灰アトラス（2003）より引用。

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1 (F5立坑)

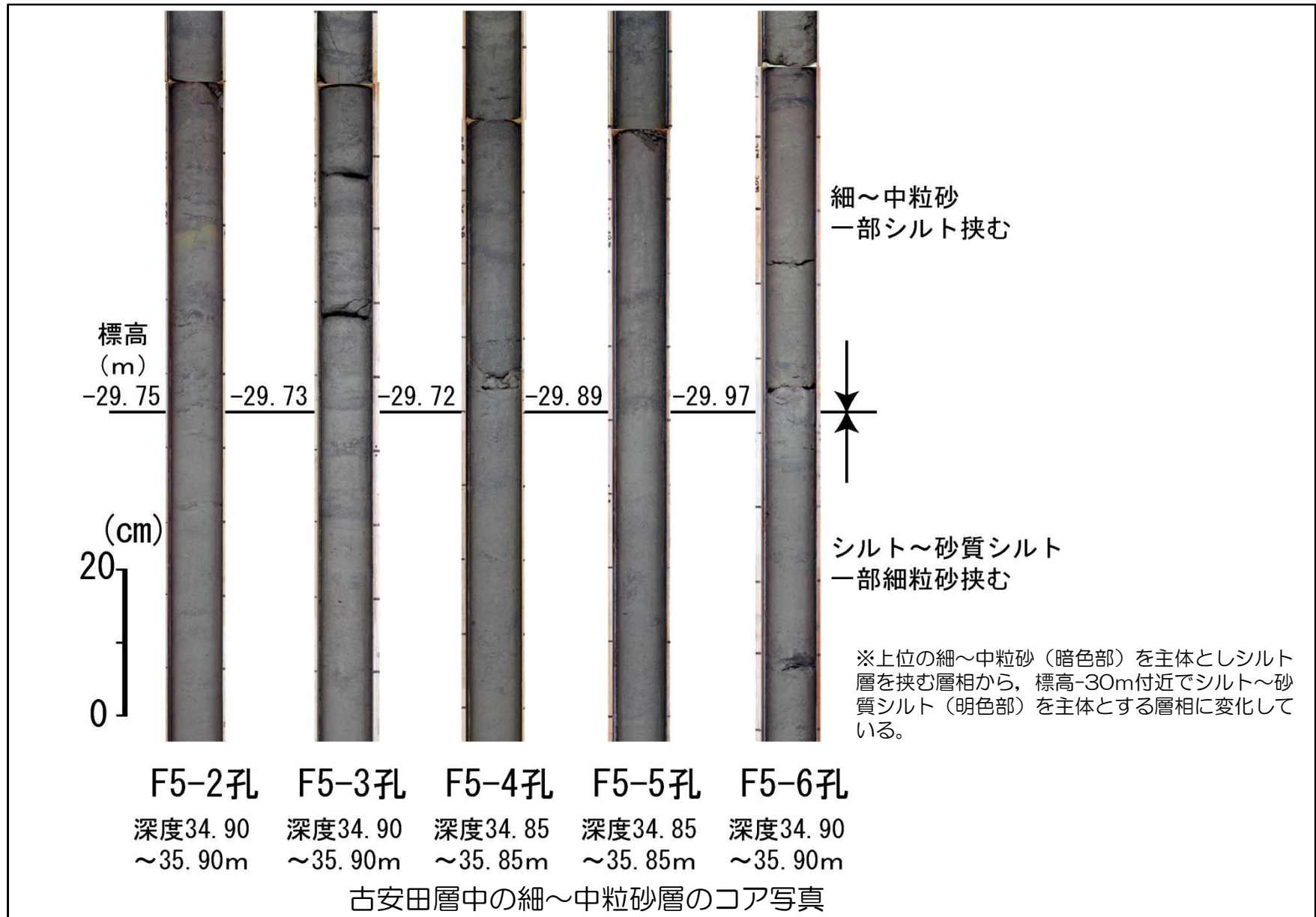


# 参考3 ボーリングコア写真2 (F5立坑)

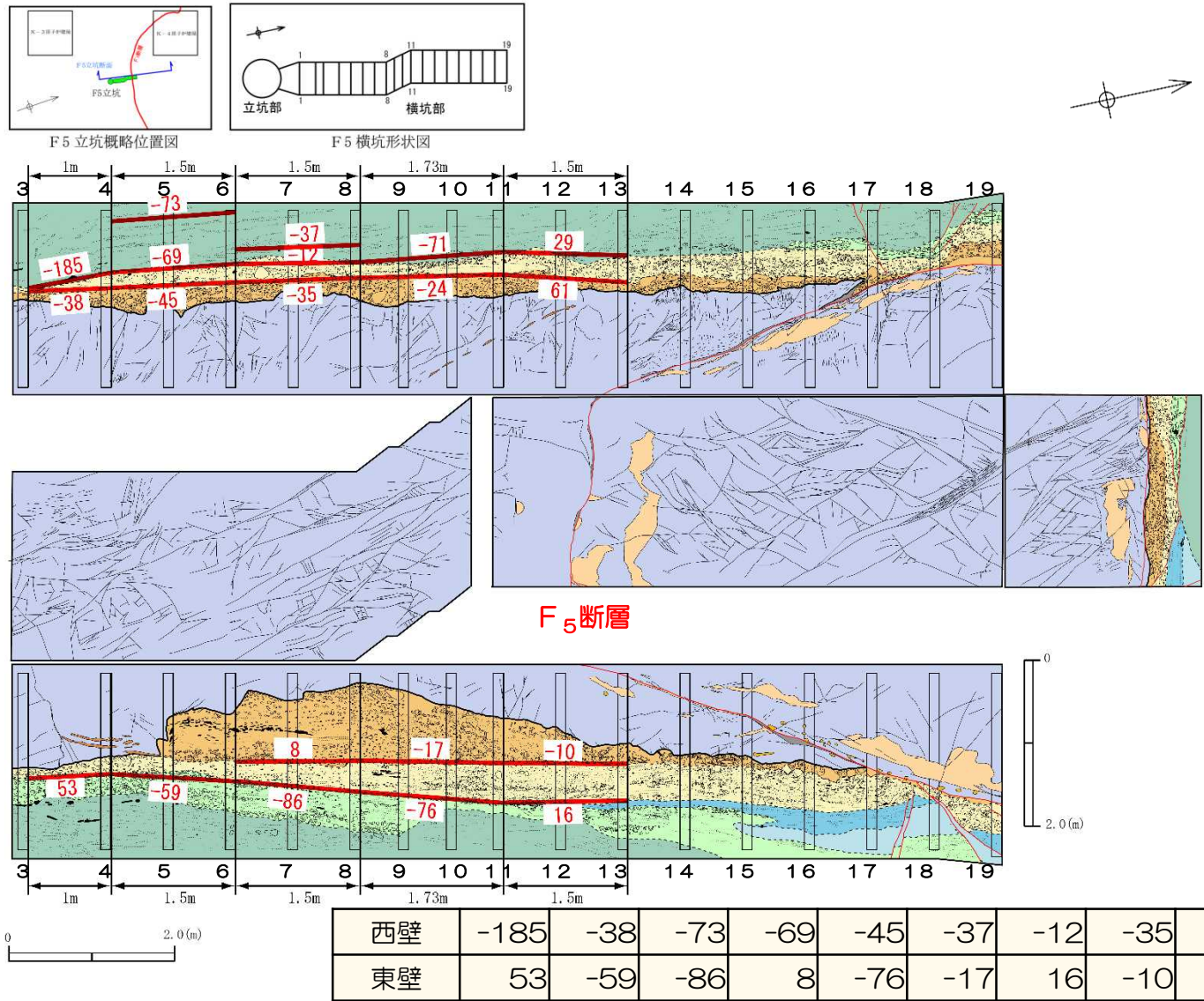




# 参考3 ボーリングコア写真3 (F5立坑)



# 参考4 古安田層の勾配 (F5立坑)

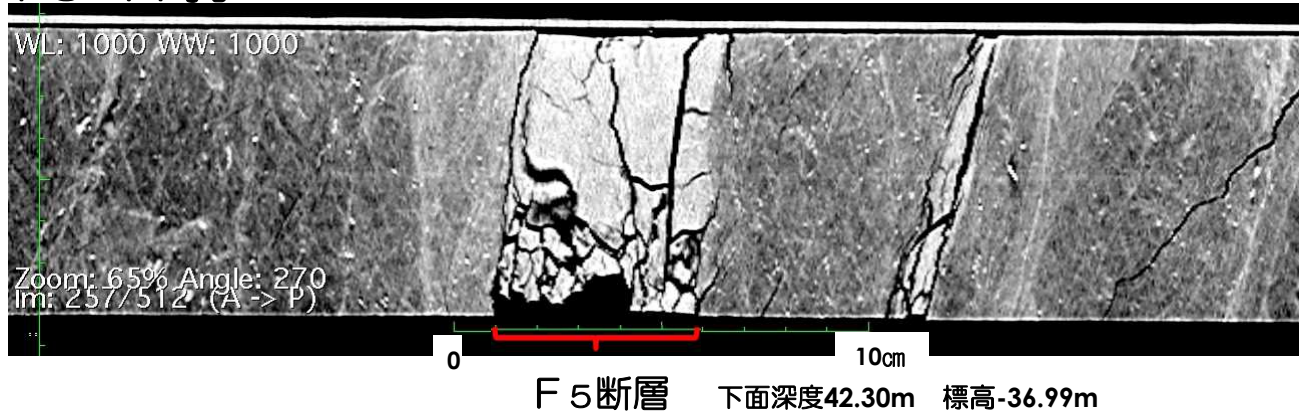


正值：北傾斜，負値：南傾斜

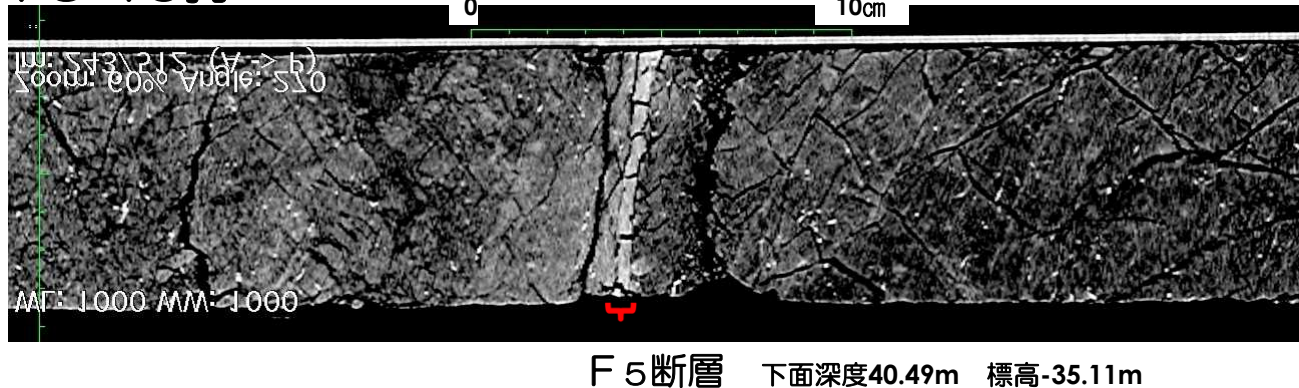
F5立坑横坑部における古安田層の勾配(絶対値) 最大値185%，最小値8%，平均値50.2%。

