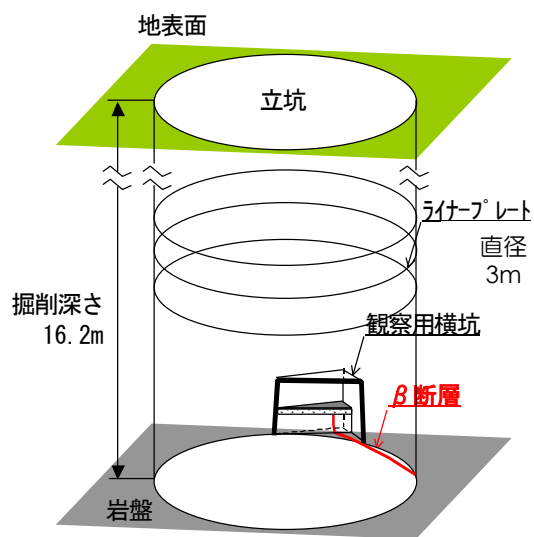
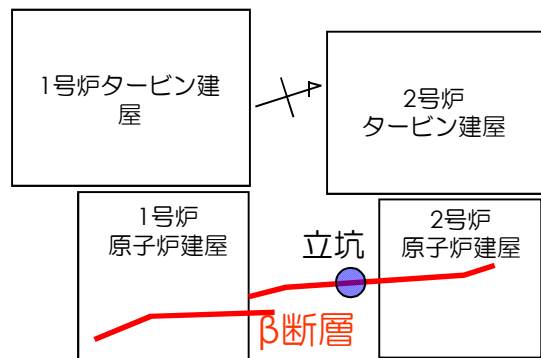


<参考> β 断層の活動性（新潟県中越沖地震に伴う活動）

- 新潟県中越沖地震に伴う活動の有無を立坑調査により確認した結果、 β 断層は建設時の道路面に変位・変形を与えていない。



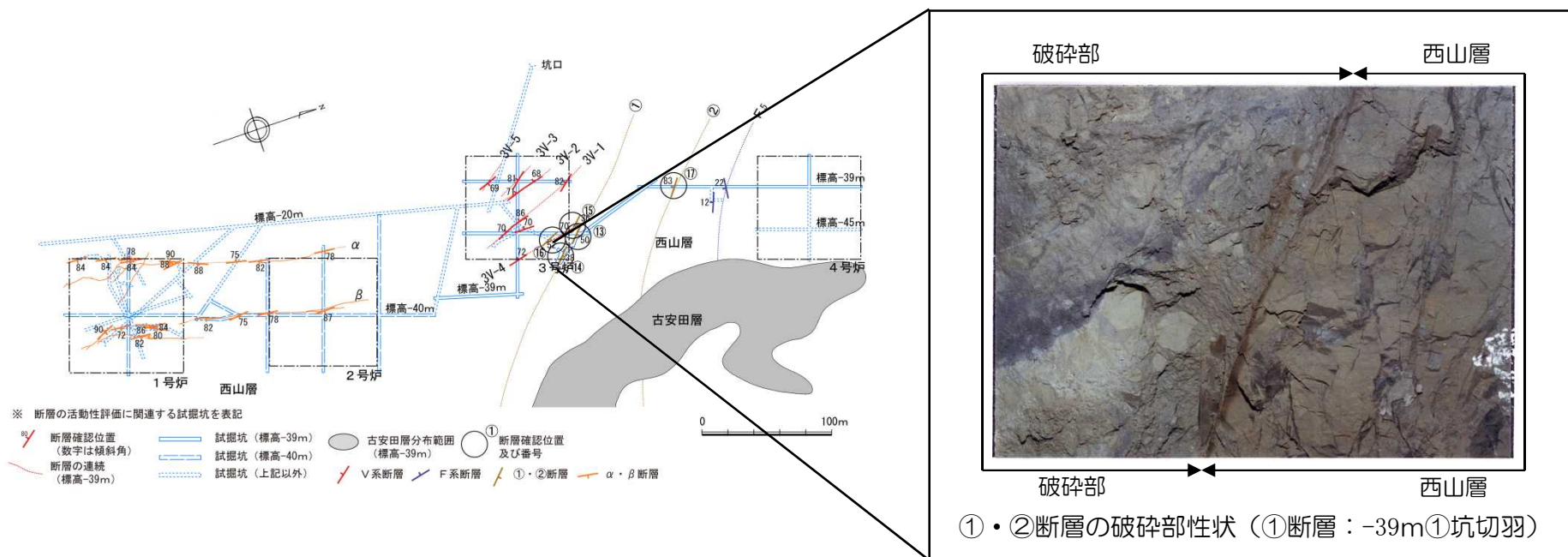
調査の概念図



β 断層延長部

1.	調査内容	・・・	4
2.	敷地の地質・地質構造	・・・	6
3.	敷地の断層		
3.1	大湊側		
3.1.1	概要	・・・	13
3.1.2	L_1 ・ L_2 断層	・・・	22
3.1.3	V系断層	・・・	30
3.1.4	F系断層	・・・	40
3.2	荒浜側		
3.2.1	概要	・・・	48
3.2.2	V系断層	・・・	53
3.2.3	α ・ β 断層	・・・	59
3.2.4	①・②断層	・・・	72
3.2.5	F系断層	・・・	78
4.	耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造	・・・	147
4.1	西山層支持の施設	・・・	149
4.2	第四紀層支持の施設	・・・	156

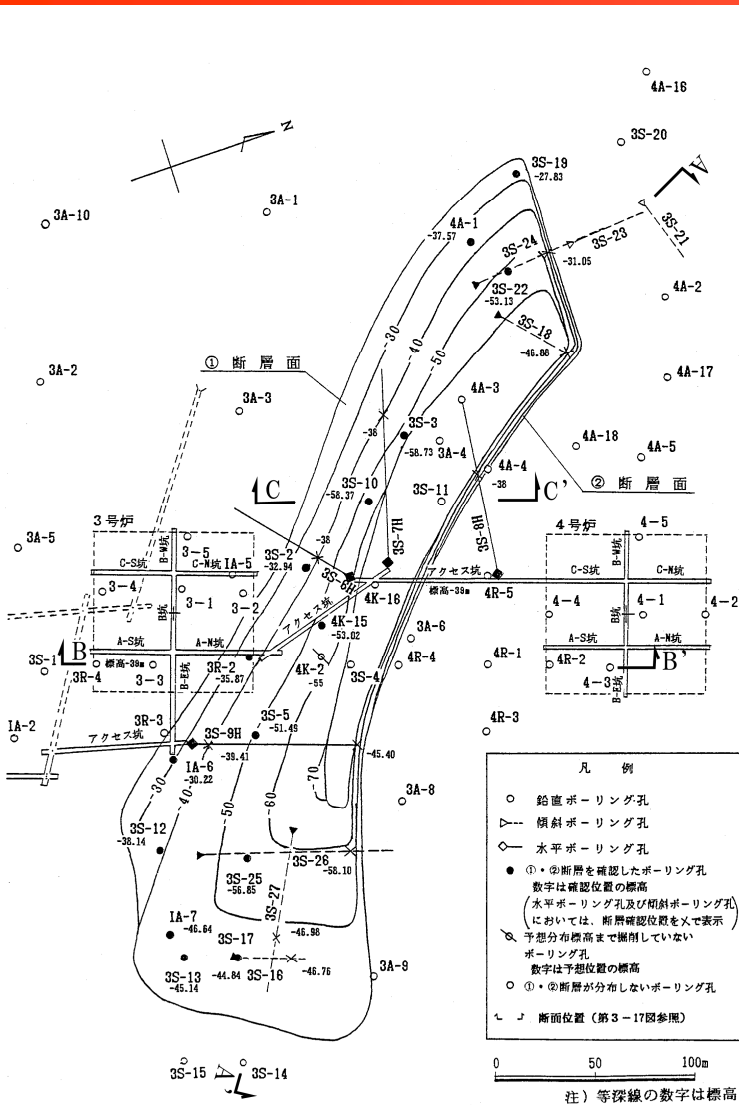
3.2.4 ①・②断層（①・②断層の性状）



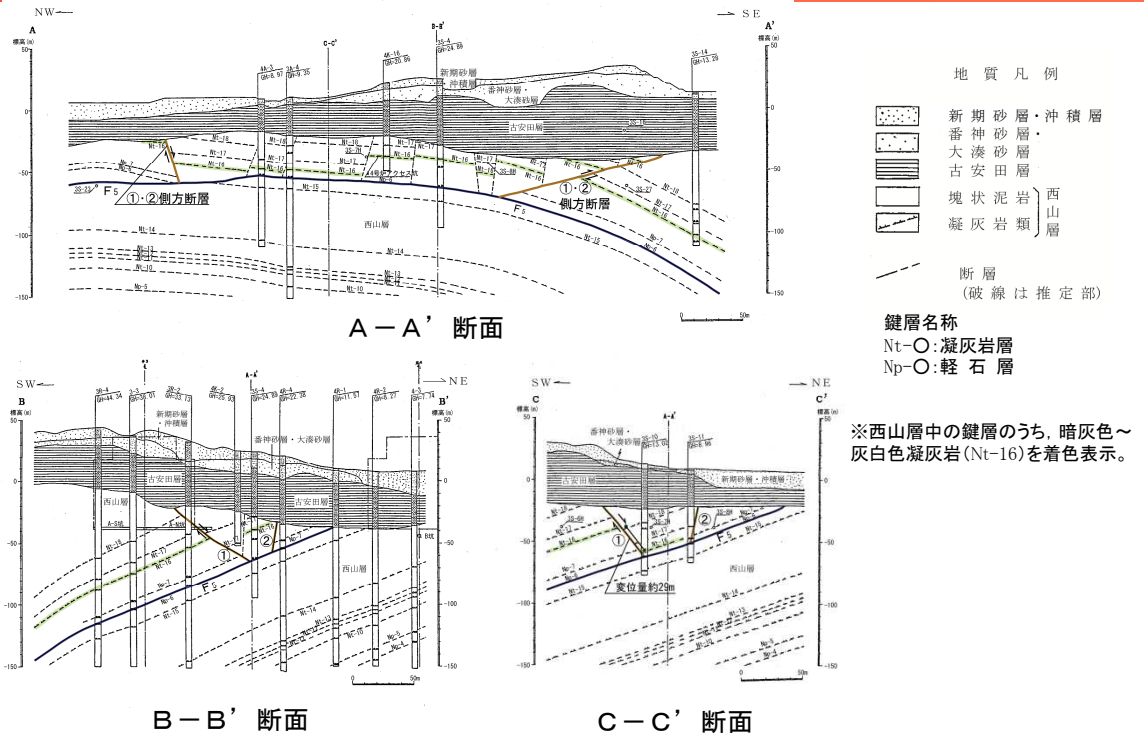
①・②断層の分布と性状

- ①・②断層は、NW-SE 走向で中角度北東傾斜の①断層と、NW-SE走向で高角度南西傾斜の②断層からなる。
- ①断層は平均幅280cm程度の、②断層は平均幅220cm程度のそれぞれ亜角礫を含む破砕部を伴う。断層面が不明瞭となる場合がある。

3.2.4 ①・②断層 (①・②断層の連続性及び変位量)



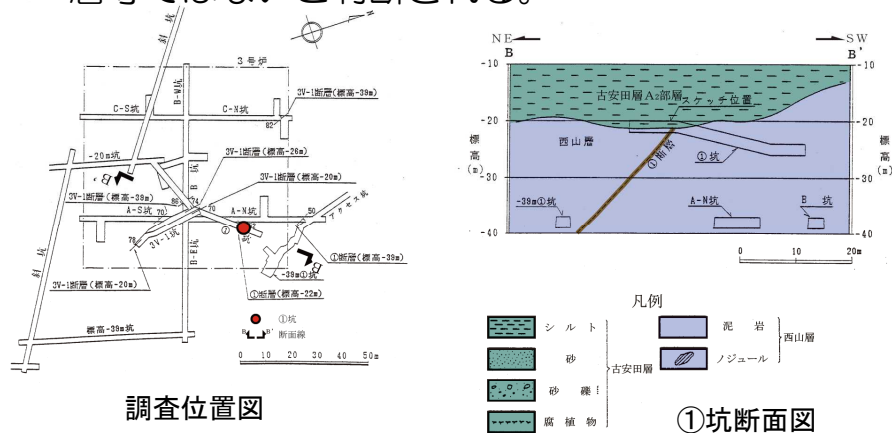
①・②断層の分布形態 (平面図)



- ①断層及び②断層については、試掘坑調査及びボーリング調査によって連続性、変位量を確認している。
- 西方延長部及び東方延長部はそれぞれ側方断層に連続し、平面的にはNW-NE方向に延びる環状を呈し、断面的にはF₅断層より下位には延びておらず、舟底状を呈する。
- ①断層及び②断層の変位量は、鍵層の分布から正断層的に最大約29mと推定される。また、北西側の側方断層は正断層、南東側の側方断層は逆断層である。
- 以上のことから、①・②・F₅断層に囲まれた土塊は、全体として正断層的に落ち込むとともに、北西から南東方向に移動した地すべり土塊と考えられる。

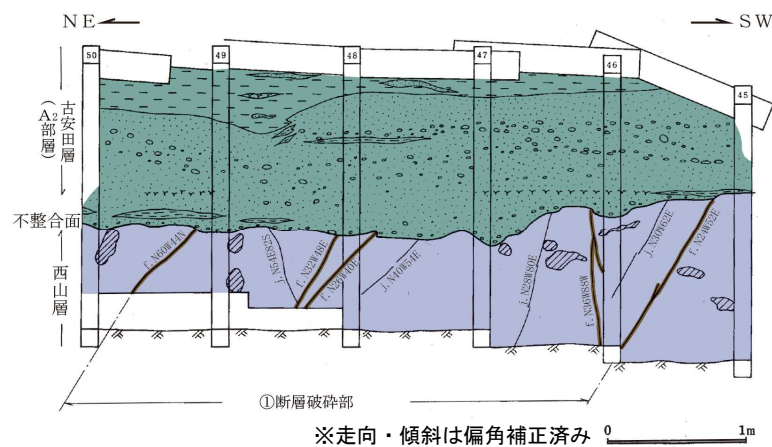
3.2.4 ①・②断層（①断層の活動性・建設時の調査）

- ①断層と古安田層との関係を確認するため、-20m坑から東北東に試掘坑を掘削して①断層の延長部を確認した。
- その結果、①断層は古安田層と西山層の境界面に変位・変形を与えておらず、かつ、古安田層中に延びていない。
- 以上のことから、①・②断層は古安田層堆積以降の活動は認められず、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。

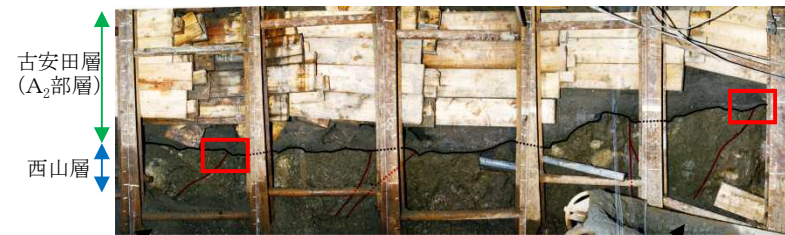


調査位置図

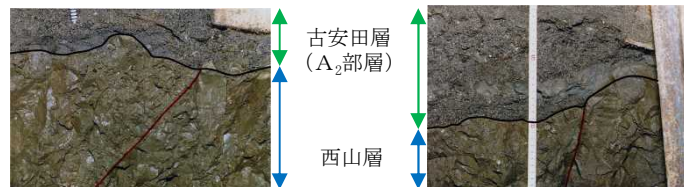
①坑断面図



①断層と古安田層との関係 (①坑南側壁)