## 参考5 F<sub>5</sub>断層CTスキャン結果（荒浜側防潮堤）

### F5-17孔

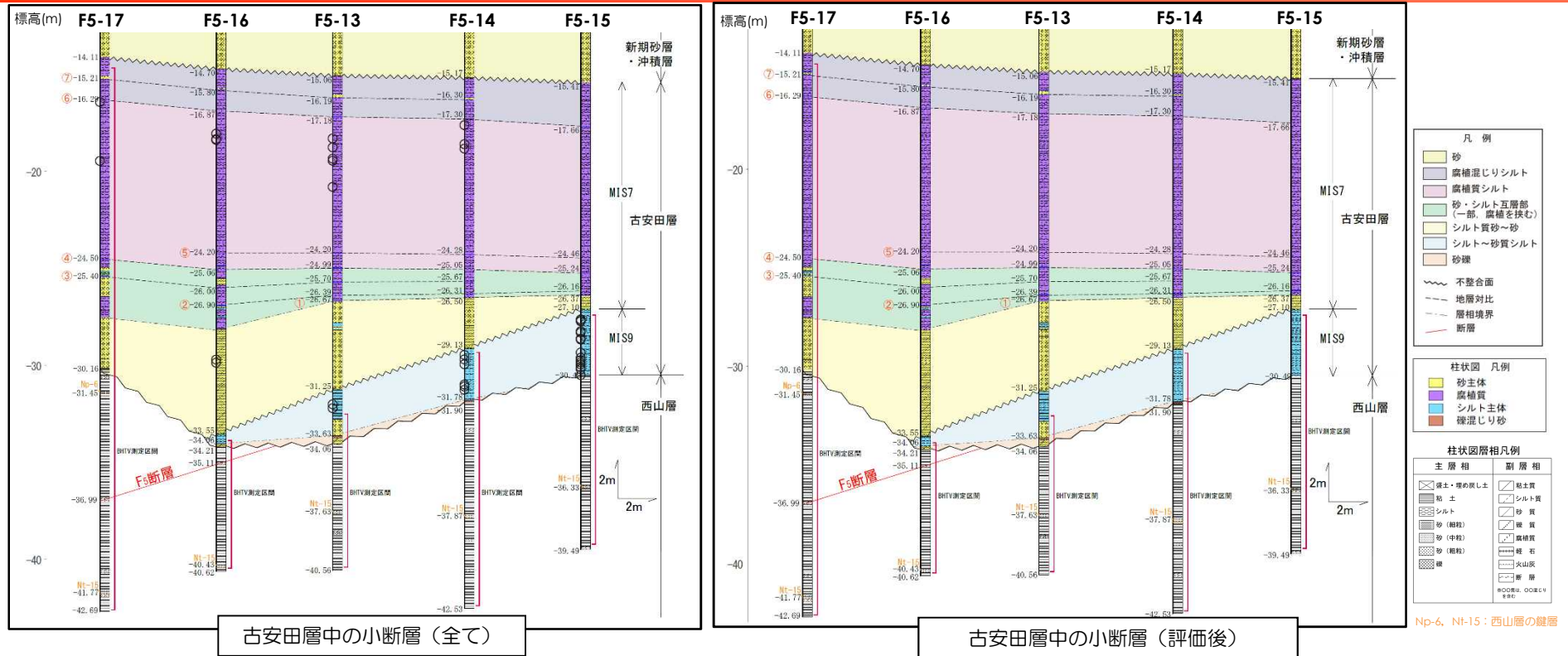


### F5-16孔



- F5-17孔のF<sub>5</sub>断層は、上面境界が下面境界に比べてシャープである。
- F5-16孔のF<sub>5</sub>断層は、掘削時にやや組織が乱れている可能性があるが、全体としては上面境界、下面境界ともにシャープである。

# 参考6 古安田層中の小断層の評価（荒浜側防潮堤付近）



MIS7の古安田層に分布する小断層の性状

孔名	標高T.M.S.L.m	傾斜(コア)	走向傾斜 (BHTV)	変位量	変位	その他
1	F5-13	-18.29	75	--	0.5cm	正 下方への連続なし
2	F5-13	-18.75	30	--	0.5cm	正
3	F5-13	-19.33	75	--	0.5cm	正
4	F5-13	-19.44	60	--	0.3cm	正
5	F5-13	-20.79	80-90	--	0.3cm	正 下方への連続なし
6	F5-14	-17.60	40	--	2cm	正
7	F5-14	-18.58	30	--	1cm	正
8	F5-14	-18.81	50	--	2cm	正
9	F5-16	-18.04	30	--	1cm	正
10	F5-16	-18.32	65	--	0.5cm	正
11	F5-16	-18.36	65	--	1cm	正
12	F5-16	-29.69	90	--	1.5cm	正
13	F5-16	-29.85	50	--	2cm	正
14	F5-17	-16.41	50	N37E51W	1.5cm	正
15	F5-17	-19.45	76	N48E74S	2cm	正

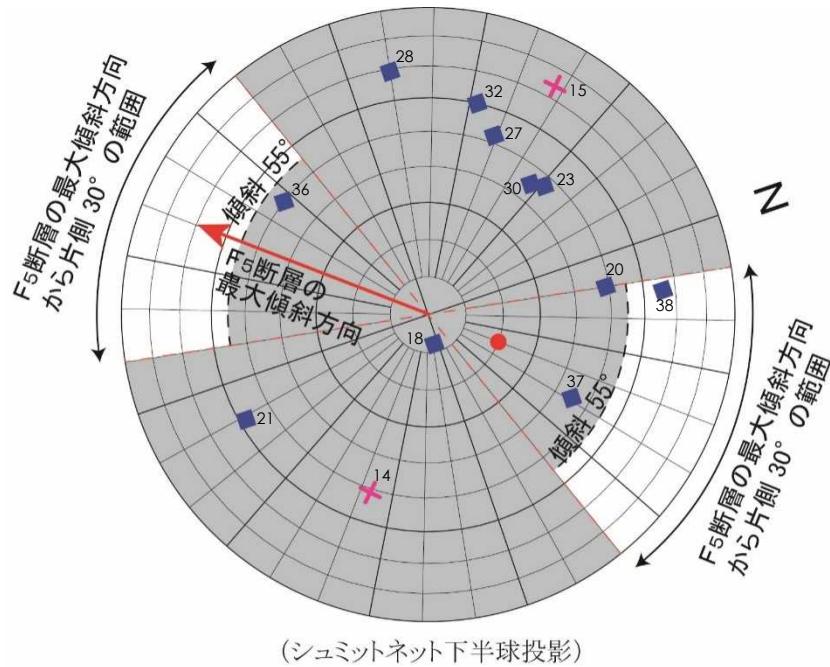
■ 次のいずれかに該当  
 ・傾斜55°以下  
 ・変位量2cm以下  
 ・F5断層へ連続しない走向・傾斜

MIS9の古安田層に分布する小断層の性状

孔名	標高T.M.S.L.m	傾斜(コア)	走向傾斜 (BHTV)	変位量	変位	その他
16	F5-13	-32.00	45	--	不明	
17	F5-13	-32.20	45	--	不明	
18	F5-14	-29.45	0	N7E6W	不明	
19	F5-14	-29.68	70	不明	不明	断層の延長方向にF5断層なし
20	F5-14	-29.93	45	N80W49S	コア以上	不明
21	F5-14	-30.98	40	N79E59N	不明	
22	F5-14	-31.08	55	不明	0.2cm	正
23	F5-14	-31.25	45	N61E47S	不明	
24	F5-15	-27.62	5	--	不明	
25	F5-15	-27.69	60	不明	1cm	正
26	F5-15	-27.72	64	不明	0.3cm	正
27	F5-15	-28.23	50	N38E52S	不明	
28	F5-15	-28.30	60	N10E95S	不明	
29	F5-15	-28.61	30	不明	不明	
30	F5-15	-28.66	55	N57E45S	不明	断層の延長方向にF5断層なし
31	F5-15	-29.33	44	不明	不明	
32	F5-15	-29.60	50	N32E60S	不明	
33	F5-15	-29.72	47	不明	0.5cm	正
34	F5-15	-29.84	60	不明	不明	断層の延長方向にF5断層なし
35	F5-15	-29.94	50	不明	不明	
36	F5-15	-30.09	45	N33W50N	不明	
37	F5-15	-30.19	50	N41W45S	コア以上	不明
38	F5-15	-30.49	60	N77W66S	コア以上	断層の延長方向にF5断層なし

- 荒浜側防潮堤付近のボーリング調査結果によると、古安田層中に複数の小断層が確認された（左図の黒丸）。
- これらの小断層とF5断層の関連性について、F5立坑調査の結果等を踏まえ次の特徴を持つものをF5断層に関連しないものと判断した。
  - ・傾斜が低～中角（55°以下）
  - ・変位量が小（2cm以下）
  - ・小断層の走向・傾斜とF5断層の連続性が無し
- 検討の結果、いずれの小断層も立坑調査で認められたF5断層の正断層活動に伴う小断層の特徴を有しない。
- また、前述のとおり、F5断層の条線からは立坑調査で認められた正断層活動はなく、堆積構造からも断層活動が想定されないことも合わせ考えると、これら小断層はF5断層と関連しないものと判断される。

# 参考7 古安田層中の小断層の評価（荒浜側防潮堤付近）



- × MIS7堆積物中の小断層
- MIS9堆積物中の小断層
- F5断層（調査地周辺の代表的な走向・傾斜）

(シュミットネット下半球投影)

MIS7の古安田層に分布する小断層の性状

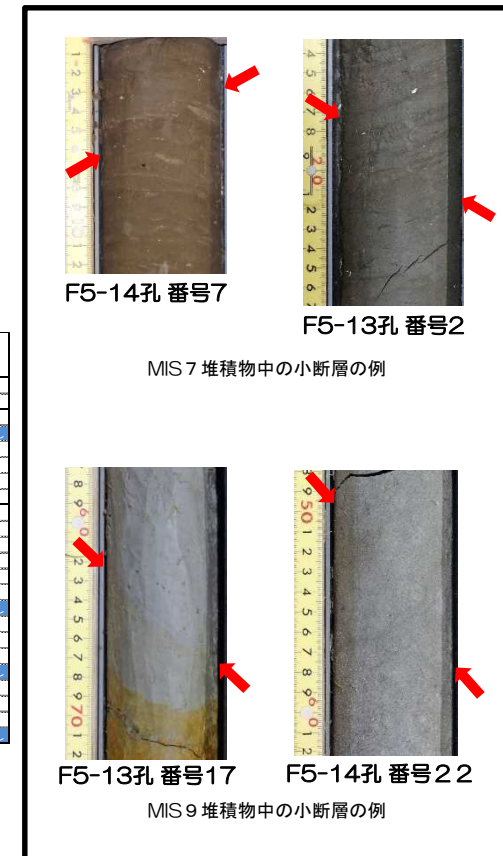
孔名	標高T.M.S.L.m	傾斜(コア)	走向傾斜(BHTV)	変位		その他
				変位量	変位方向	
1 F5-13	-18.29	75	-	0.5cm	正	上方への連続なし
2 F5-13	-18.75	50	-	0.5cm	正	
3 F5-13	-19.32	75	-	0.5cm	正	
4 F5-13	-19.44	60	-	0.3cm	正	
5 F5-13	-20.79	80-90	-	0.3cm	正	下方へ連続なし
6 F5-14	-17.80	40	-	2cm	正	
7 F5-14	-18.58	30	-	1cm	正	
8 F5-14	-18.81	50	-	0.3cm	正	
9 F5-16	-18.04	30	-	1cm	正	
10 F5-16	-18.32	65	-	0.3cm	正	
11 F5-16	-18.36	65	-	1cm	正	
12 F5-16	-29.69	90	-	1.5cm	正	
13 F5-16	-29.85	50	-	2cm	正	
14 F5-17	-16.41	50	N37E51N	1.5cm	正	
15 F5-17	-19.45	76	N46E74S	2cm	正	

MIS9の古安田層に分布する小断層の性状

孔名	標高M.S.L.m	傾斜(コア)	走向傾斜(BHTV)	変位		その他
				変位量	変位方向	
16 F5-13	-32.00	45	-	不明		
17 F5-13	-32.20	45	-	不明		
18 F5-14	-29.45	0	N7E5W	不明		
19 F5-14	-29.68	70	不明	不明		断層の延長方向にF5断層なし
20 F5-14	-29.93	45	N80W49S	コア以上	不明	
21 F5-14	-30.98	20	N7E53N	不明		
22 F5-14	-31.08	55	不明	0.2cm	正	
23 F5-14	-31.25	45	N1E47S	不明		
24 F5-15	-27.62	5	-	不明		
25 F5-15	-27.69	60	不明	1cm	正	
26 F5-15	-27.72	64	不明	0.2cm	正	
27 F5-15	-28.23	50	N39E32S	不明		
28 F5-15	-28.30	60	N10E69S	不明		
29 F5-15	-28.61	30	不明	不明		
30 F5-15	-28.66	55	N37E45S	不明		断層の延長方向にF5断層なし
31 F5-15	-29.33	48	不明	不明		
32 F5-15	-29.60	30	N12E60S	不明		
33 F5-15	-29.72	47	不明	0.2cm	正	
34 F5-15	-29.84	60	不明	不明		断層の延長方向にF5断層なし
35 F5-15	-29.94	30	不明	不明		
36 F5-15	-30.09	45	N33W50N	不明		
37 F5-15	-30.19	50	N41W45S	コア以上	不明	
38 F5-15	-30.49	60	N77W66S	コア以上	正	断層の延長方向にF5断層なし

- 次のいずれかに該当
  - ・傾斜55°以下
  - ・変位量2cm以下
  - ・F5断層へ連続しない走向・傾斜

小断層の状況写真



F5-14孔 番号7

F5-13孔 番号2

MIS 7 堆積物中の小断層の例

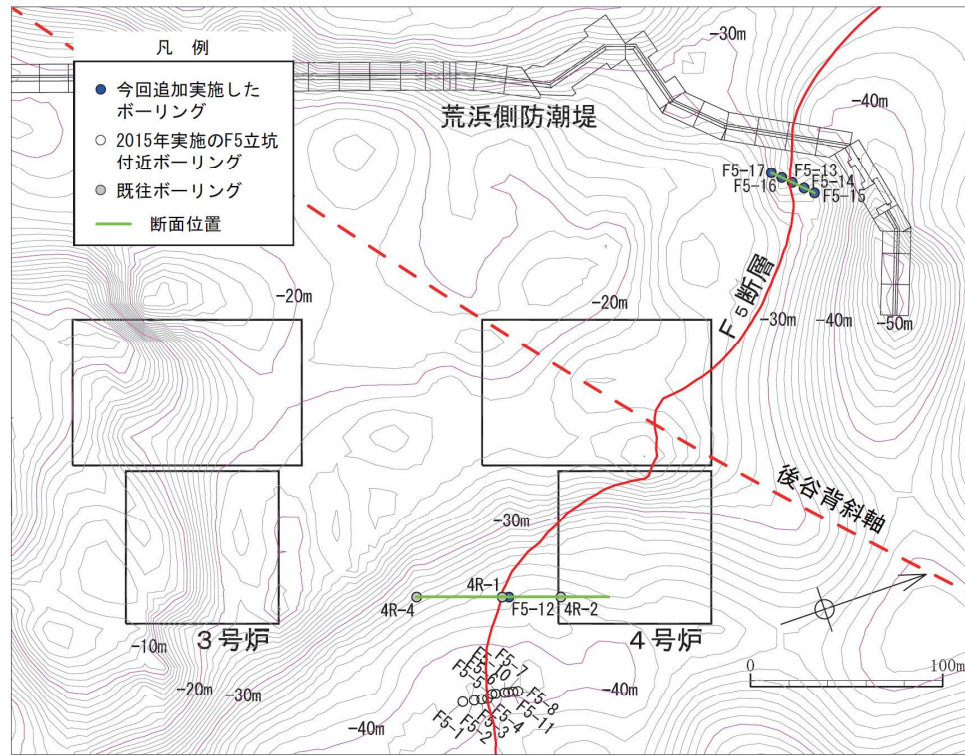
F5-13孔 番号17

F5-14孔 番号22

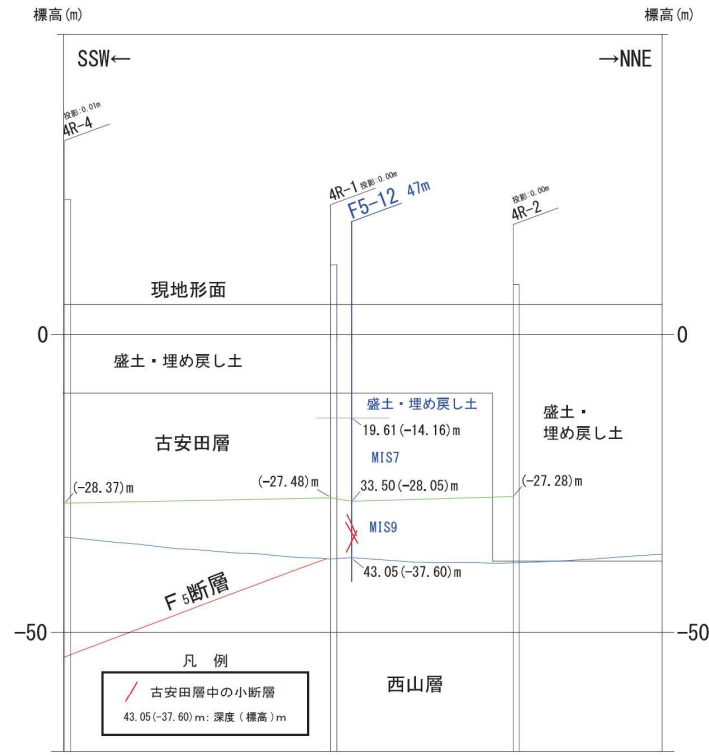
MIS 9 堆積物中の小断層の例

- 古安田層中の小断層をBHTV観察による走向・傾斜で整理した。
- MIS9堆積物中の小断層は、走向がばらつき方向性は認められない。傾斜は、低角な8°を除くと、45°～69°の範囲にあり、中角度のものが多い。
- 走向・傾斜において、立坑調査で認められたF5断層の正断層活動に伴う小断層と類似するものはF5-15孔の標高-30.49mに分布するN77W66Sの小断層であるが、この小断層は位置関係からF5断層に連続するものではない。
- 古安田層 MIS7堆積物中に認められる小断層は、変位量が小さくコアの中で消滅するものがみられること、断層粘土や破砕部が認められないこと、傾斜に系統性が認められないこと等から、地層の未固結時に圧密沈下量の差などによって形成されたと考えられる。