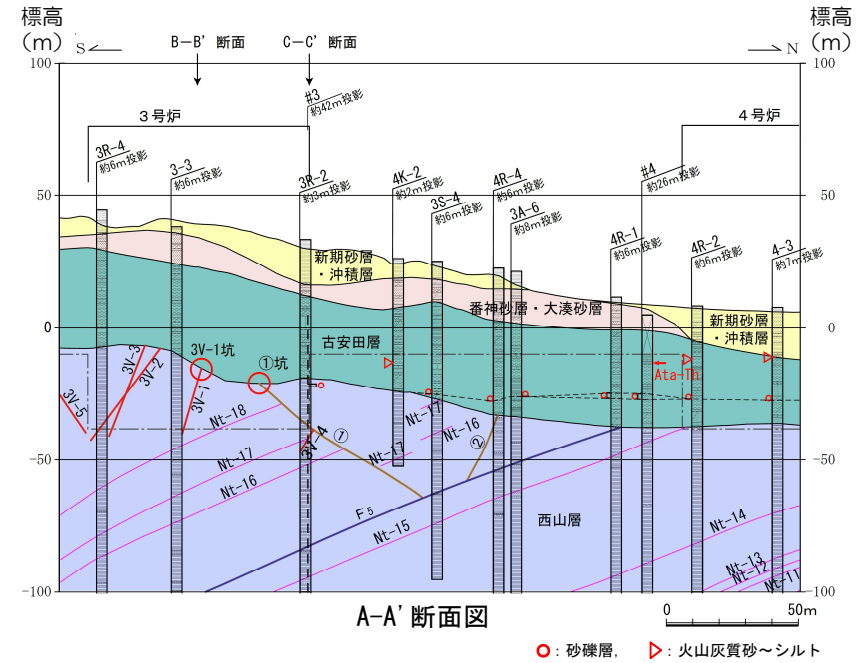
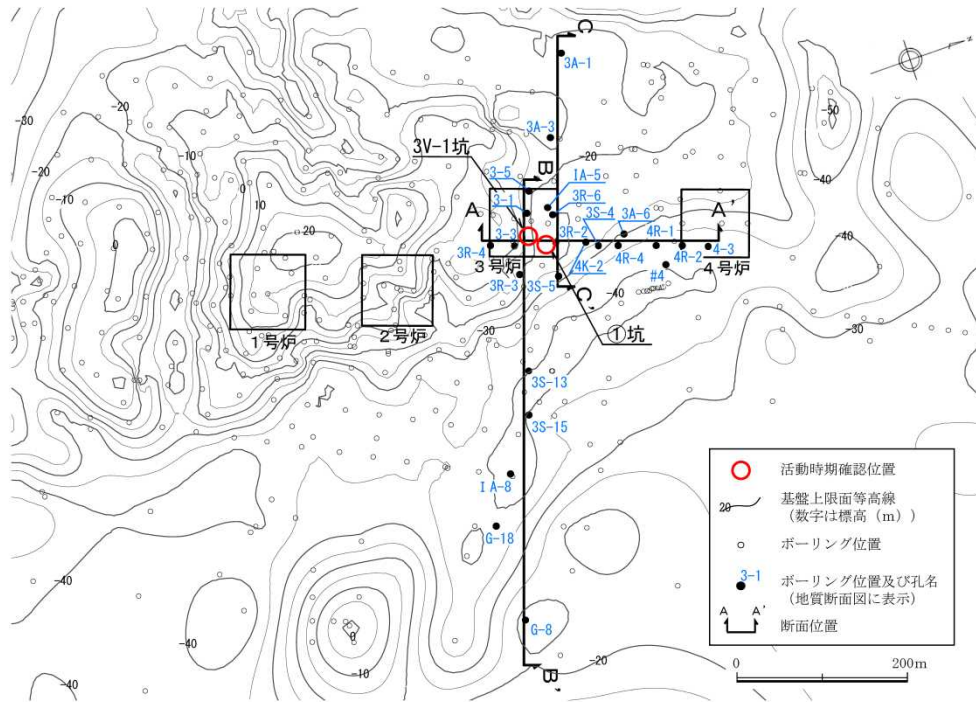


①断層破碎部



①坑南側壁①断層写真

<参考> 3号炉付近の上載層の分布



柱状図凡例

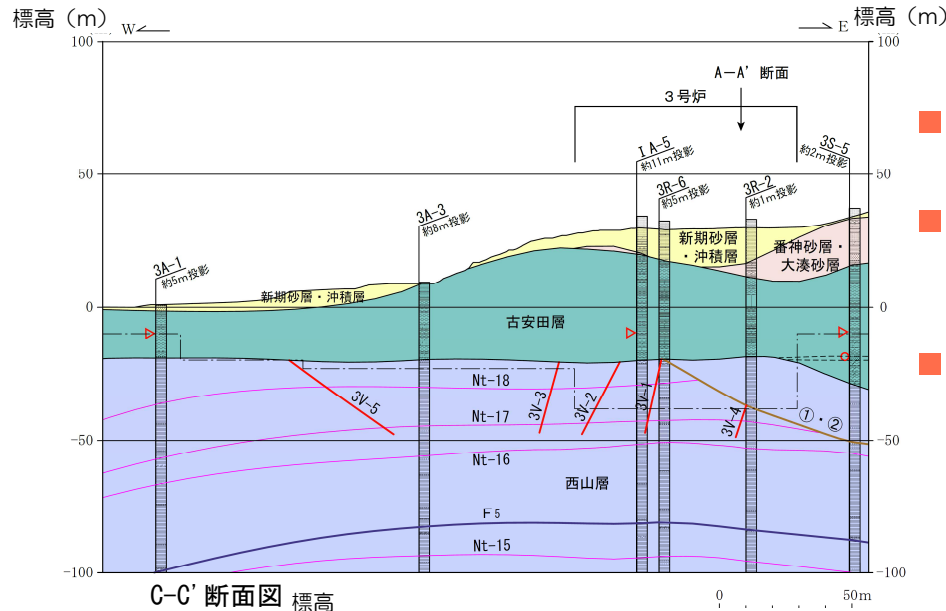
地質断面図凡例

断面位置図

	盛土・埋め戻し土		粘土		新期砂層・沖積層
	シルト		粘土質		番神砂層・大湊砂層
	細粒砂		シルト質		古安田層
	中粒砂		砂質		西山層
	粗粒砂		砂質		砂礫層
	砂礫		腐植質		火山灰質砂～シルト
	シルト		凝灰岩		V系断層
	シルト・腐植土		粘土状		①・②断層
	泥岩		シルト・砂状		F系断層
	砂岩・泥岩互層		角礫状		鍵層
			コア欠如		地層境界
					掘削形状

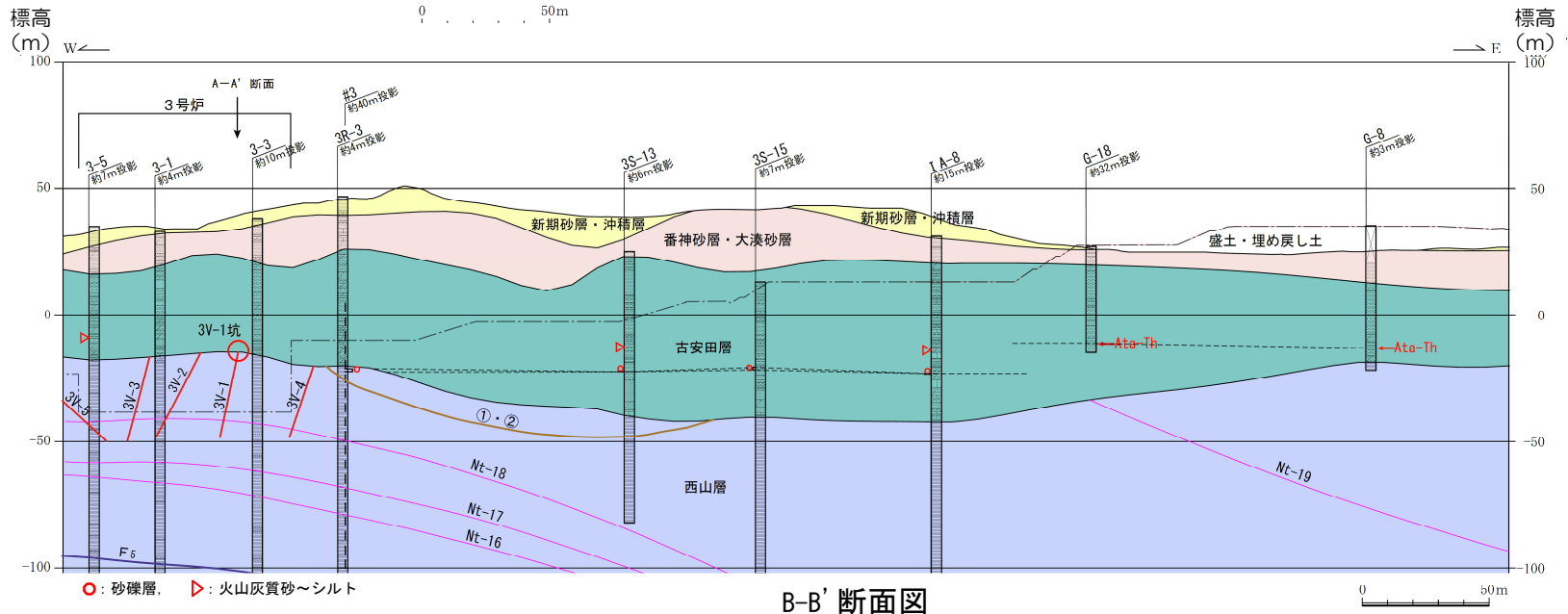
- 荒浜側のV系断層及び①・②断層を覆う上載層は、シルト層を主体とし砂層を挟在する層相を示している。
- A-A' 断面では、4号炉付近の#4孔において阿多鳥浜テフラ (Ata-Th, 約24万年前) が挟在している。
- 上載層中の砂礫層及びその上位の火山灰質砂～シルト層は、ほぼ水平に分布している。

<参考> 3号炉付近の上載層の分布



- B-B' 断面東部のG-18孔及びG-8孔において、阿多鳥浜テフラ（約24万年前）が挟在している。
- B-B' 断面及びC-C' 断面において、上載層中の砂礫層及びその上位の火山灰質砂～シルト層がほぼ水平分布している。
- 以上のことから、3V-1坑及び①坑に分布する上載層は、中部更新統古安田層に対比されると判断される。

注) 断面位置及び凡例は前頁を参照。



- 1 調査内容
- 2 敷地の地質・地質構造
- 3 敷地の断層

- 3.1 大湊側

- 3.1.1 概要
- 3.1.2 $L_1 \cdot L_2$ 断層
- 3.1.3 V系断層
- 3.1.4 F系断層

- 3.2 荒浜側

- 3.2.1 概要
- 3.2.2 V系断層
- 3.2.3 $\alpha \cdot \beta$ 断層
- 3.2.4 ①・②断層

- 3.2.5 F系断層

3.2.5.1 F_5 断層の評価

- ① 地形
- ② 地質・地質構造
- ③ 応力場
- ④ 総合検討

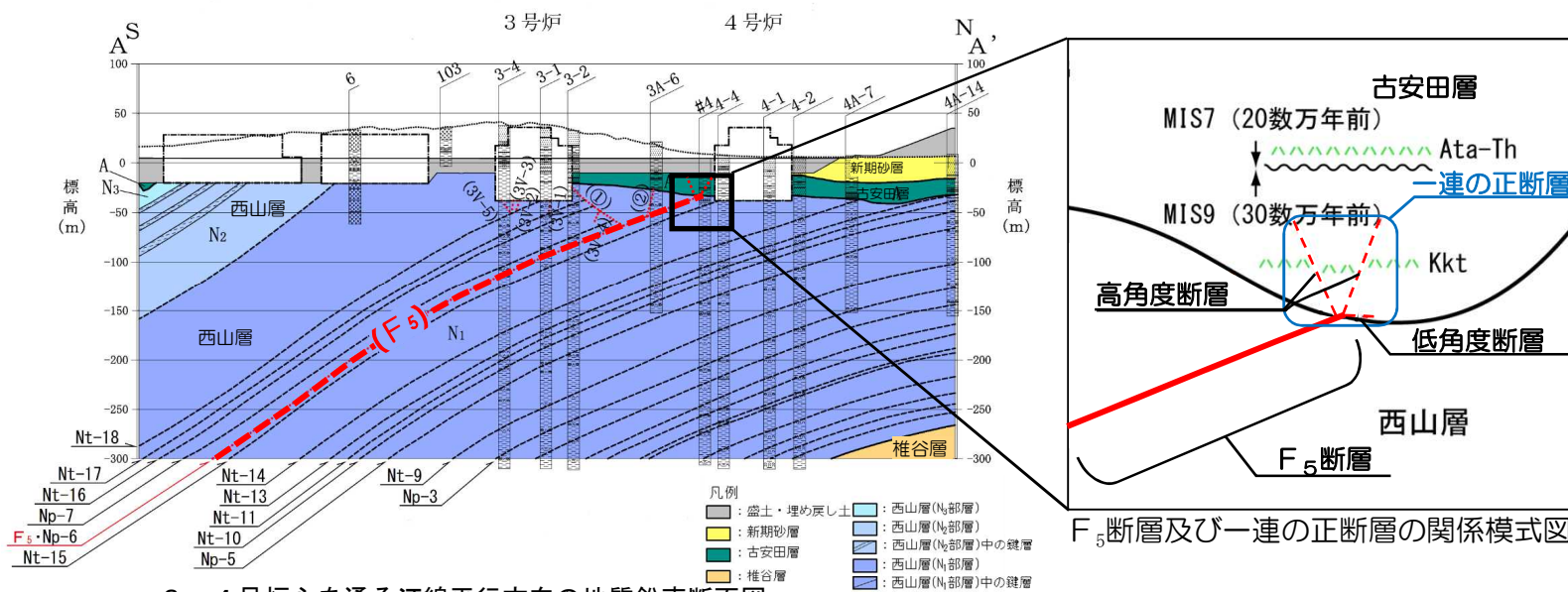
3.2.5.2 一連の正断層の評価

- ① 地形
- ② 地質・地質構造
- ③ 応力場
- ④ 総合検討

- 4 耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造
 - 4.1 西山層支持の施設
 - 4.2 第四紀層支持の施設

3.2.5 F系断層

- F₅断層は、西山層中に層理面とほぼ平行に分布しており、西山層の褶曲運動に伴って形成された層面すべり断層と判断される。
- F₅立坑調査では、F₅断層が古安田層と接する位置付近の古安田層中に高角度断層、西山層上限面付近に低角度断層が分布しており、条線の方向や変位センスからF₅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一連の正断層として活動したと判断される。
- F₅断層については、将来活動する可能性のある断層等に該当するか否かについて、一連の正断層については、耐震重要施設等の下に分布するか否か等について、①地形、②地質・地質構造及び③応力場等の観点から検討を行った。