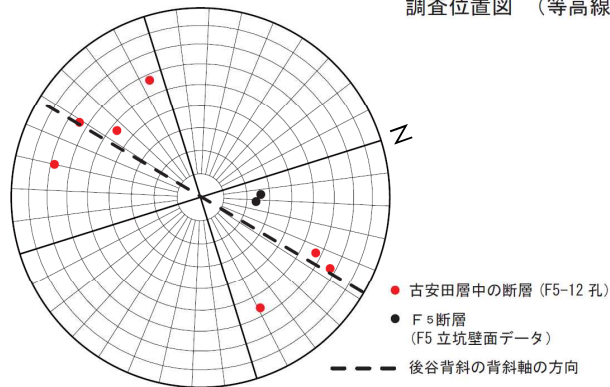
# 参考8 4号炉南側のボーリング調査結果



調査位置図 (等高線は西山層上限面標高を示す)



地質断面図



古安田層中の断層の走向傾斜  
シュミット下半球投影

- F5立坑周辺の状況を確認するため、4号炉原子炉建屋南側でボーリング調査を実施した (F5-12孔)。
- 調査結果によると、F<sub>5</sub>断層の上載層の古安田層は、MIS9堆積物とこれを不整合に覆うMIS7堆積物からなる。
- 古安田層のMIS9堆積物には小断層が確認されたものの、MIS7堆積物中には小断層は認められない。

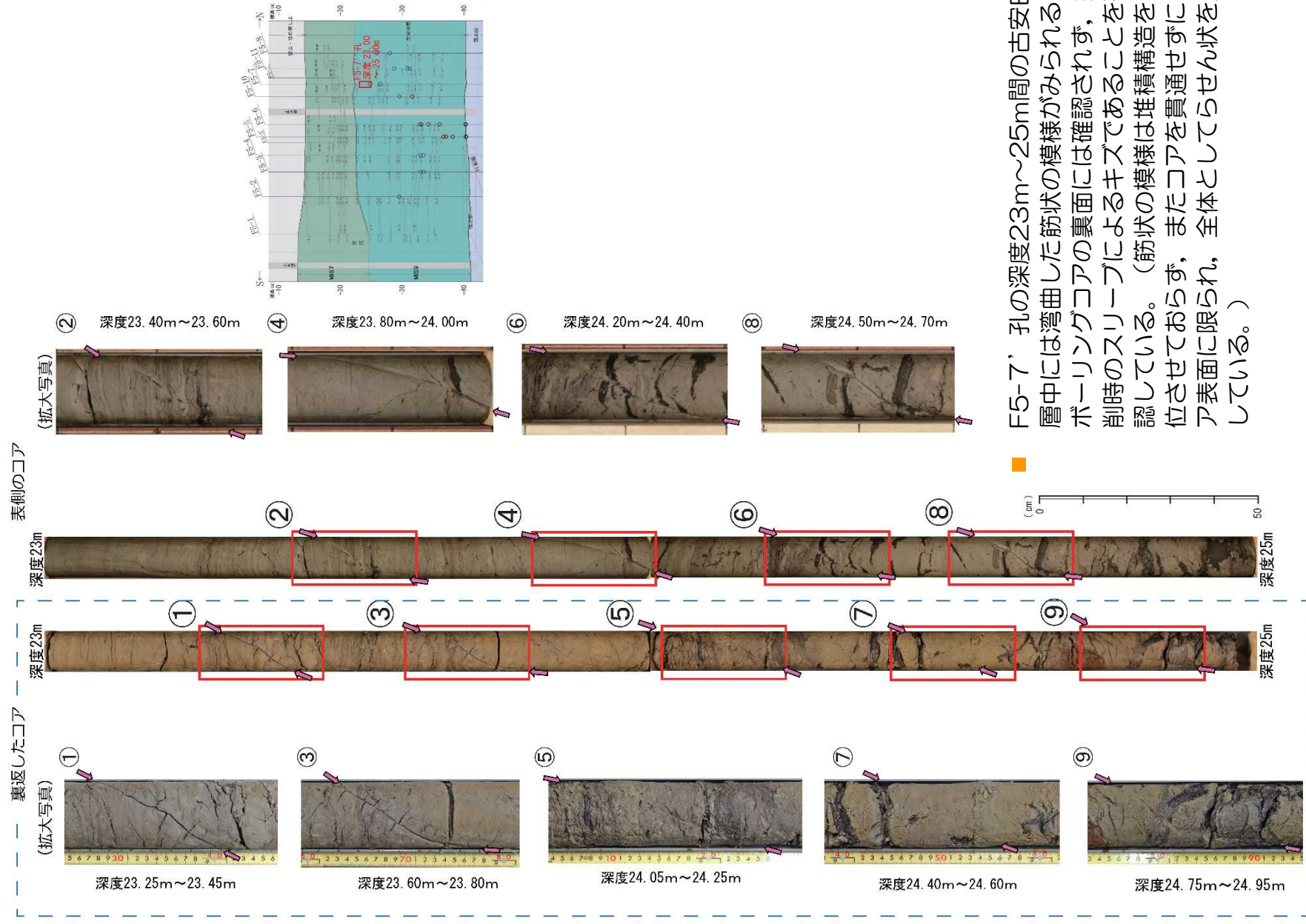
- 
- 1 褶曲構造に関連したF<sub>5</sub> 断層の運動に関する調査・評価
    - 1.1 地形
    - 1.2 地質・地質構造
    - 1.3 応力場
    - 1.4 総合評価
  
  - 2 褶曲構造に関連しないF<sub>5</sub> 断層の運動に関する調査・評価
    - 2.1 地形
    - 2.2 地質・地質構造
      - 2.2.1 地質・地質構造（F<sub>5</sub>立坑）
      - 2.2.2 地質・地質構造（荒浜側防潮堤）
    - 2.3 応力場
    - 2.4 総合評価
  
  - 3 まとめ
  
  - 4 その他指摘事項

---

指摘時期	コメント	説明内容	頁
H27/12/2 審査会合	EL.-19m付近のF5-7'孔の筋状の模様について説明すること。	筋状模様は、ボーリングコアの裏面には確認されず、掘削時のスリーブによるキズであることを確認している。	P.80



## 4.1 F5-7' 孔の深度23.0m~25.0mに認められる筋状模様について

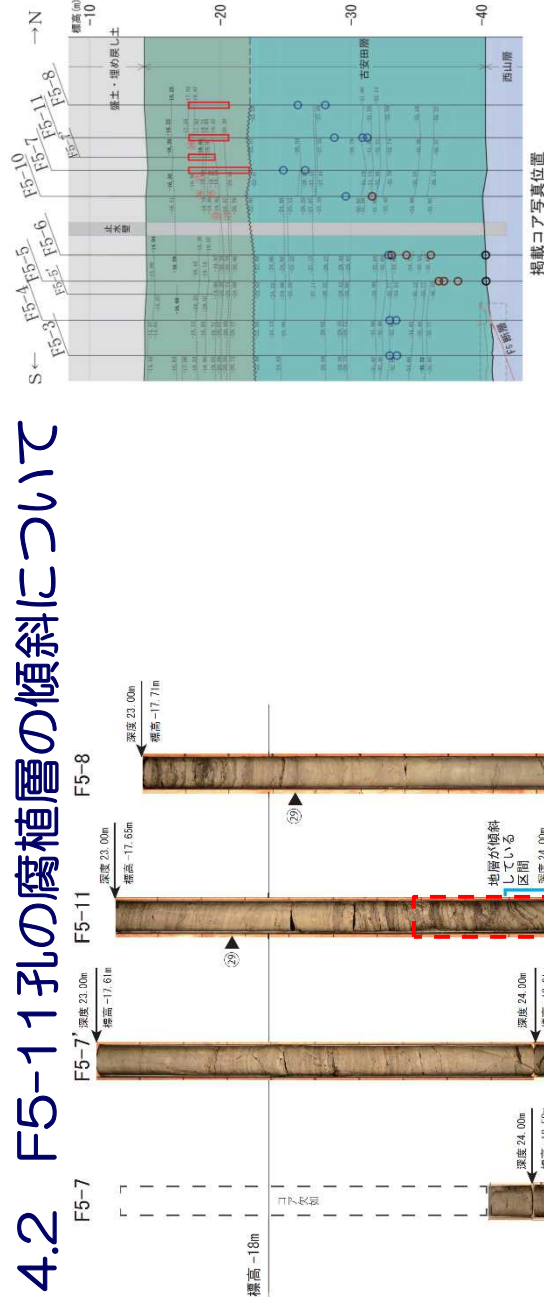


F5-7' 孔の深度23m~25m間の古安田層中には湾曲した筋状の模様がみられるが、掘削時のスリーブによるキズであることを確認している。(筋状の模様は堆積構造を変位させておらず、またコアを貫通せずにコア表面に限られ、全体としてらせん状を呈している。)

---

指摘時期	コメント	説明内容	頁
H27/12/2 審査会合	EL.-19m付近のF5-11孔の地層が傾いている理由を説明すること。	傾斜については、当該箇所に断層は存在せず、F5-11孔の上下及び周囲の孔に同様な傾斜も認められないことから、断層の影響によるものではないと判断され、地震等による未固結時のスランプの可能性はある。	P. 82

## 4.2 F5-11孔の腐植層の傾斜について



F5-11孔の深度24m付近では腐植層が最大60°程度傾斜しているが、すぐ下位の地層はほぼ水平に分布している。仮に当該の傾斜が断層によるものであるとすれば、下位のほぼ水平な地層との間に断層があるはずであるが、断層は認められない。

F5-8孔、F5-7'孔及びF5-7孔の深度23m～27mには、断層や地層の傾きは認められない。

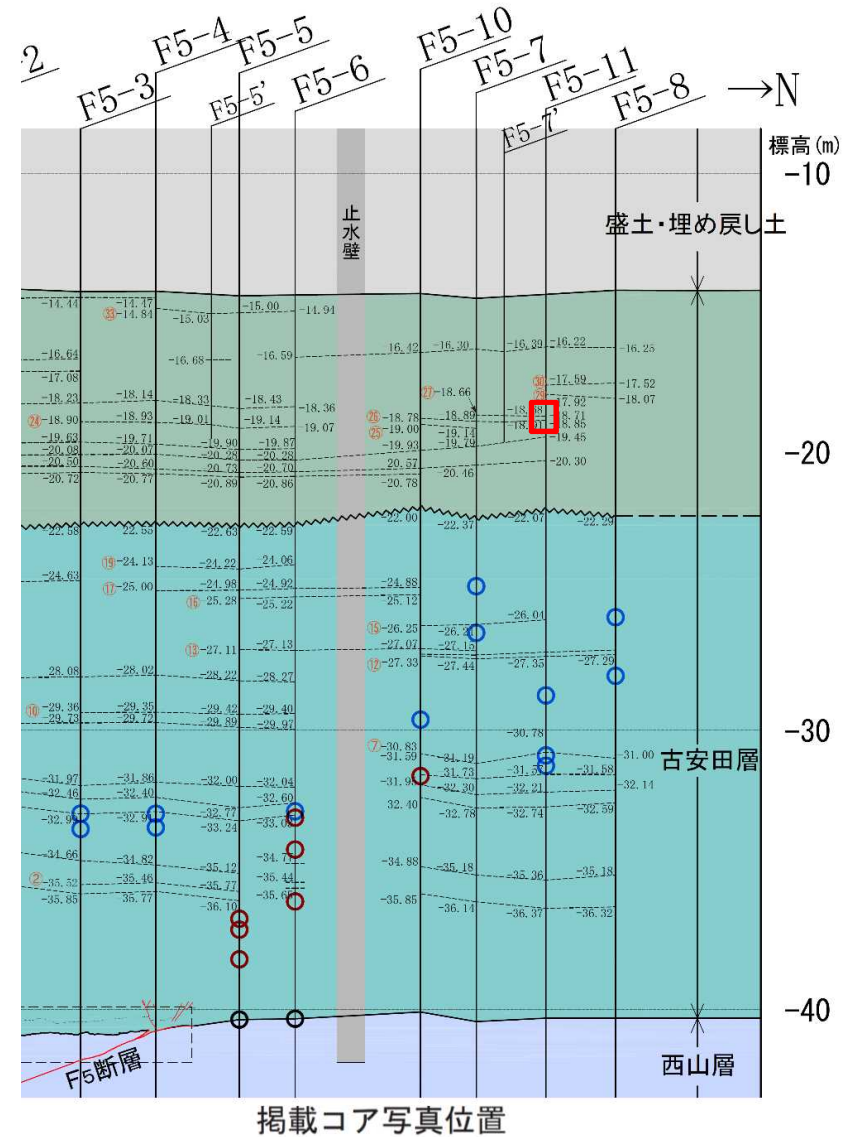
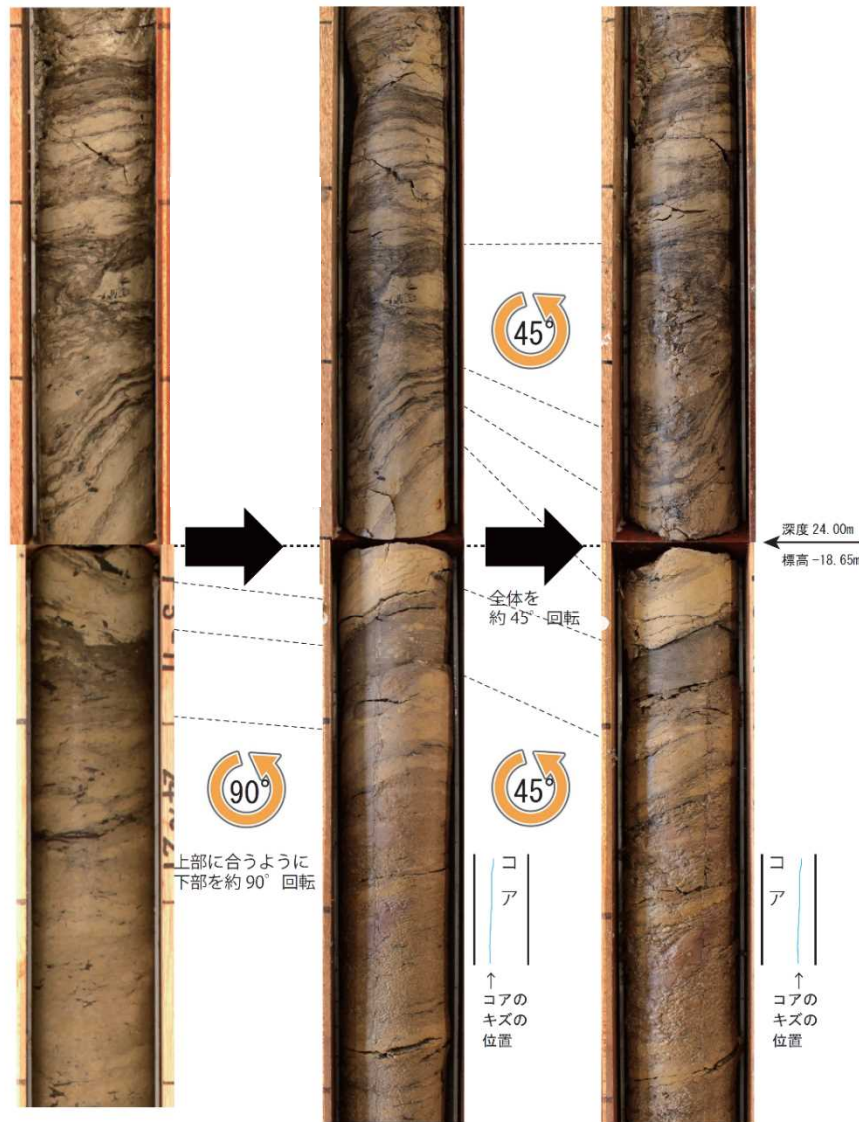
F5-11孔の腐植層の傾斜は、同孔の上位・下位及び隣接孔に断層が認められないこと、隣接孔の地層はほぼ水平に堆積し、この傾斜は局所的であることから、断層による影響ではないと判断される。