3・4号炉心を通る汀線平行方向の地質鉛直断面図

- 1. 調査内容
- 2. 敷地の地質・地質構造
- 3. 敷地の断層

3.1 大湊側

3.1.1 概要

3.1.2 L_1 ・ L_2 断層

3.1.3 V系断層

3.1.4 F系断層

3.2 荒浜側

3.2.1 概要

3.2.2 V系断層

3.2.3 α ・ β 断層

3.2.4 ①・②断層

3.2.5 F系断層

3.2.5.1 F_5 断層の評価

① 地形	・・・	80
② 地質・地質構造	・・・	83
③ 応力場	・・・	101
④ 総合検討	・・・	105

3.2.5.2 一連の正断層の評価

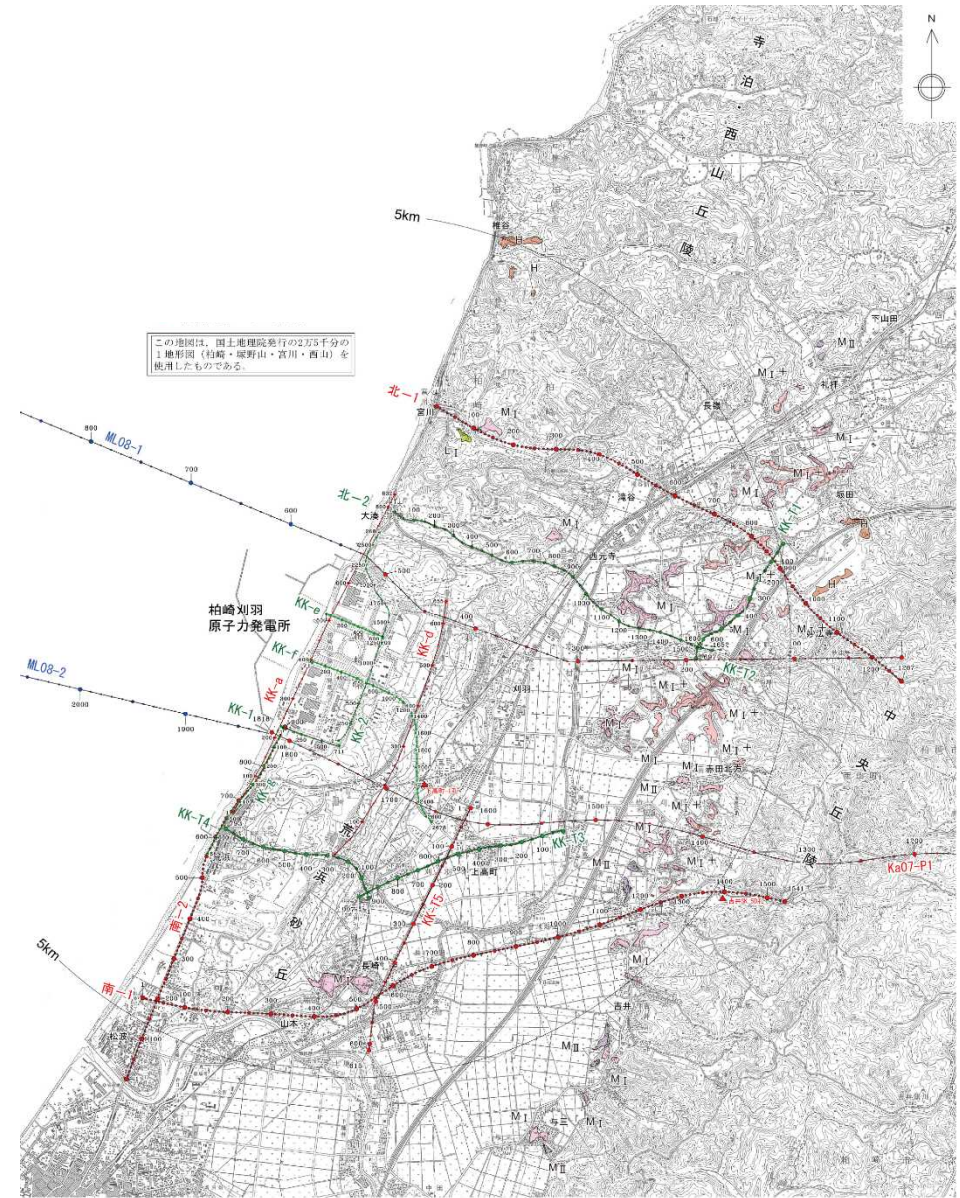
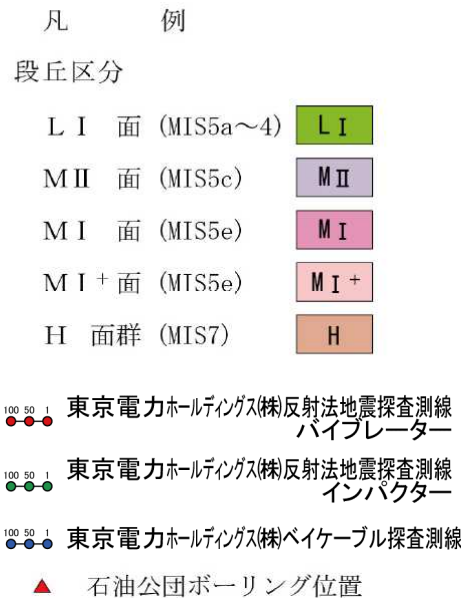
① 地形	・・・	107
② 地質・地質構造	・・・	110
③ 応力場	・・・	139
④ 総合検討	・・・	141

- 4. 耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造
 - 4.1 西山層支持の施設
 - 4.2 第四紀層支持の施設

3.2.5.1 F₅断層の評価 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）

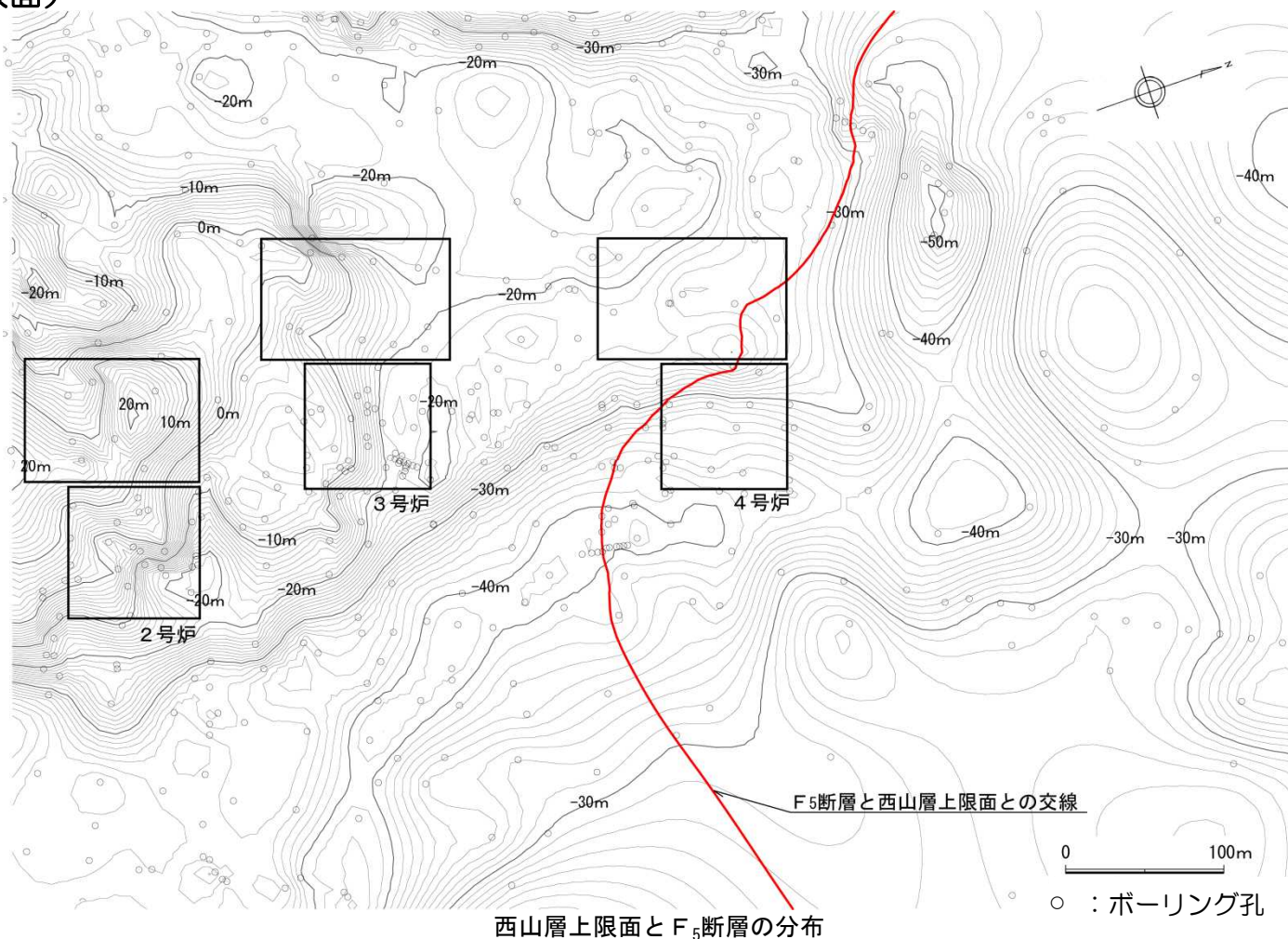
- [新編]日本の活断層（1991）や活断層デジタルマップ（2002）等いずれの文献においても、敷地及び敷地近傍にリニアメントは認められない。
- 空中写真判読結果によると、敷地近傍の柏崎平野周辺に分布する段丘面は、段丘面の標高、分布形態、連続性、面の開析程度等により、高位からH面群、M_I⁺面、M_I面、M_{II}面及びL_I面に区分される。
- 最も広く分布する段丘面はM_I面である。
- 敷地及び敷地近傍にリニアメントは判読されない。



敷地及び敷地近傍の変動地形図

3.2.5.1 F₅断層の評価 地形（古地形）

（西山層上限面）



- 西山層上限面は、F₅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、F₅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. 調査内容
- 2. 敷地の地質・地質構造
- 3. 敷地の断層

3.1 大湊側

3.1.1 概要

3.1.2 L₁・L₂断層

3.1.3 V系断層

3.1.4 F系断層

3.2 荒浜側

3.2.1 概要

3.2.2 V系断層

3.2.3 α・β断層

3.2.4 ①・②断層

3.2.5 F系断層

3.2.5.1 F₅断層の評価

①	地形	・・・	80
②	地質・地質構造	・・・	83
③	応力場	・・・	101
④	総合検討	・・・	105

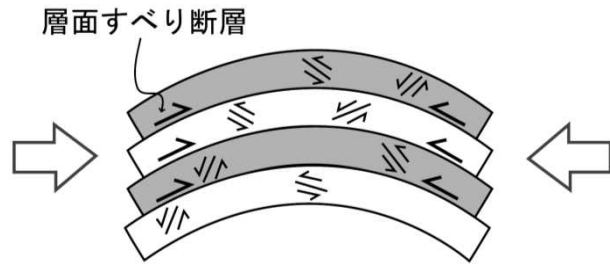
3.2.5.2 一連の正断層の評価

①	地形	・・・	107
②	地質・地質構造	・・・	110
③	応力場	・・・	139
④	総合検討	・・・	141

- 4. 耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造
 - 4.1 西山層支持の施設
 - 4.2 第四紀層支持の施設

3.2.5.1 F₅断層の評価

地質・地質構造（文献調査）



第6図 Flexural-slip foldの模式図.

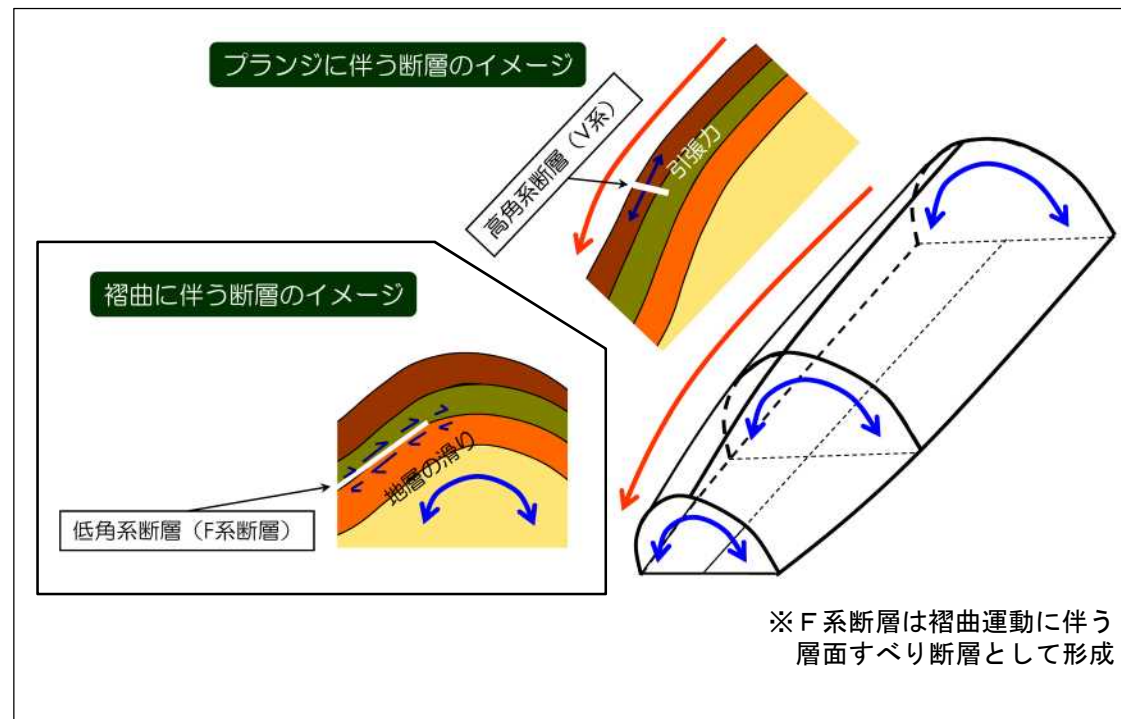
一方、層面すべり断層とは、層理面上ですべる断層のことである。

(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

層面すべり断層の概念 (大坪 (2008) より抜粋)