腐植層が未固結時に軟質な腐植層にスランプが生じ、局所的に傾斜した可能性が考えられる。



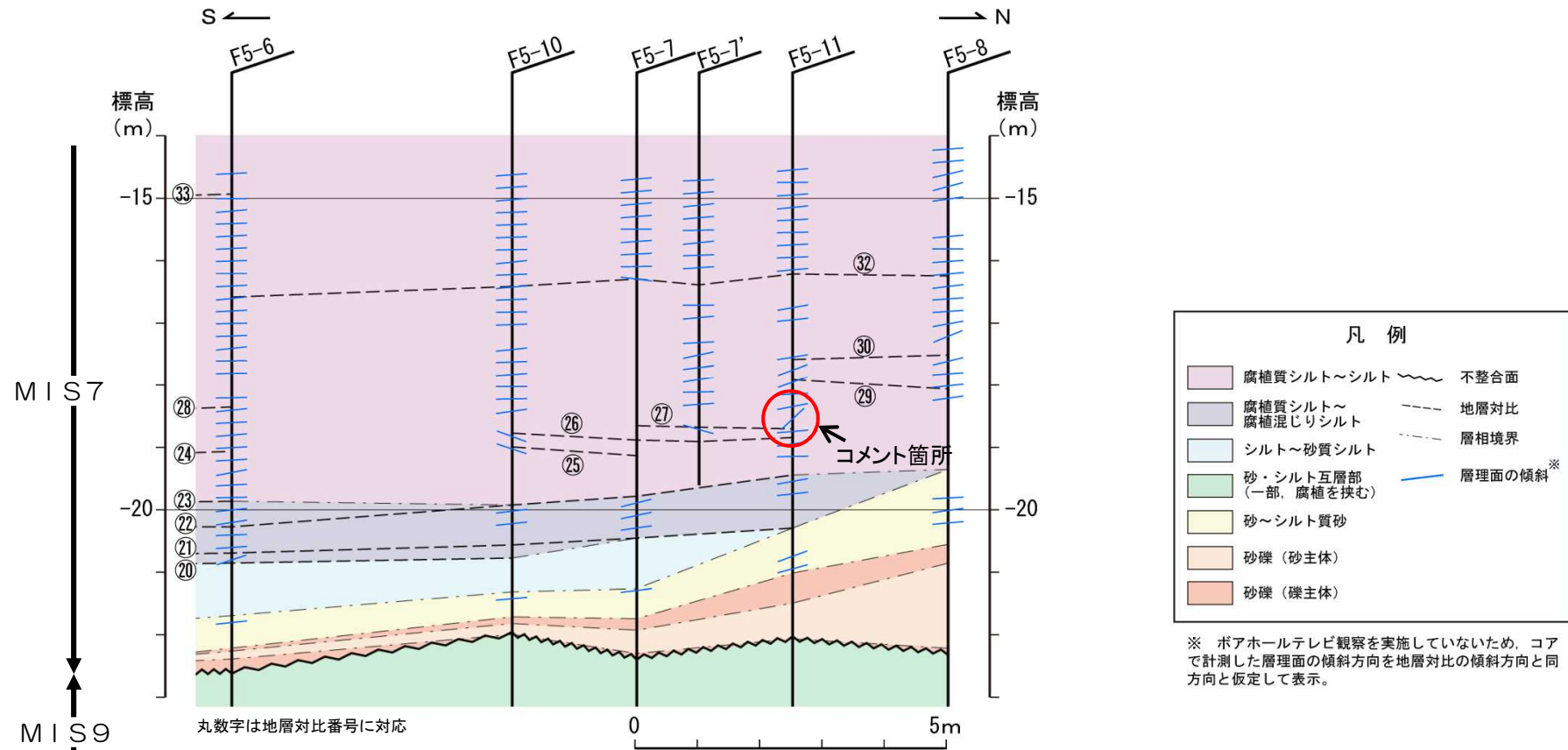
地層が傾斜している区間の拡大写真

## 4.2 F5-11孔の腐植層の傾斜について



F5-11 23.7 ~ 24.3m 付近の拡大写真

## 4.2 MIS7堆積物の勾配と層理面角



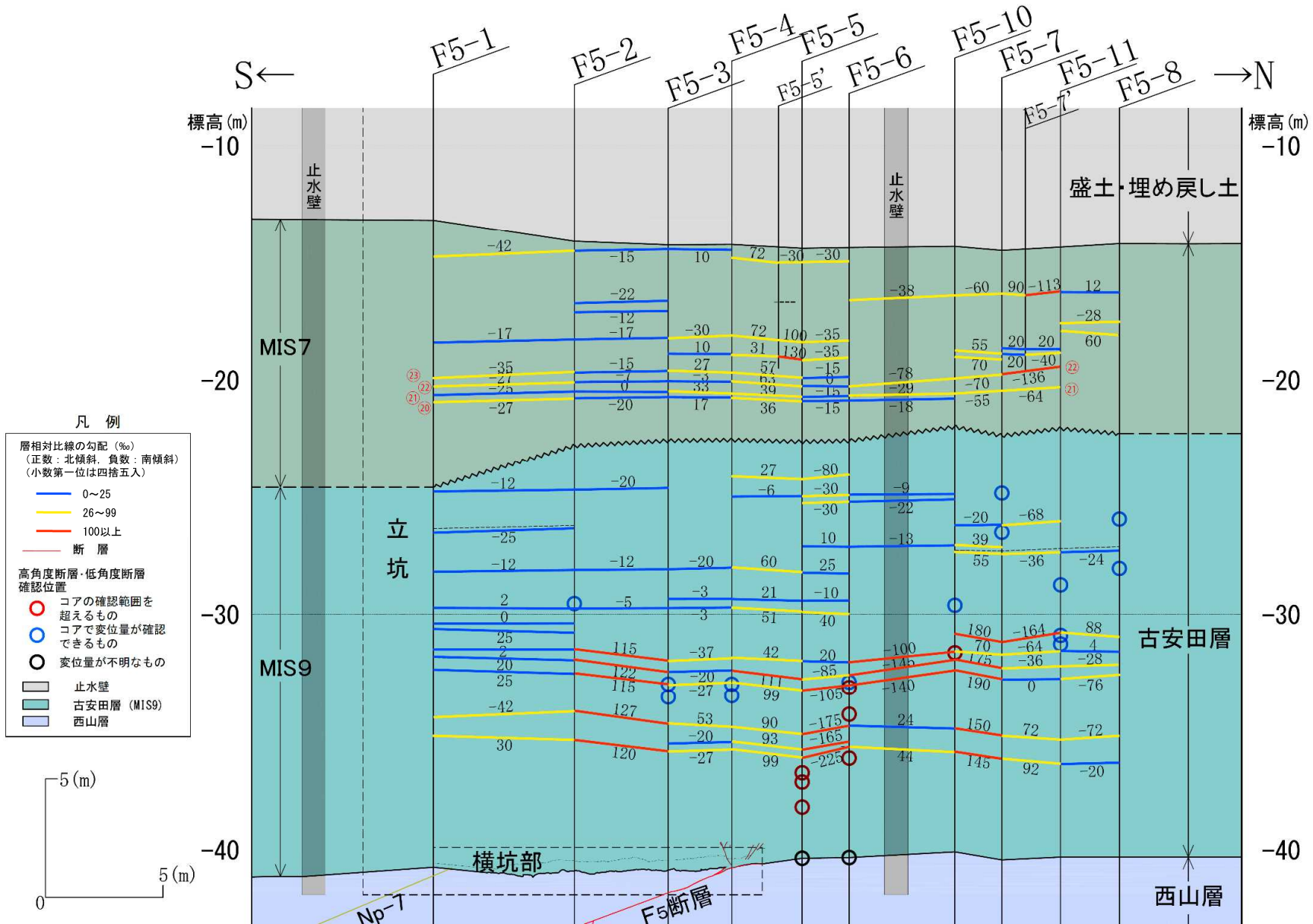
F5-6孔～F5-8孔間のMIS7堆積物の層相分布と層理面傾斜角

- F5-6孔～F5-8孔間のMIS7堆積物について、ボーリングコアに見られる層理面の傾斜を層相對比断面図に表示した。
- 層理面の傾斜角の分布はMIS7堆積物の層相区分の構造と調和しており、上部の腐植質シルト～シルト層においては5°程度以下のほぼ水平な分布を示すところが多く、下部の砂～シルト質砂層においては5°～20°程度のやや急な傾斜を示している。
- 上部の腐植質シルト～シルト層では、一部で層理面が急傾斜を示し、F5-11孔の標高-18.6m付近では最大約60°となっているが、これらの上位及び下位の層理面は緩傾斜～ほぼ水平となっていることから、スランプ等によって形成された局所的な構造と判断される。

---

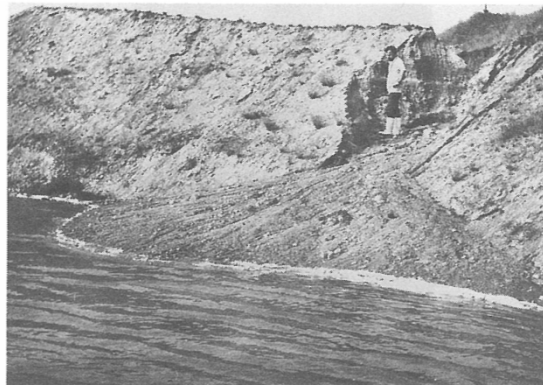
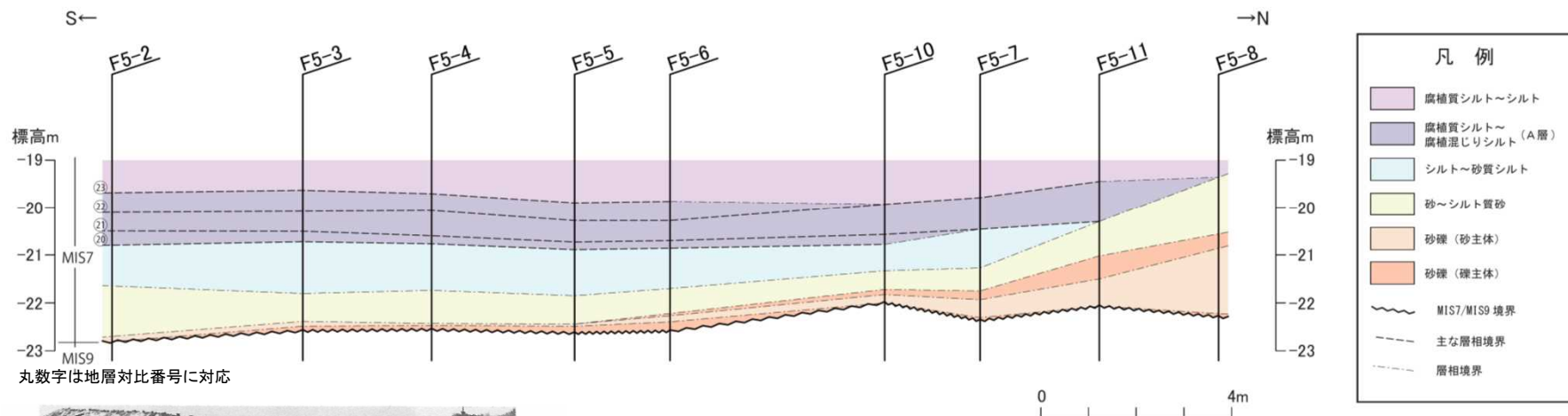
指摘時期	コメント	説明内容	頁
H27/12/2 審査会合	MIS7堆積物北側の地層が南へ傾斜している理由を説明すること。	地層の傾斜は、MIS7堆積物基底の砂礫層及び砂層が北側ほど厚く堆積しており、これを腐植層が覆って堆積したためと推定される。	P. 86