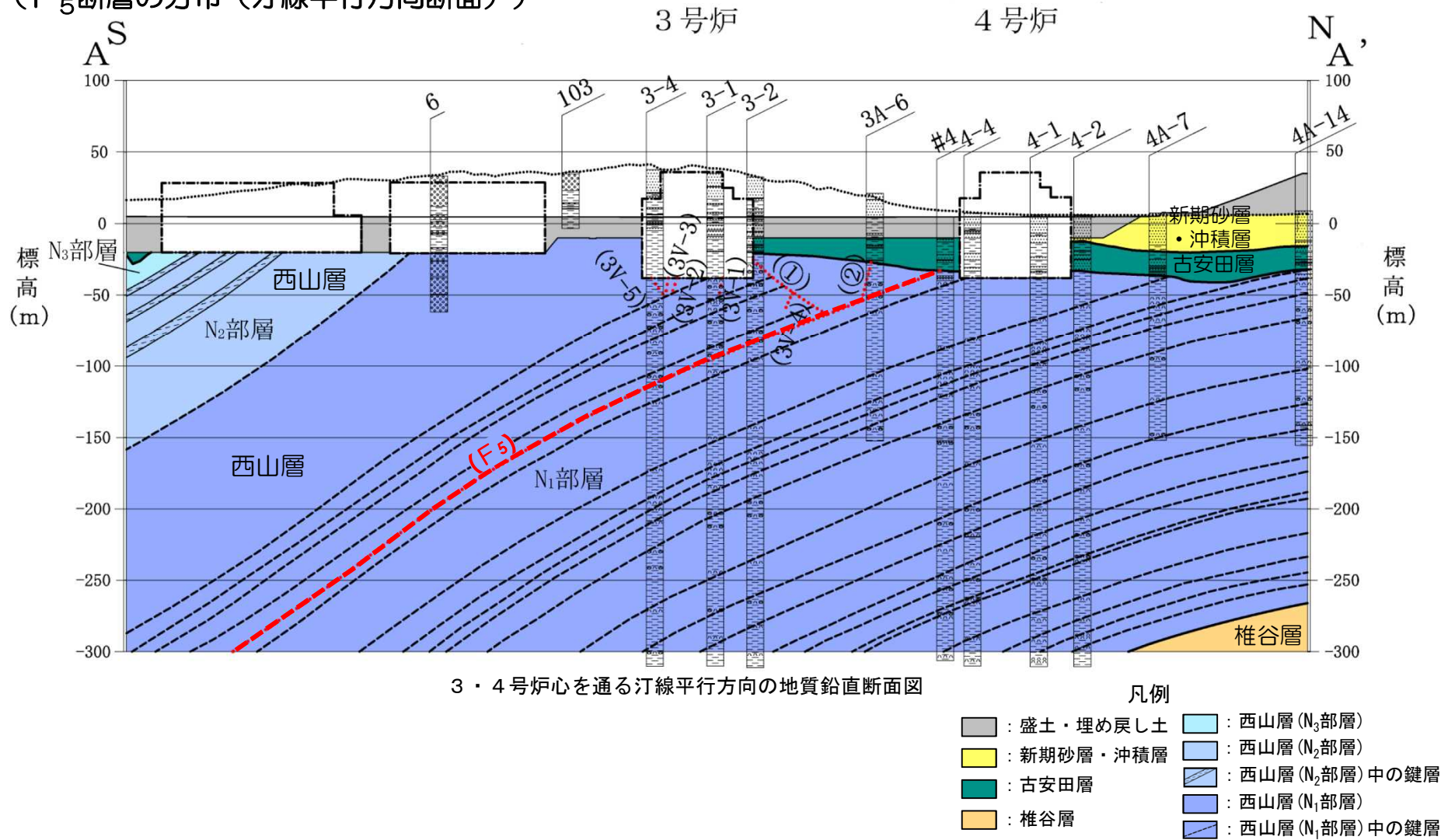


敷地内断層と褶曲構造との関係

- 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)

3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（敷地内ボーリング調査）

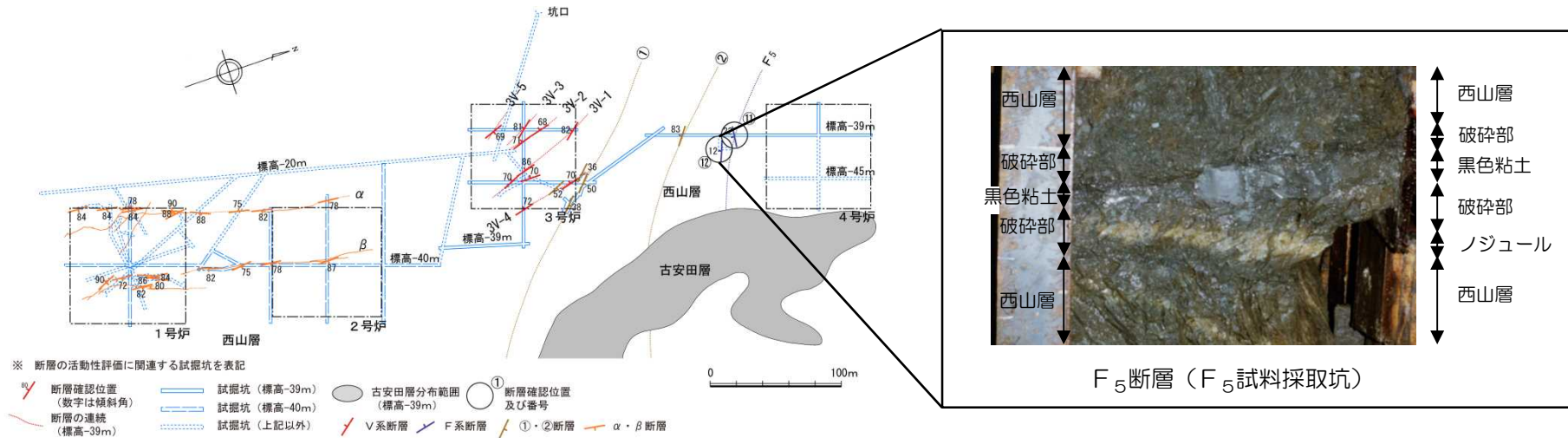
（F₅断層の分布（汀線平行方向断面））



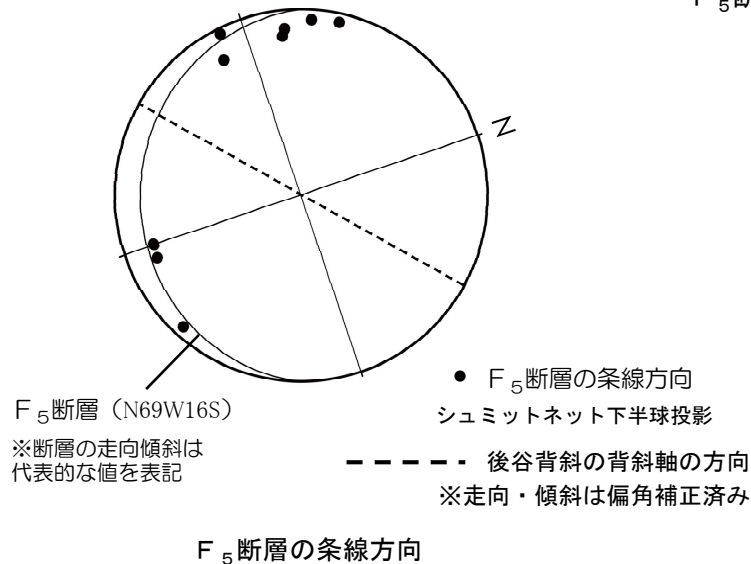
- F₅断層は、西山層中の鍵層とほぼ平行に分布しており、層面すべり断層と判断される。

3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（試掘坑調査）

（F₅断層試掘坑調査）



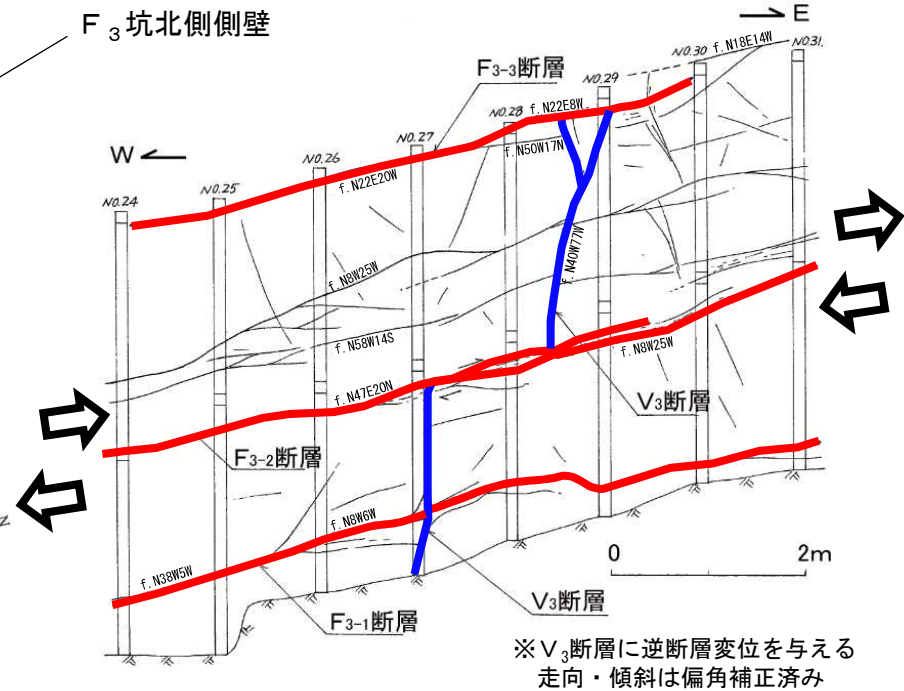
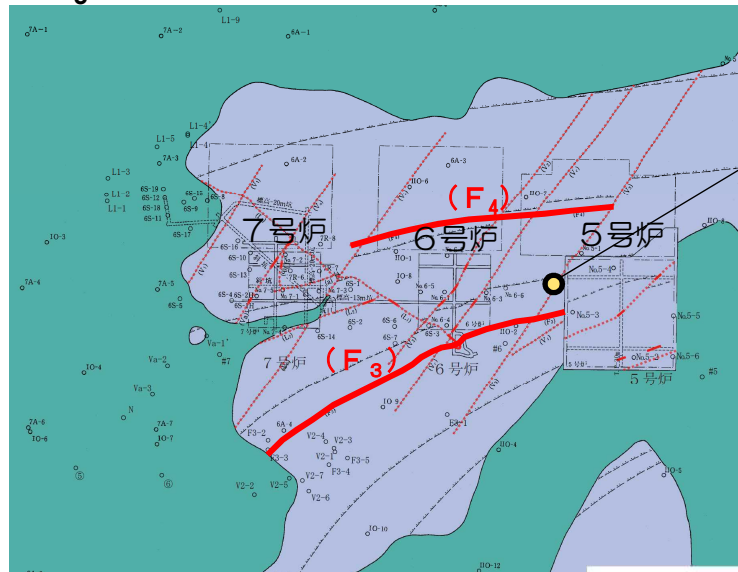
F₅断層の分布と性状



- 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、F₅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）で観察されたF₅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。

3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（試掘坑調査）

（F₃断層試掘坑調査）



※V₃断層に逆断層変位を与える
走向・傾斜は偏角補正済み

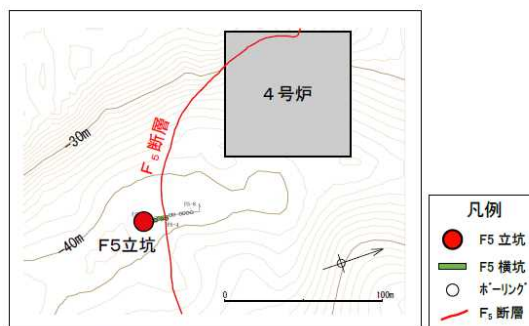
5号炉試掘坑調査結果（F₃坑北側側壁）

- 凡例
- 古安田層
 - 西山層
 - 凝灰岩類
 - 断層（破線は推定部）
 - 試掘坑（標高-20m~-30m）
 - 試掘坑（上記以外）
 - NO. 6-1 ボーリング（既往調査）
（一水平ボーリング）
 - #5 ボーリング（平成19年度以降に実施）
 - A A' 断面位置

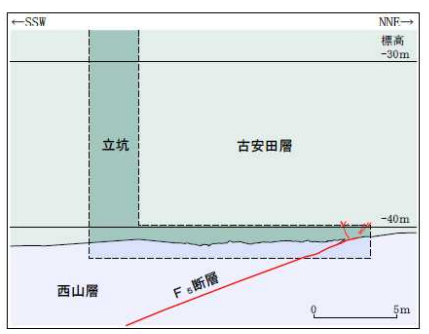
5号，6号及び7号炉付近地質水平断面図（標高-13m）

- 大湊側敷地でも層理面にほぼ平行な断層であるF₃断層が認められ，F₃断層はV₃断層を逆断層的に変位させている。

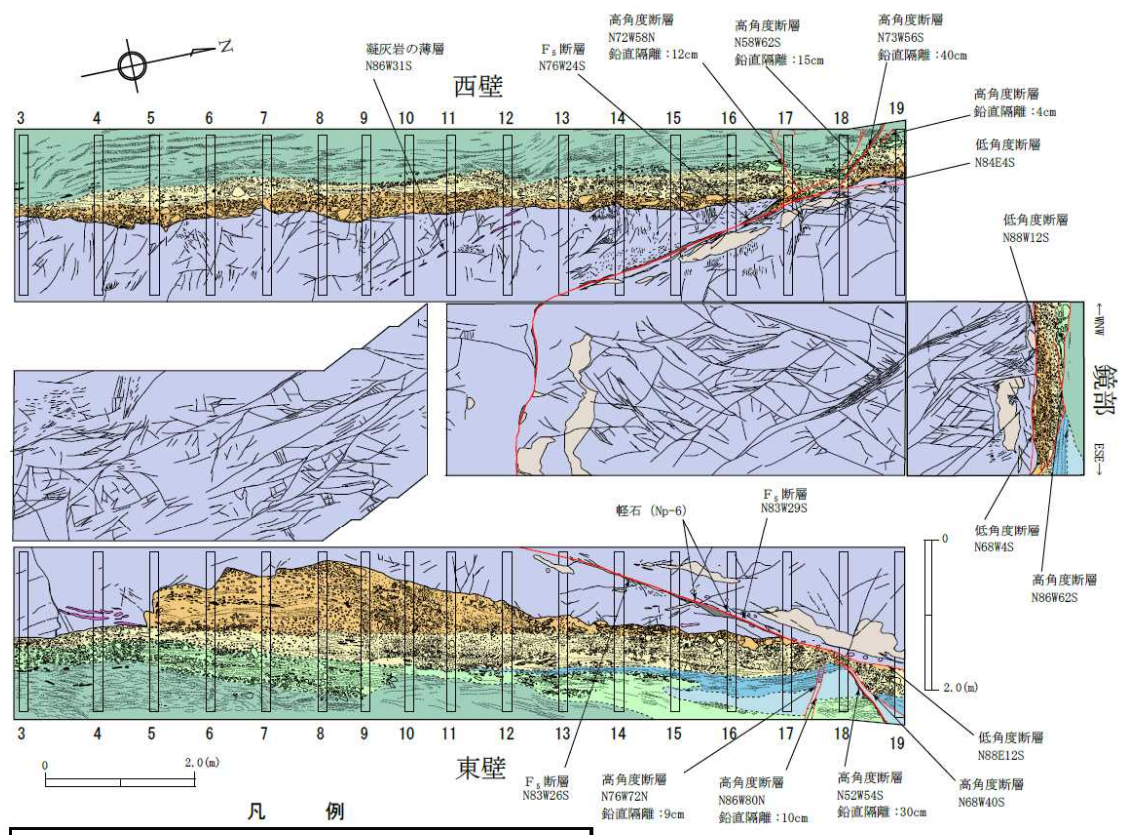
3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造 (F₅立坑調査)



荒浜側立坑調査位置図
(等高線は西山層上限面を示す)



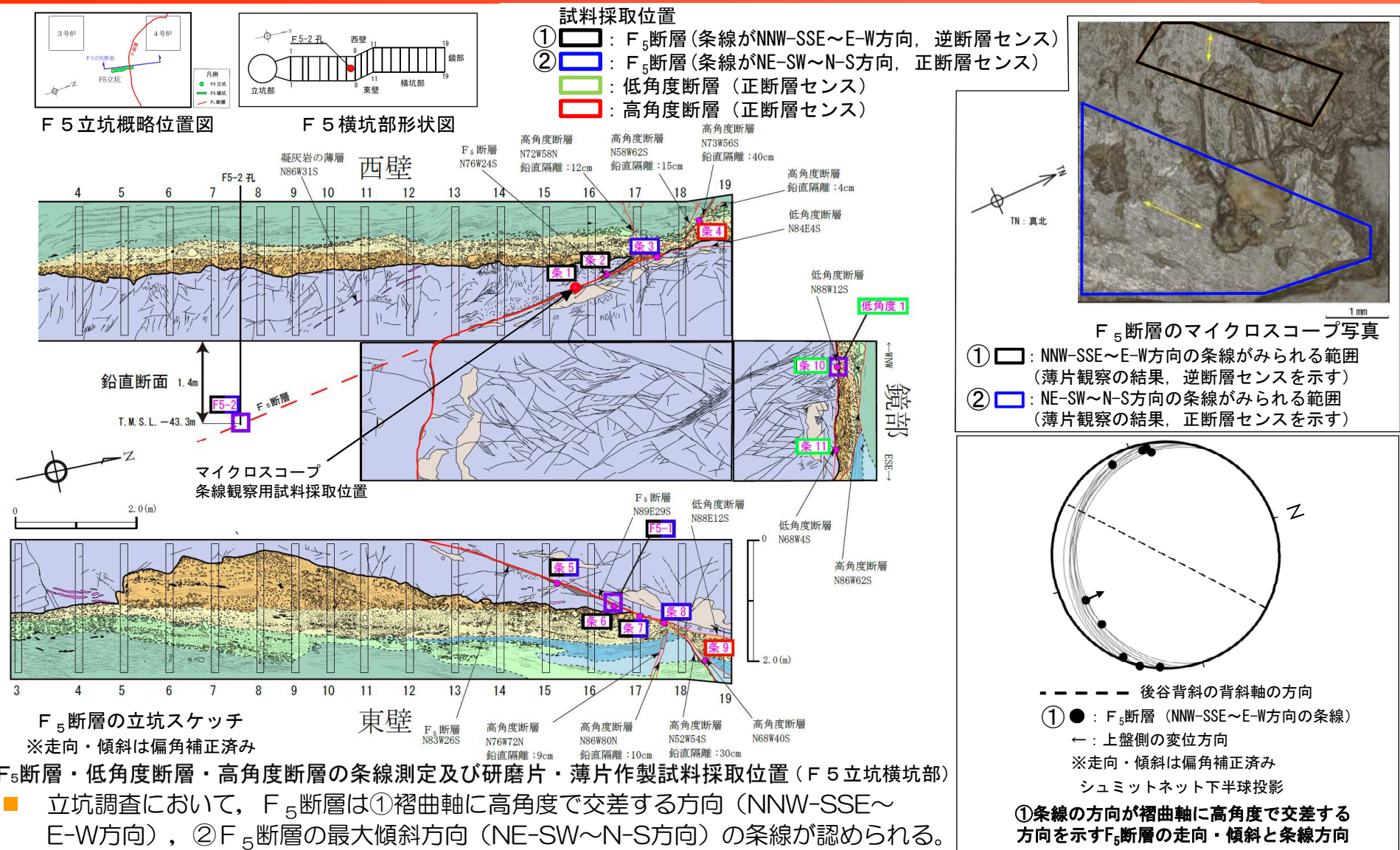
F₅立坑断面図



F₅立坑横坑部地質展開図

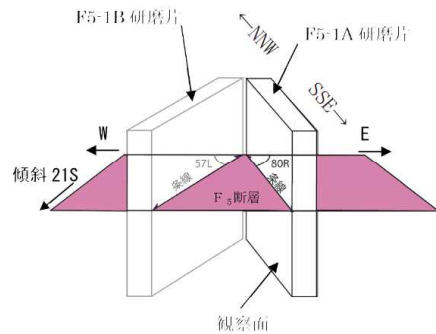
- F₅断層と古安田層との関係を直接確認するため立坑調査を実施した結果, F₅断層, 低角度断層及び高角度断層が分布する。

3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）



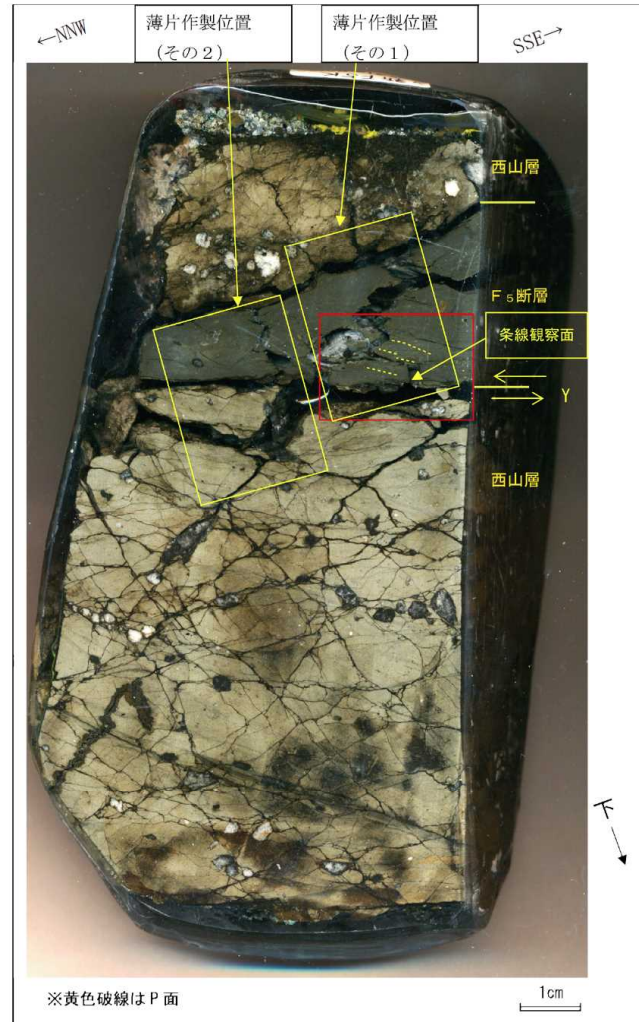
3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

（F5-1A 研磨片）

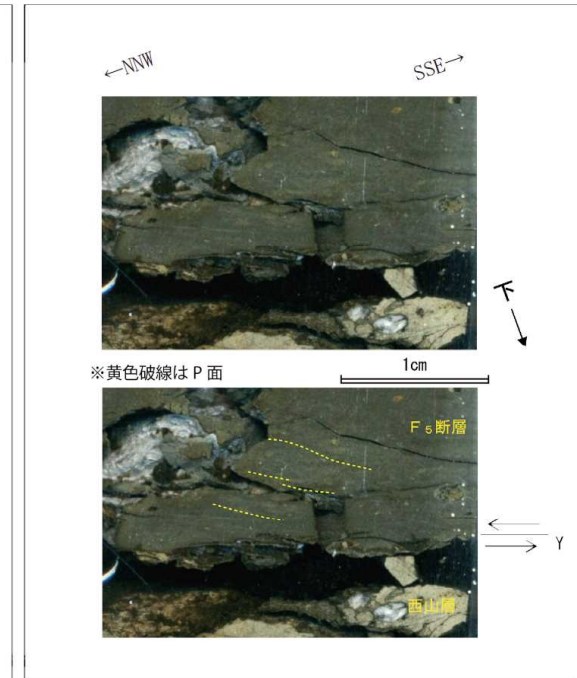


※研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。

F5-1A研磨片観察位置



F5-1A研磨片観察結果

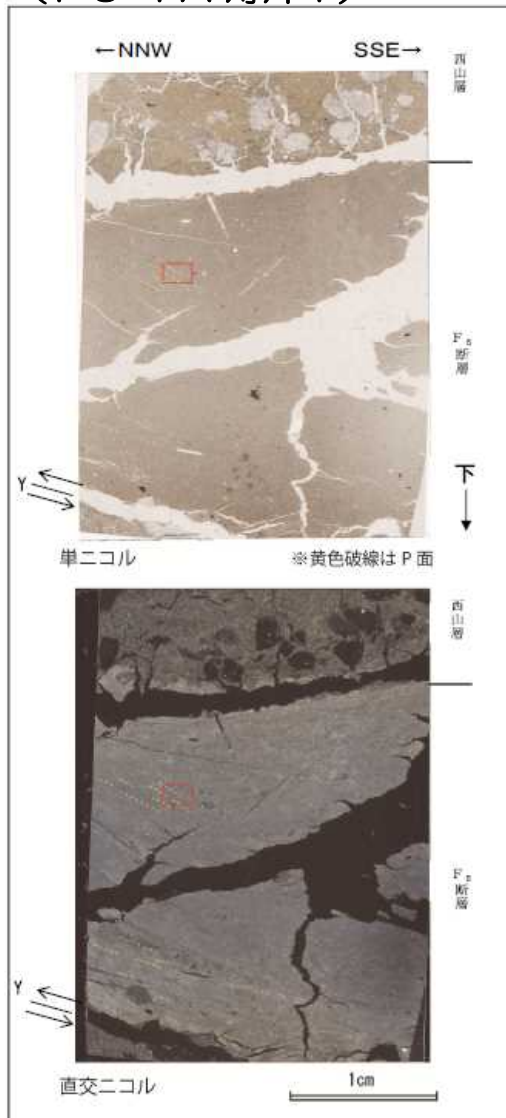


F5-1A研磨片観察結果
（赤枠内拡大）

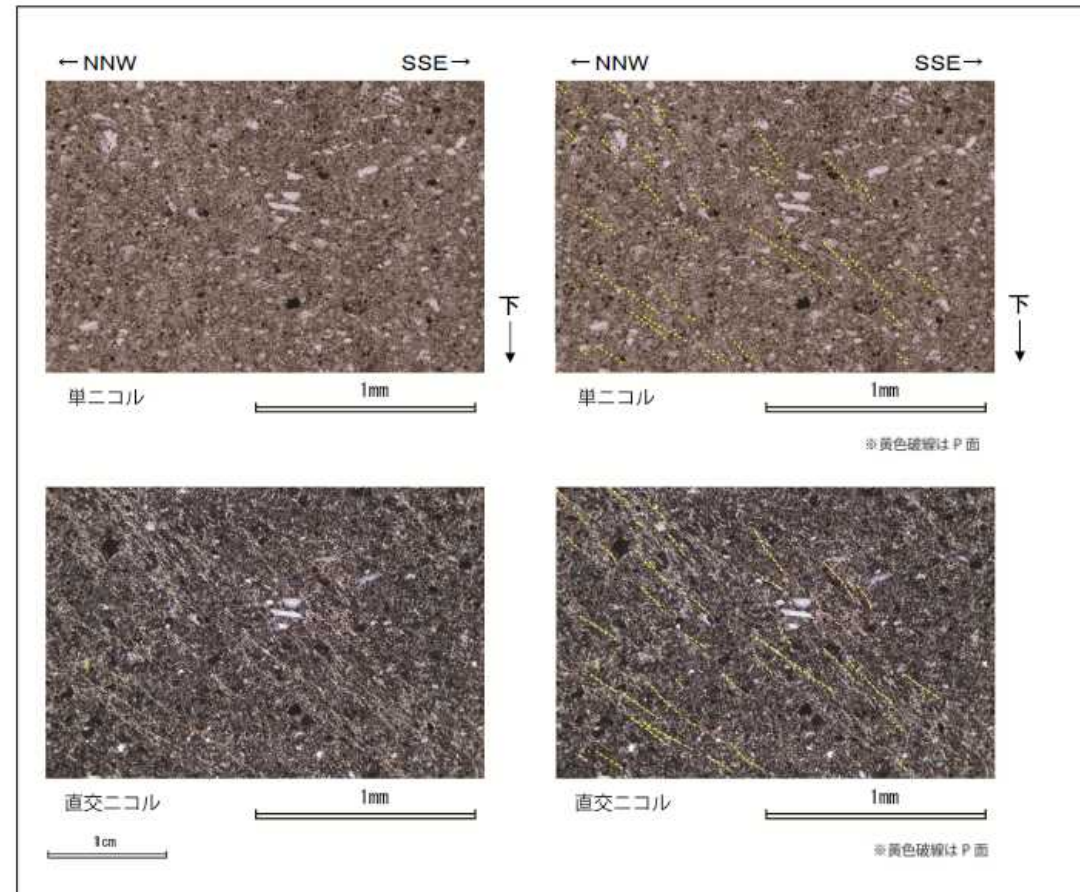
- F₅断層粘土部にはS方向下がりのP面が認められ、断層面との配置から、上盤側がN方向へ向かう逆断層変位が推定される。

3.2.5.1 F₅断層の評価 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）



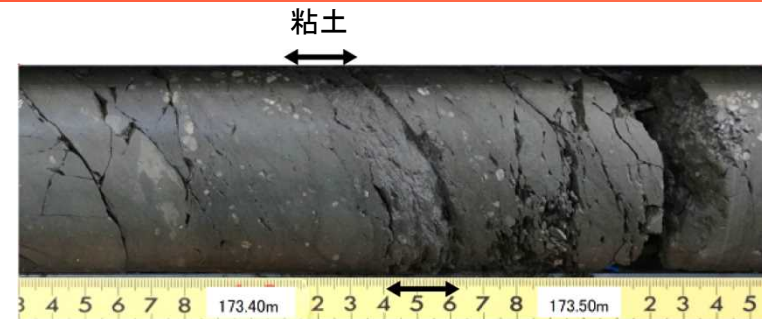
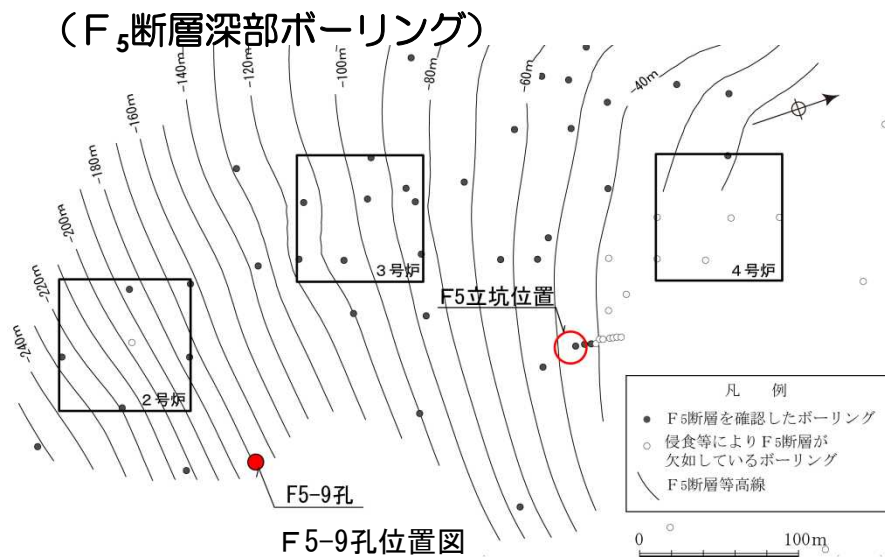
F5-1A (その1) 薄片観察結果