# 4.3 F5立坑周辺の地質断面図

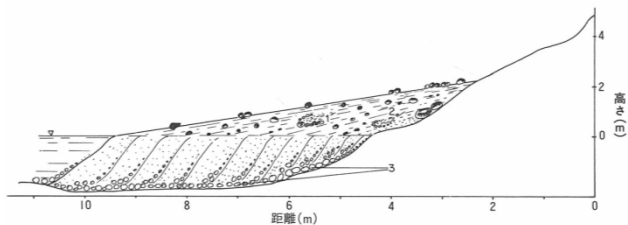


丸数字は地層対比番号に対応

## 4.3 MIS7堆積物の勾配について



第103図 低位置の扇状地の最終的形狀



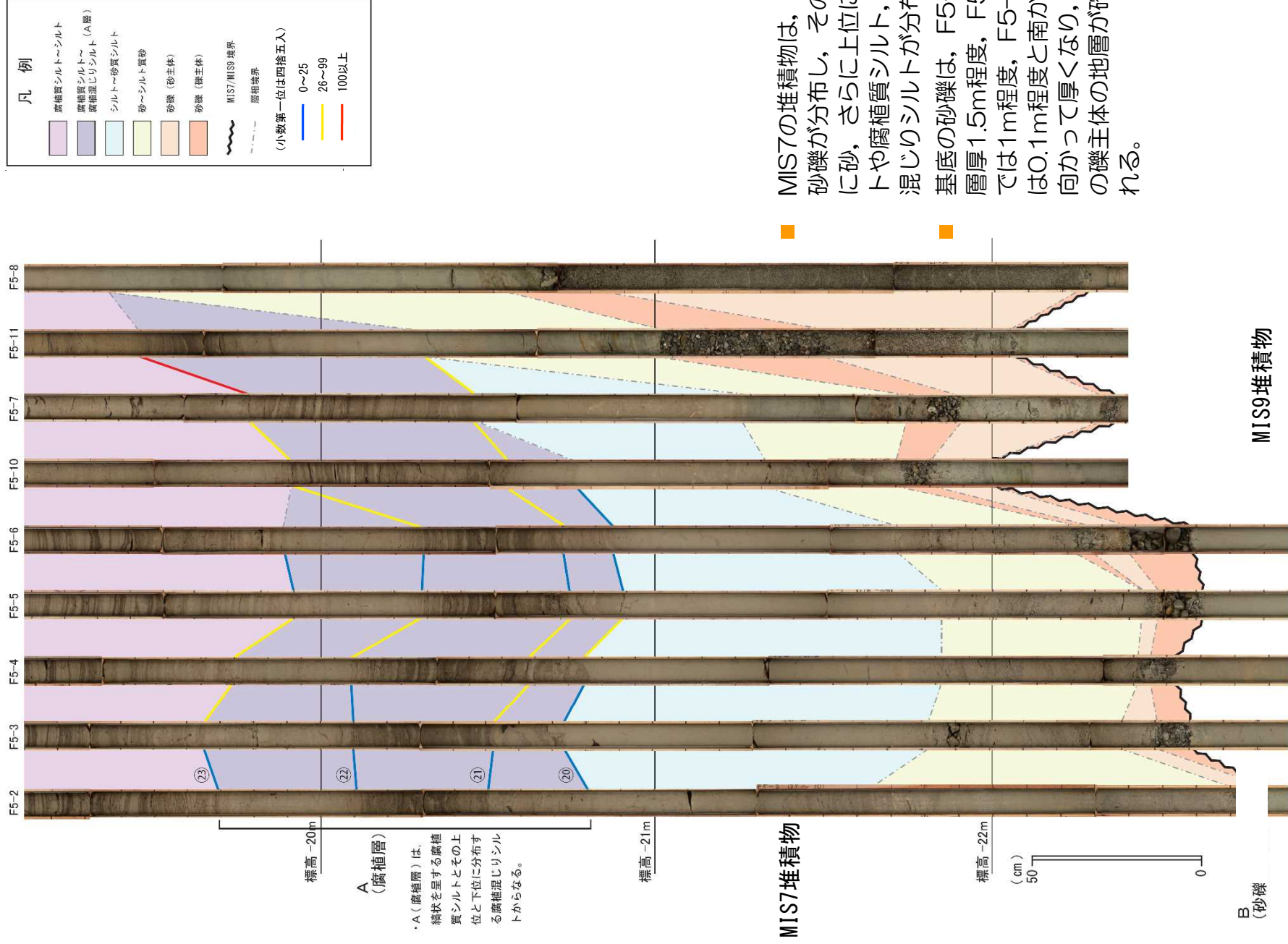
第104図 低位置の扇状地における水面上と水面下の層相の関係  
1と2. 砂礫堆; 3. 三角州の拡大時に発達したベイブメント

参考 A. H. RACHOCKI (1995) による扇状地の形成実験

- MIS7の堆積物は、基底に砂礫が分布し、その上位に砂、さらに上位にシルトや腐植質シルト、腐植混じりシルトが分布する。
- 基底の砂礫は、F5-8孔で層厚1.5m程度、F5-7孔では1m程度、F5-2孔では0.1m程度と南から北に向かって厚くなり、直上の砂も同様の傾向が見られる。
- 砂礫や砂は、北側から供給されたものと考えられ、これらは南に傾斜する堆積面を形成している。
- シルト及び腐植質シルトは、上記の堆積面を覆うように堆積している。

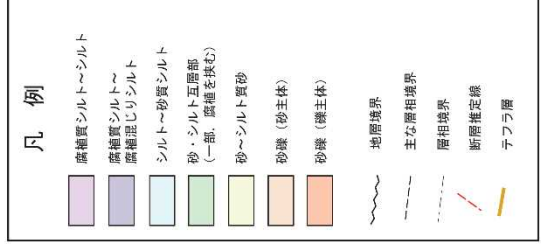
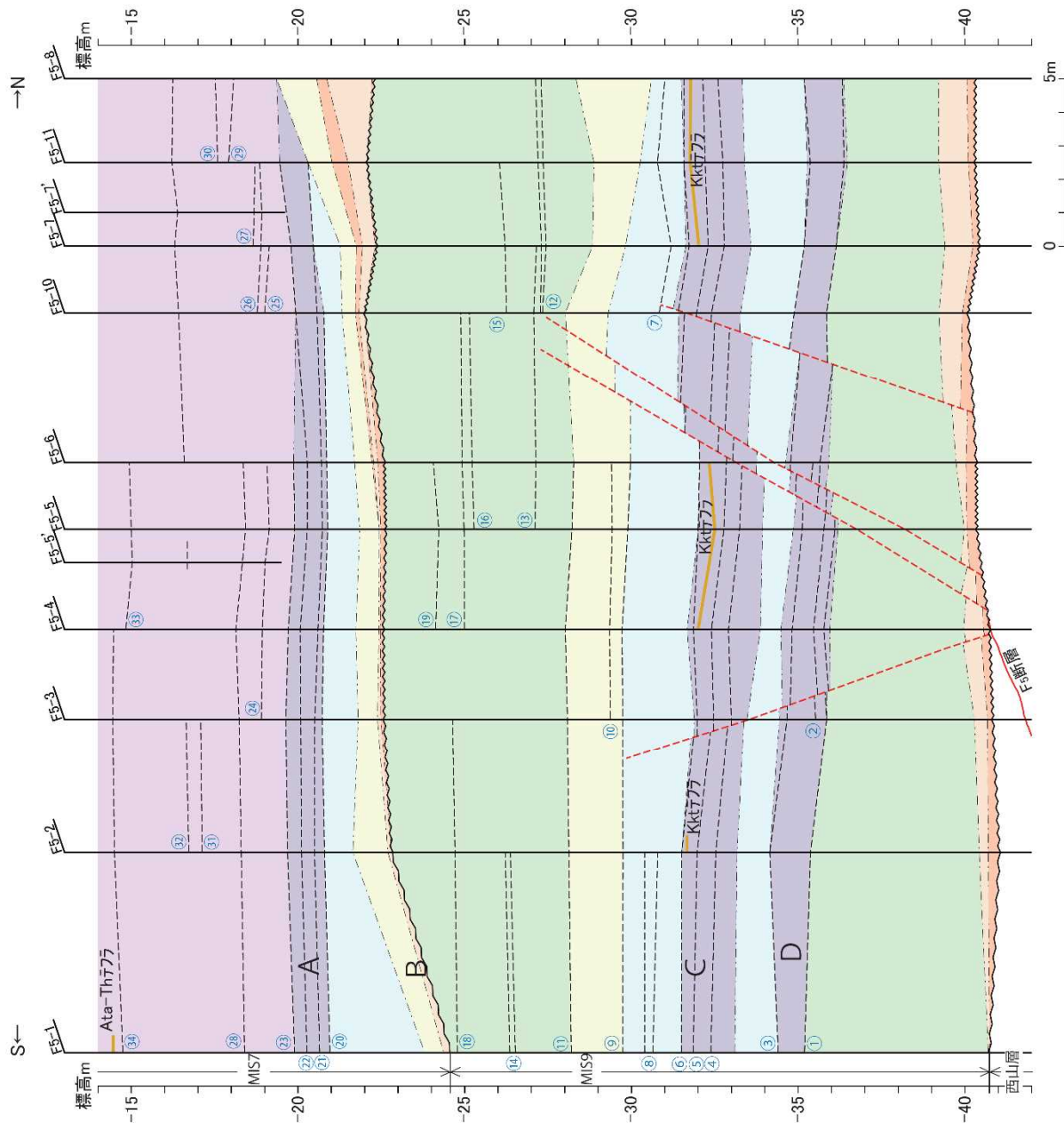


## 4.3 MIS7堆積物の勾配について



- MIS7の堆積物は、基底に砂礫が分布し、その上位に砂、さらに上位にシルトや腐植質シルト、腐植混じりシルトが分布する。
- 基底の砂礫は、F5-8孔で層厚1.5m程度、F5-7孔では1m程度、F5-2孔では0.1m程度と南から北に向かって厚くなり、2枚の礫主体の地層が確認される。