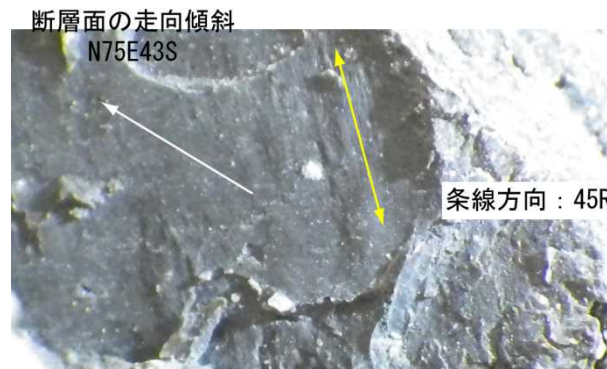
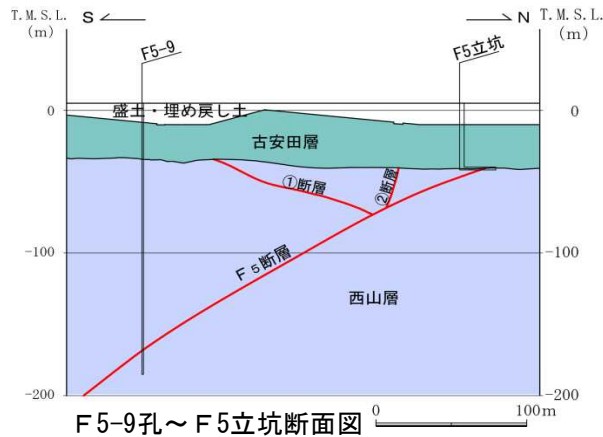
F5-1A (その1) 薄片観察結果 (赤枠内の拡大)

- F₅断層粘土部のSSE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NNW方向へ向かう逆断層変位が推定される。

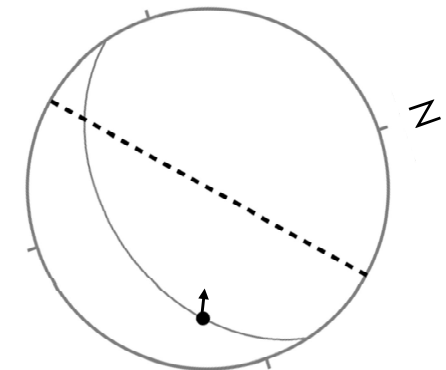
3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）



F₅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

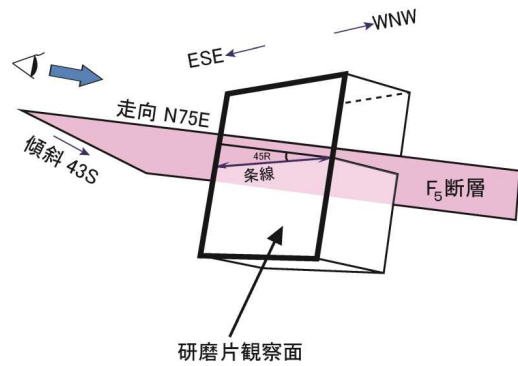


- 後谷背斜の背斜軸の方向
 - : F₅断層の条線方向
 - ← : 上盤側の変位方向
 - ※走向・傾斜は偏角補正済み
 - シュミットネット下半球投影
- 条線方向

- F₅断層は、F5-9孔の標高-168m付近に分布し、BHTV観察結果によると、断層面の走向・傾斜はN75E43Sを示す。
- 深部（標高-168m付近）のF₅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・薄片観察結果によると、その運動センスは逆断層センスを示す。

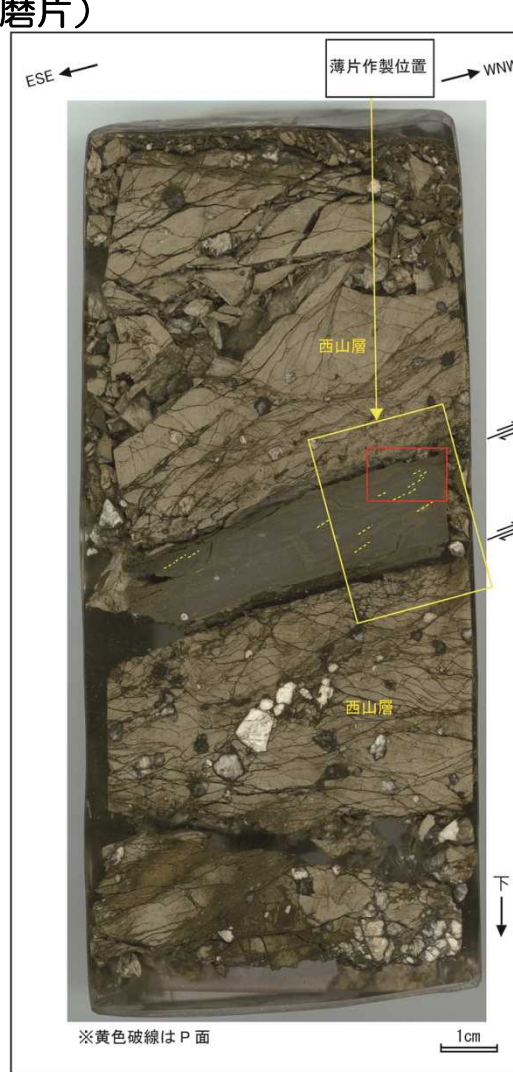
3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

（F₅断層深部ボーリング F5-9孔研磨片）

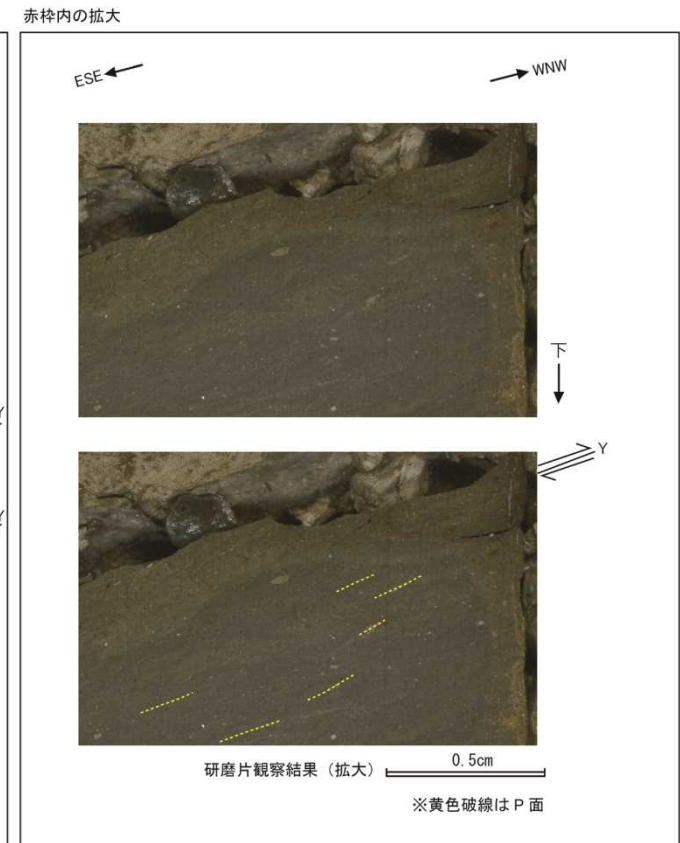


※研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。

F5-9研磨片観察位置



F5-9研磨片観察結果

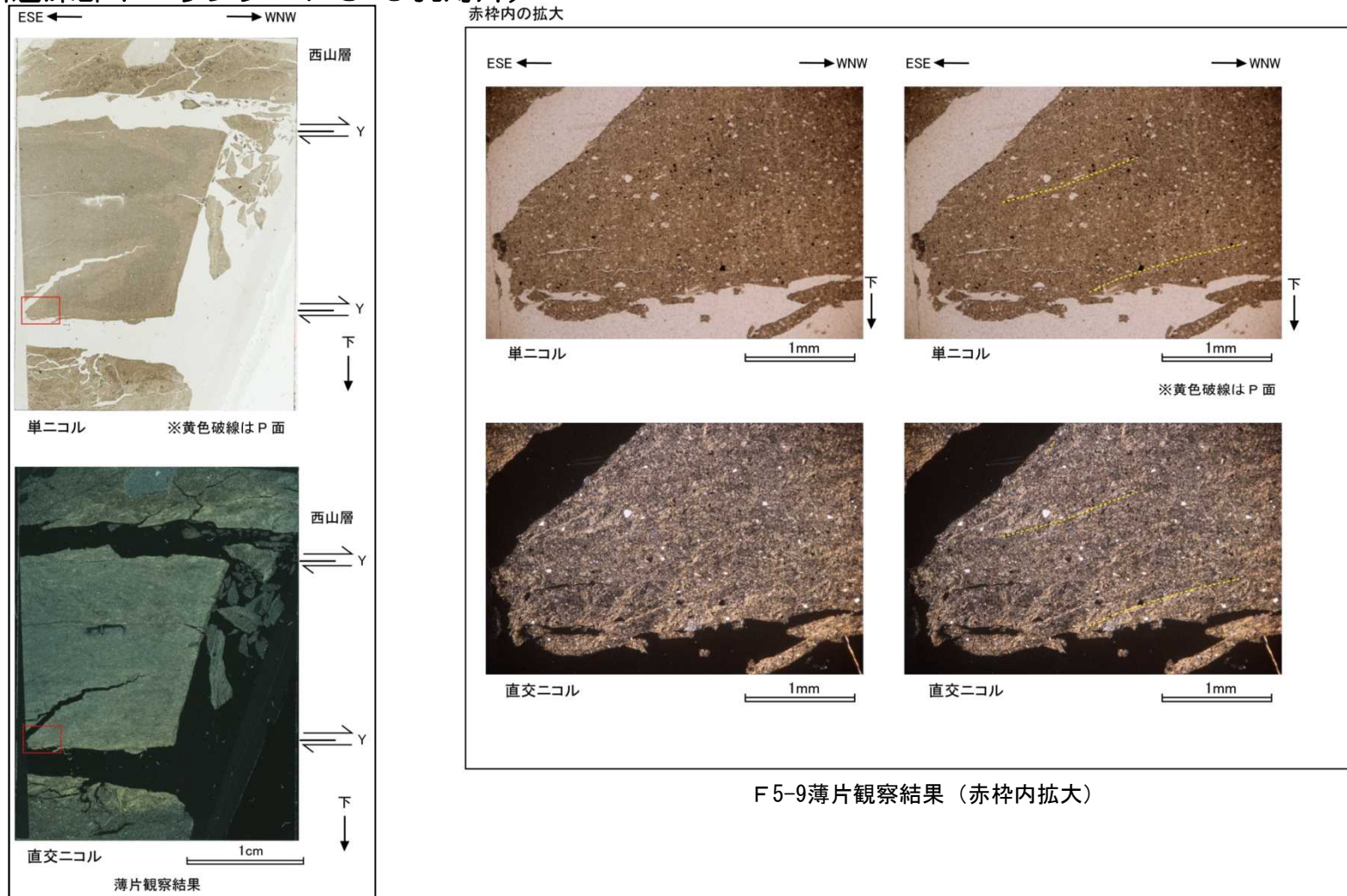


F5-9研磨片観察結果（赤枠内拡大）

- F₅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。

3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

（F₅断層深部ボーリング F5-9孔薄片）



F5-9薄片観察結果

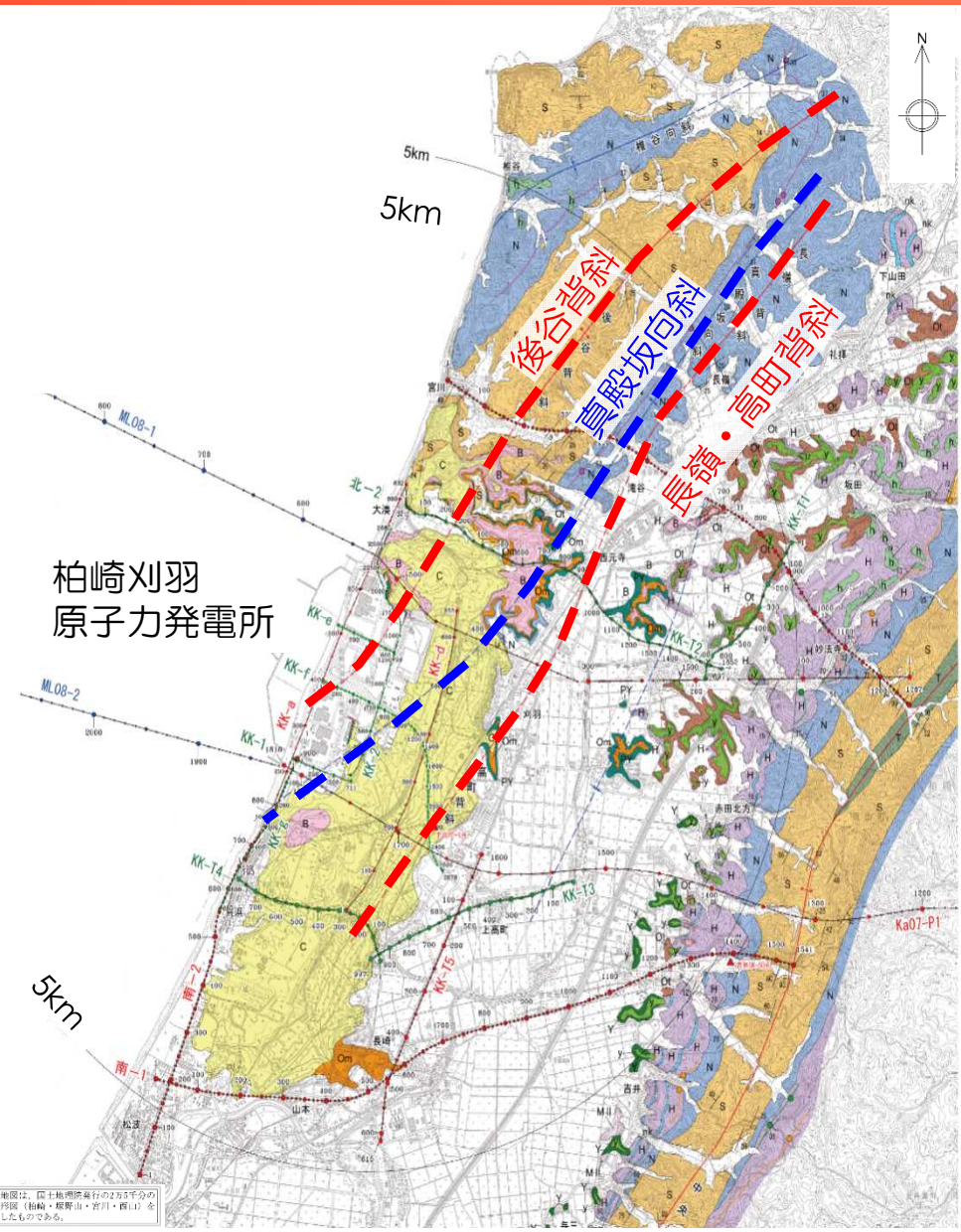
F5-9薄片観察結果（赤枠内拡大）

- F₅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。

3.2.5.1 F₅断層の評価 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）

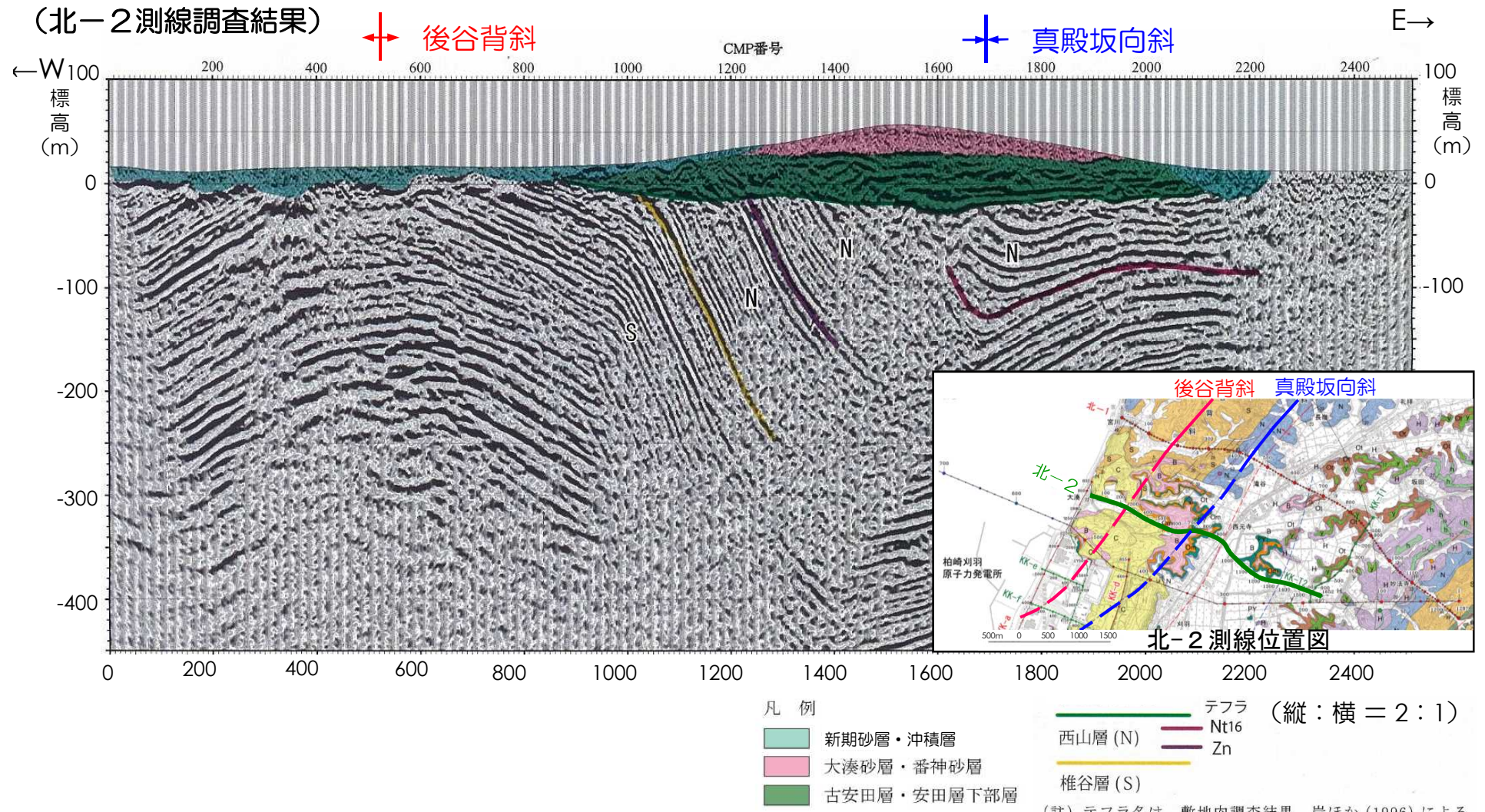
- 敷地北側の寺泊・西山丘陵南部には、NE-SW方向の後谷背斜及び長嶺背斜が分布し、両背斜間には真殿坂向斜が分布する。
- 敷地における地質調査結果によると、後谷背斜及び真殿坂向斜は敷地に連続し、後谷背斜は敷地中央部付近で、真殿坂向斜は敷地の南端部付近でそれぞれ海域に達する。



敷地近傍の地質構造図

この地図は、国土院発行の2万5千分の地形図(柏崎・塚野山・若川・西山)を使用したものである。

3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（敷地近傍・敷地内ボーリング調査）



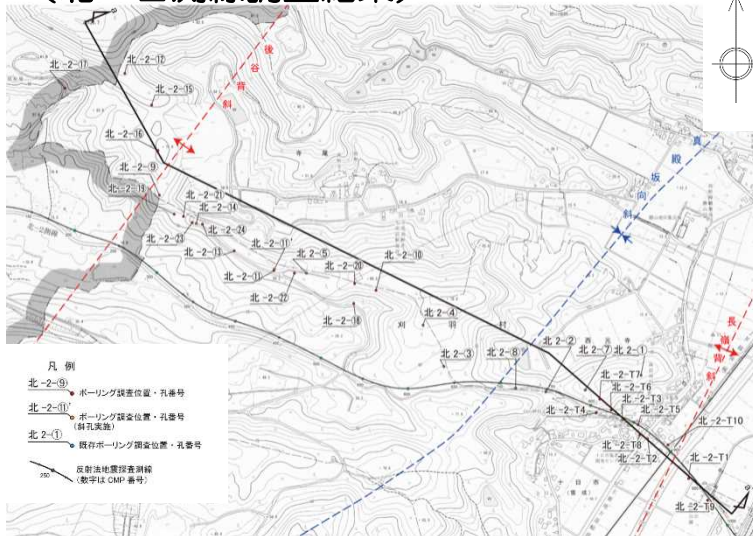
北-2 測線反射法地震探査結果

- 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、同向斜構造は古安田層及び大湊砂層等にほぼ水平に覆われている。

3.2.5.1 F₅断層の評価

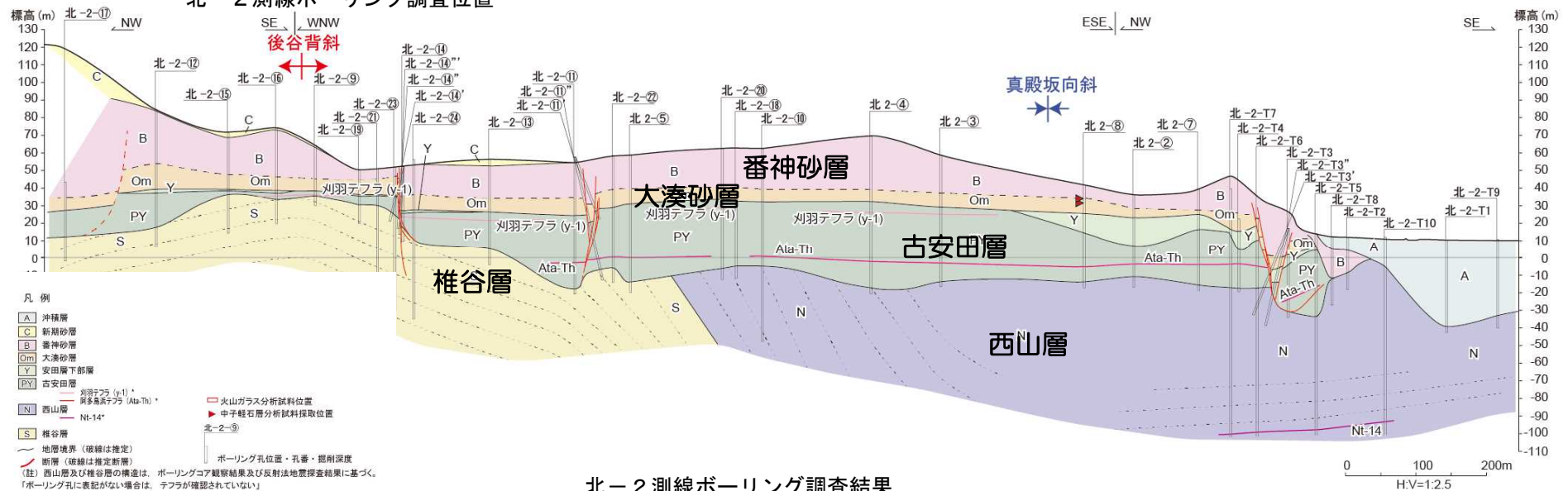
地質・地質構造（敷地近傍・敷地内ボーリング調査）

（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する群列ボーリング調査結果によると、阿多鳥浜テフラ、刈羽テフラ及びその直上に分布する腐植層はほぼ水平に分布し、古安田層以上の地層に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。

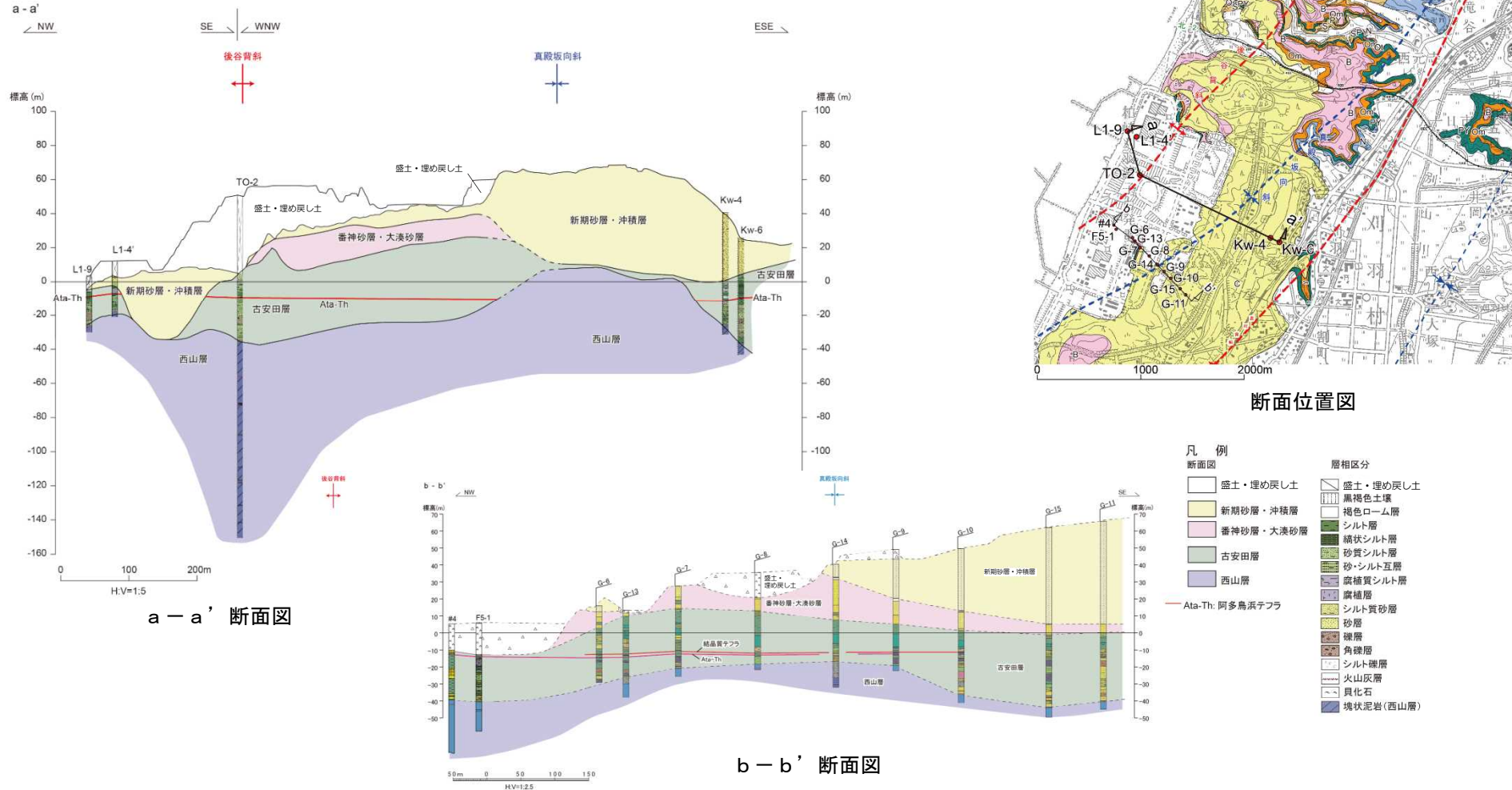
北-2 測線ボーリング調査位置



北-2 測線ボーリング調査結果

3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（敷地近傍・敷地内ボーリング調査）

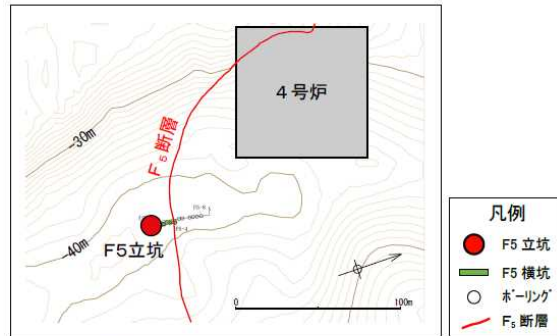
（敷地～敷地近傍調査結果）



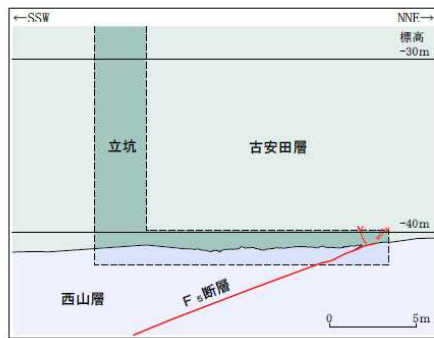
- 敷地近傍及び敷地の褶曲構造については、褶曲構造を横断して実施したボーリング調査結果によると、上載層である古安田層中に挟在する阿多鳥浜テフラ（約24万年前）等がほぼ水平に分布し、褶曲構造に調和的な構造は認められない。