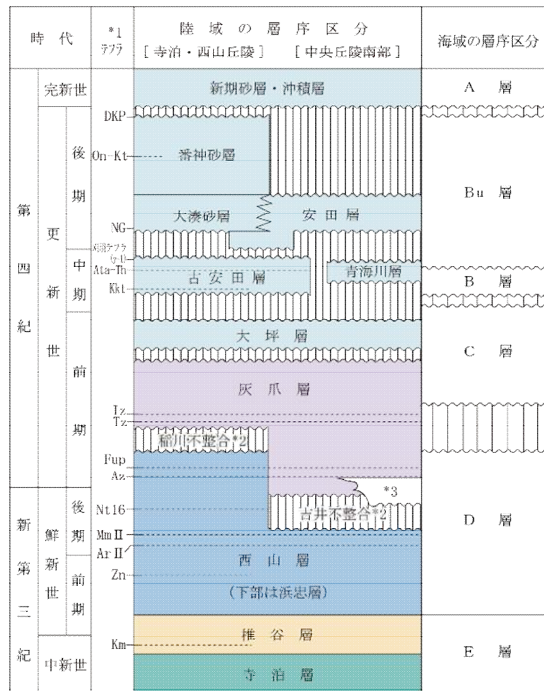
# (参考) F5立坑周辺の層相対比断面図



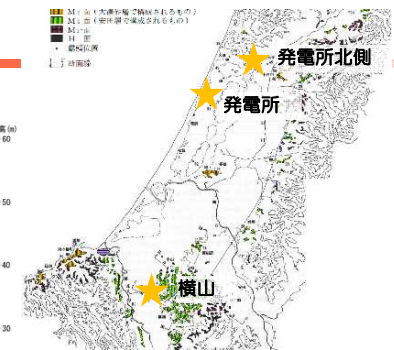
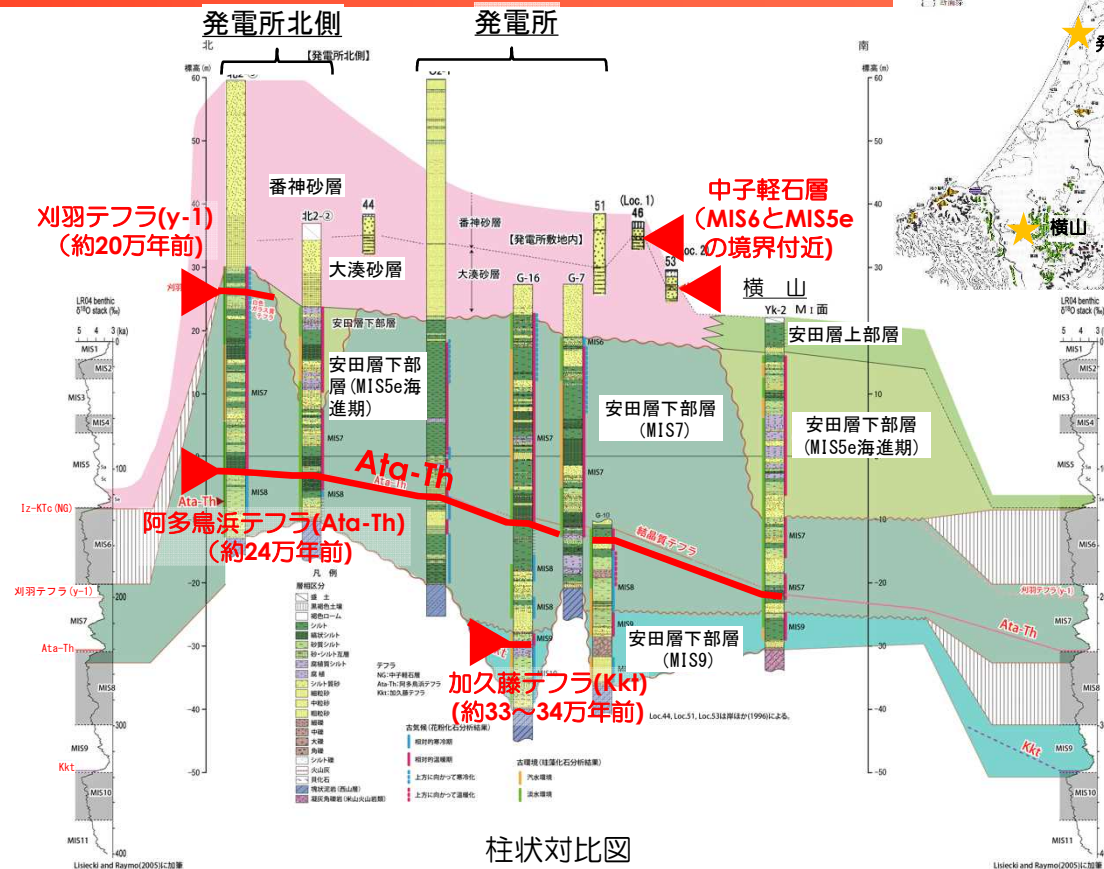
F5 ボーリング層相対比断面図

指摘時期	コメント	説明内容	頁
H27/12/2 審査会合	安田層下部層のMIS9～MIS7の堆積物の呼称について説明すること。	柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書（6号及び7号原子炉設置の変更）では、安田層下部層のうちMIS5e海進期の安田層下部層と不整合関係にある下位の地層を古安田層と仮称する。当該地層については、今後速やかに論文等において報告する。	P.91

# 4.4 古安田層の年代に関する評価

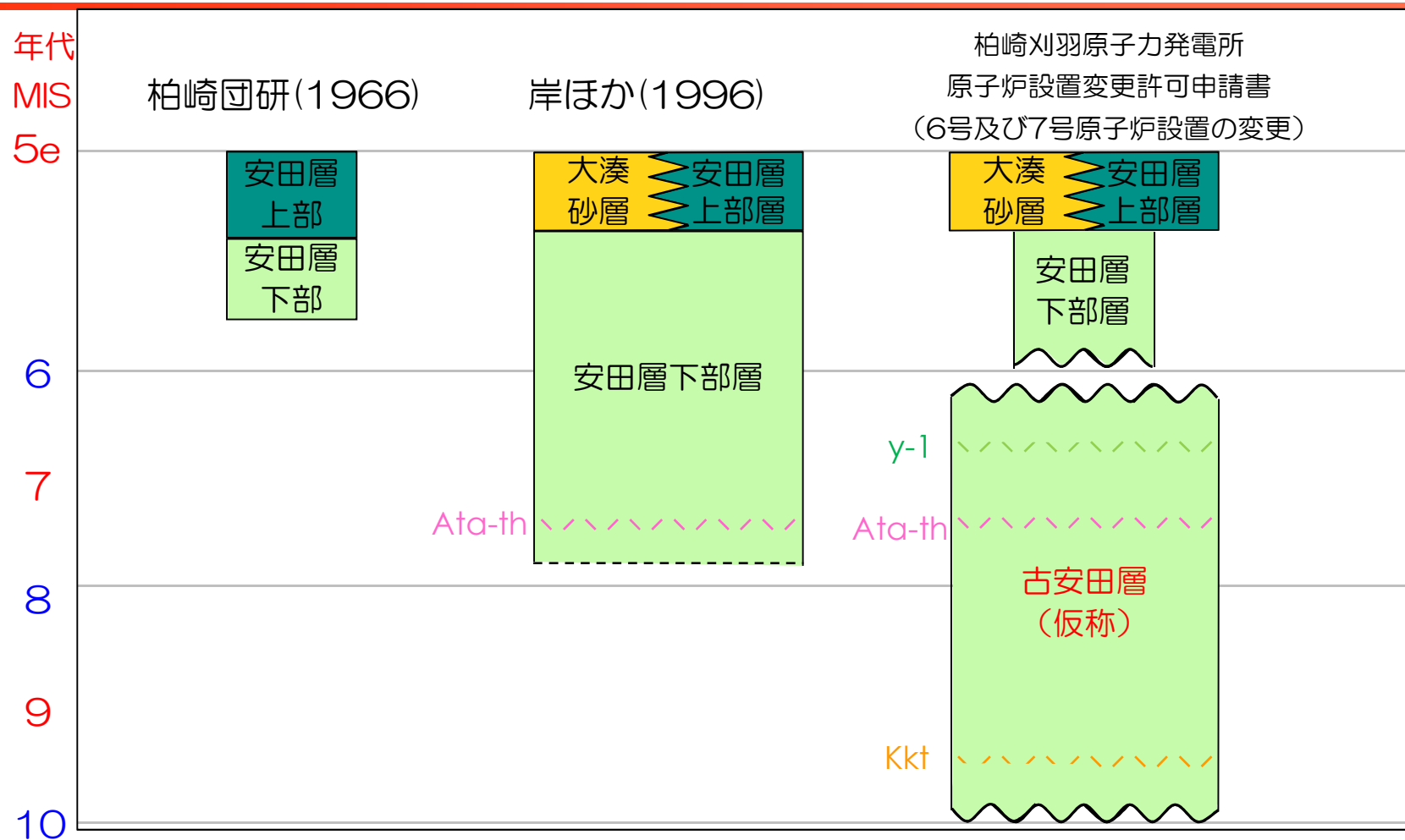


\*1 テフラの名称・年代は、岸ほか(1996)などによる。  
 \*2 不整合の名称は、岸ほか(1996)による。  
 \*3 米山火山岩類・同火山岩類は米山海岸に広く分布するほか、  
 柏崎市南部の南下付近で西山層中に挟在する。



- 安田層下部層の上部には、谷理性的の堆積物が確認され、安田層上面を侵食して削り込む谷が確認された。
- この谷地形は安田層下部層最上部に挟在する刈羽テフラを侵食して形成されていること、発電所北側での谷の侵食は高度差約20mに達していること、谷による侵食面直下の安田層下部層は風化していることなどから、安田層堆積終了後の海退期に形成され、その後の海進に伴って谷理性的の堆積物が埋積したものと判断される。
- 谷理性的の堆積物は中子軽石層 (MIS6とMIS5eの境界付近) を含む大湊砂層に整合に覆われることから、MIS5e海進期の堆積物と判断される。
- 以上より、安田層下部層はMIS5e海進期に堆積した谷理性的の堆積物とこれと不整合関係にある下位の堆積物からなると判断される。

## 4.4 『古安田層』の名称について



テフラ名称	テフラ年代
刈羽テフラ (y-1)	約20万年前
阿多鳥浜テフラ (Ata-th)	約24万年前
加久藤テフラ (Kkt)	約33~34万年前

柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書（6号及び7号原子炉設置の変更）では、安田層下部層のうちMIS5e海進期の安田層下部層と不整合関係にある下位の地層を古安田層と仮称することを明記した上で、古安田層を用いる。古安田層は最下部には加久藤テフラを、最上部に刈羽テフラを挟在することから、その堆積年代はMIS10からMIS7とMIS6の境界付近と評価される。当該地層については、今後速やかに論文等において報告する。

## 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.
- 柏崎平野団体研究グループ(1966): 柏崎平野の第四系—新潟の第四系・そのIV. 新潟大学教育学部高田分校紀要, no.10, pp.145-185.
- 活断層研究会編(1991): [新編] 日本の活断層. 東京大学出版会.
- 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.
- 岸 清・宮脇理一郎(1996): 新潟県柏崎平野周辺における鮮新世～更新世の褶曲形成史. 地学雑誌, vol.105, pp.88-112.
- 中田高・今泉俊文編(2002): 活断層詳細デジタルマップ. 東京大学出版会.
- A.H.RACHOCKI(1995): 扇状地の形成と発達, pp.93-123.
- 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.