3.2.5.1 F₅断層の評価 地質・地質構造（立坑調査）

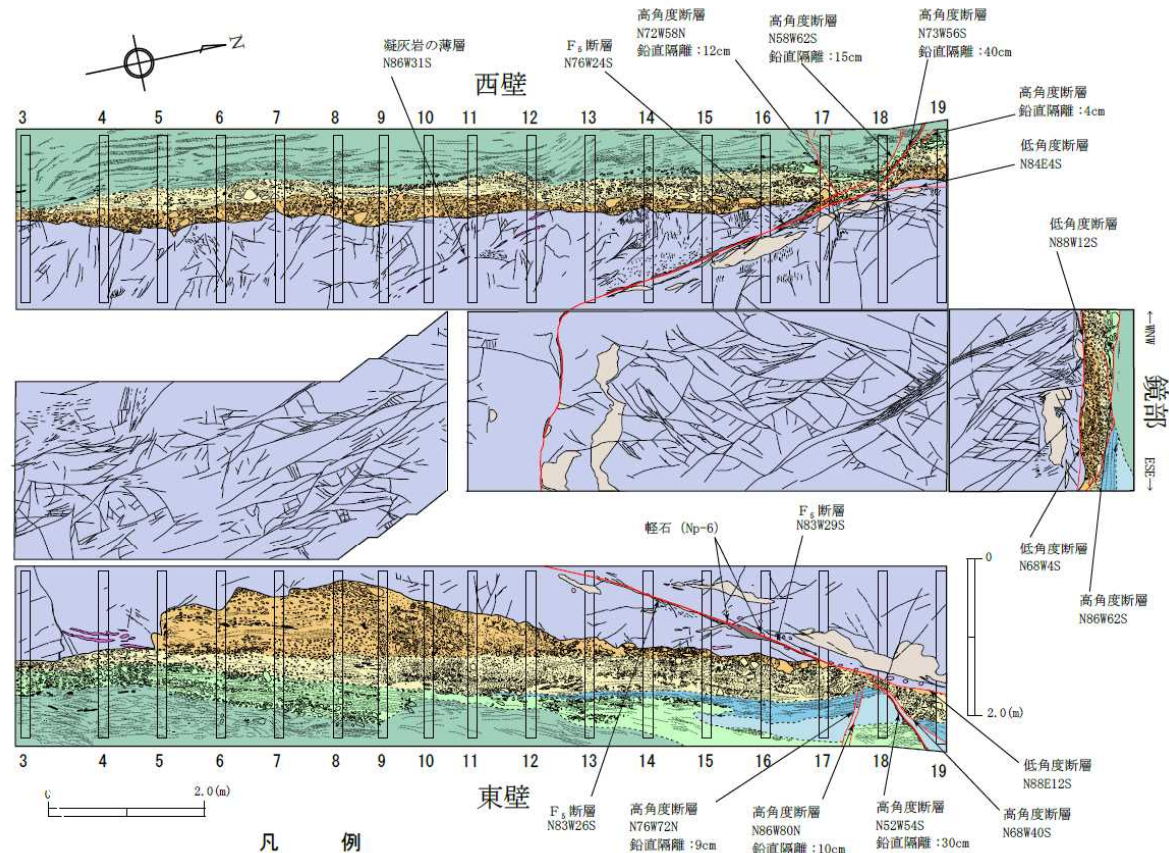
（F₅立坑調査）



荒浜側立坑調査位置図
(等高線は西山層上限面を示す)



F₅立坑断面図

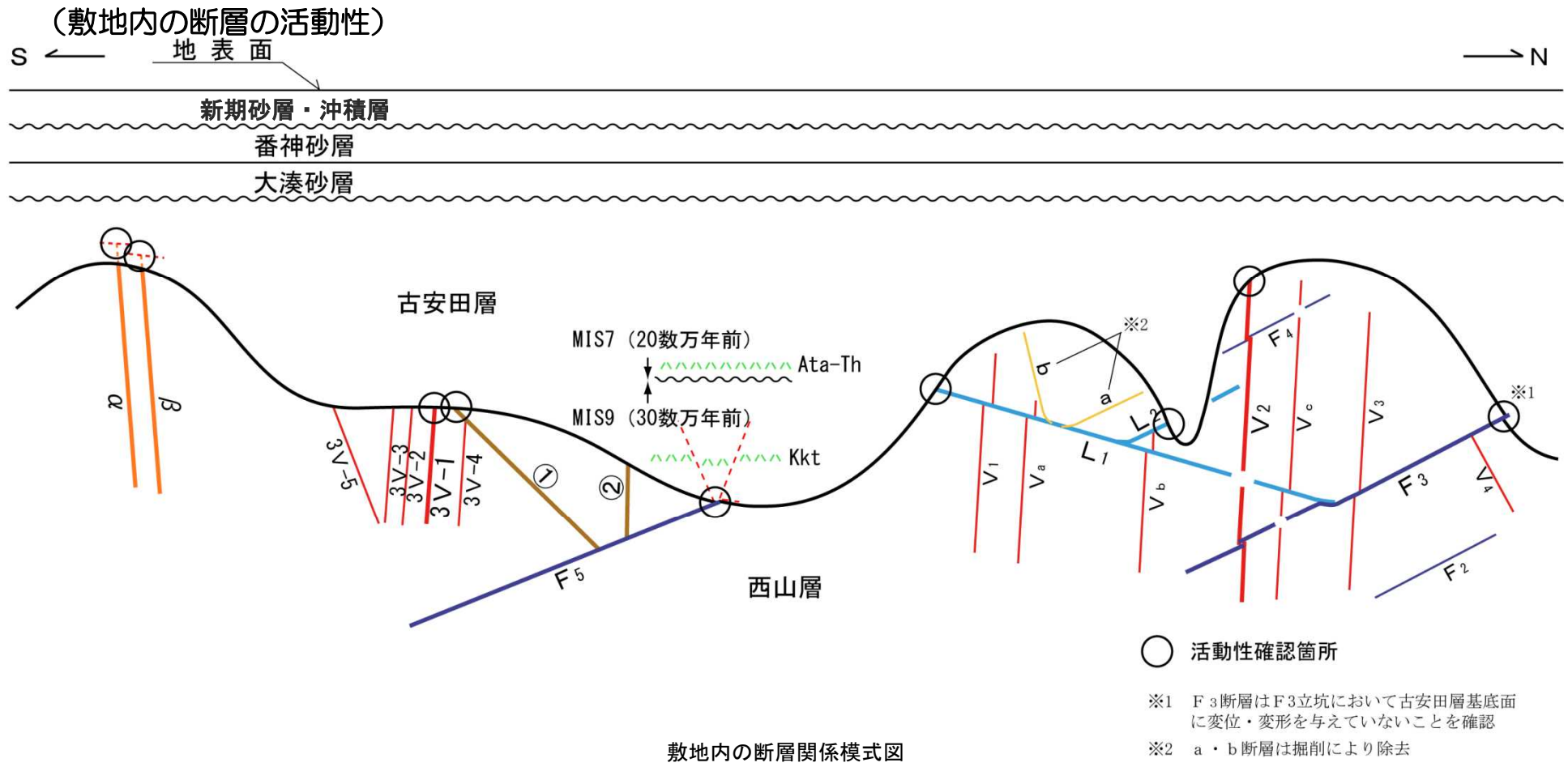


F₅立坑横坑部地質展開図

※走向・傾斜は偏角補正済み

- 立坑調査結果によると、F₅断層，高角度断層及び低角度断層が分布する。
- 壁面観察結果によると、F₅断層は古安田層に逆断層による変位・変形を与えていない。

3.2.5.1 F₅断層の評価 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分布しているが、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。

- 1. 調査内容
- 2. 敷地の地質・地質構造
- 3. 敷地の断層

3.1 大湊側

3.1.1 概要

3.1.2 L₁・L₂断層

3.1.3 V系断層

3.1.4 F系断層

3.2 荒浜側

3.2.1 概要

3.2.2 V系断層

3.2.3 α ・ β 断層

3.2.4 ①・②断層

3.2.5 F系断層

3.2.5.1 F₅断層の評価

① 地形	・・・	80
② 地質・地質構造	・・・	83
③ 応力場	・・・	101
④ 総合検討	・・・	105

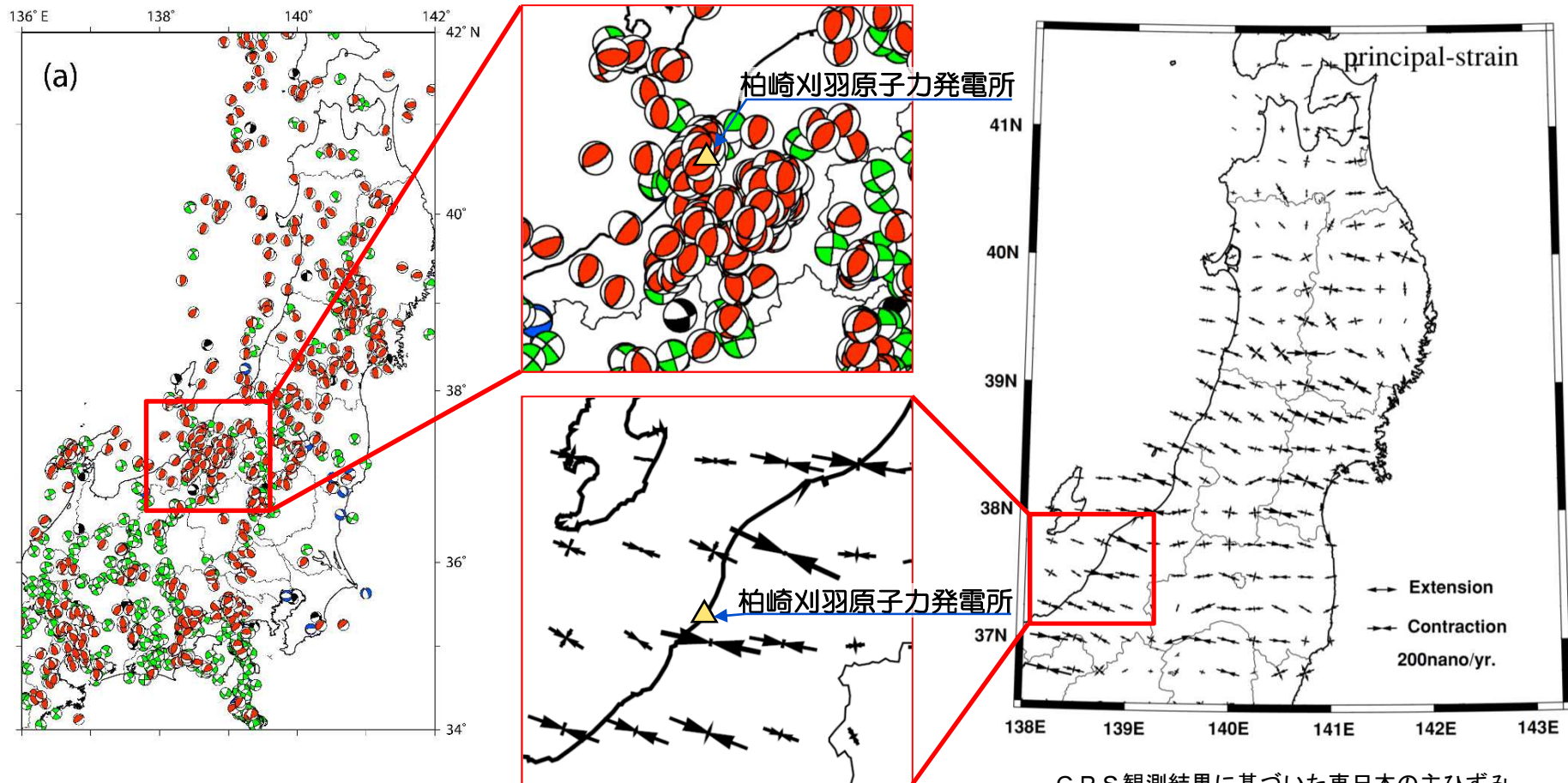
3.2.5.2 一連の正断層の評価

① 地形	・・・	107
② 地質・地質構造	・・・	110
③ 応力場	・・・	139
④ 総合検討	・・・	141

- 4. 耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造
 - 4.1 西山層支持の施設
 - 4.2 第四紀層支持の施設

3.2.5.1 F₅断層の評価 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

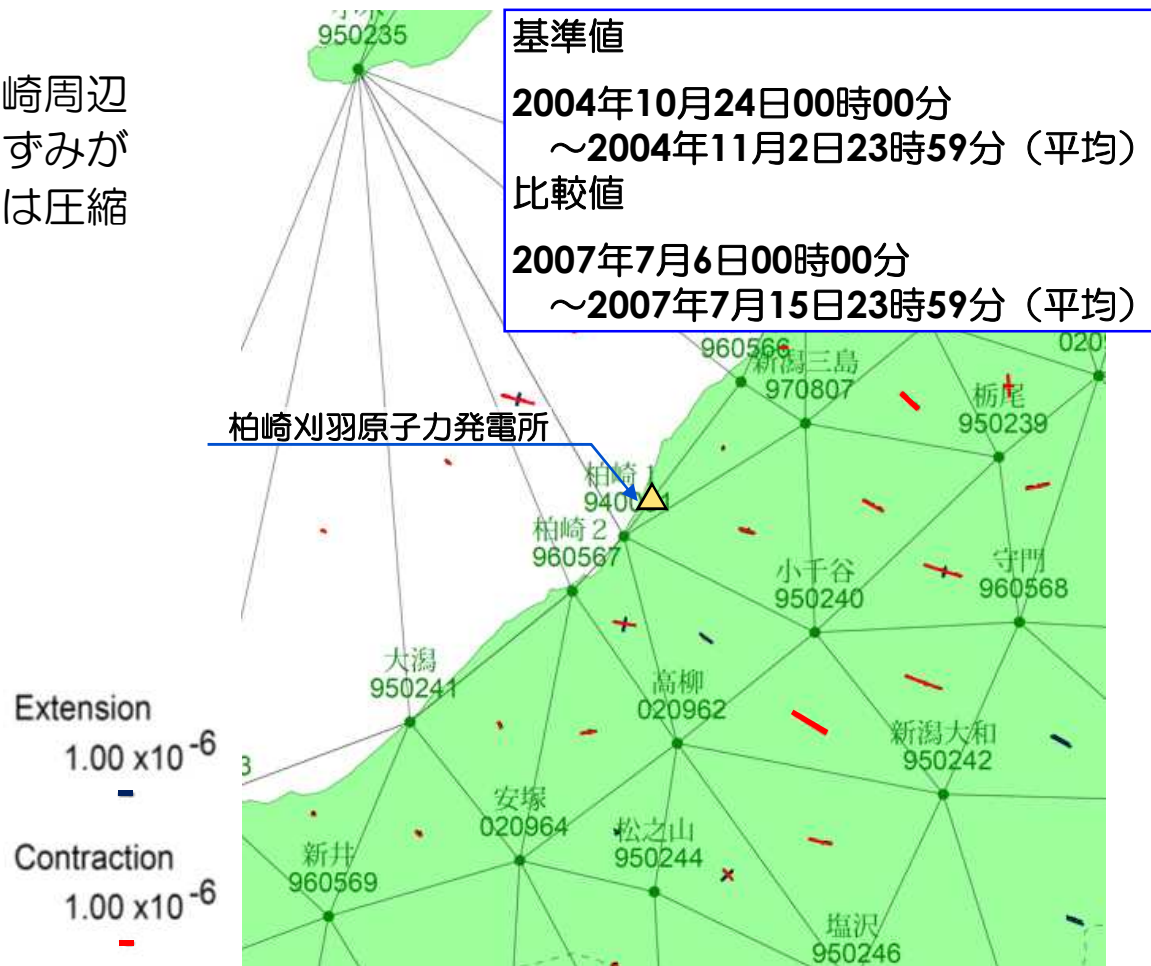
Miura et al. (2004) より抜粋

- 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。

3.2.5.1 F₅断層の評価 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。

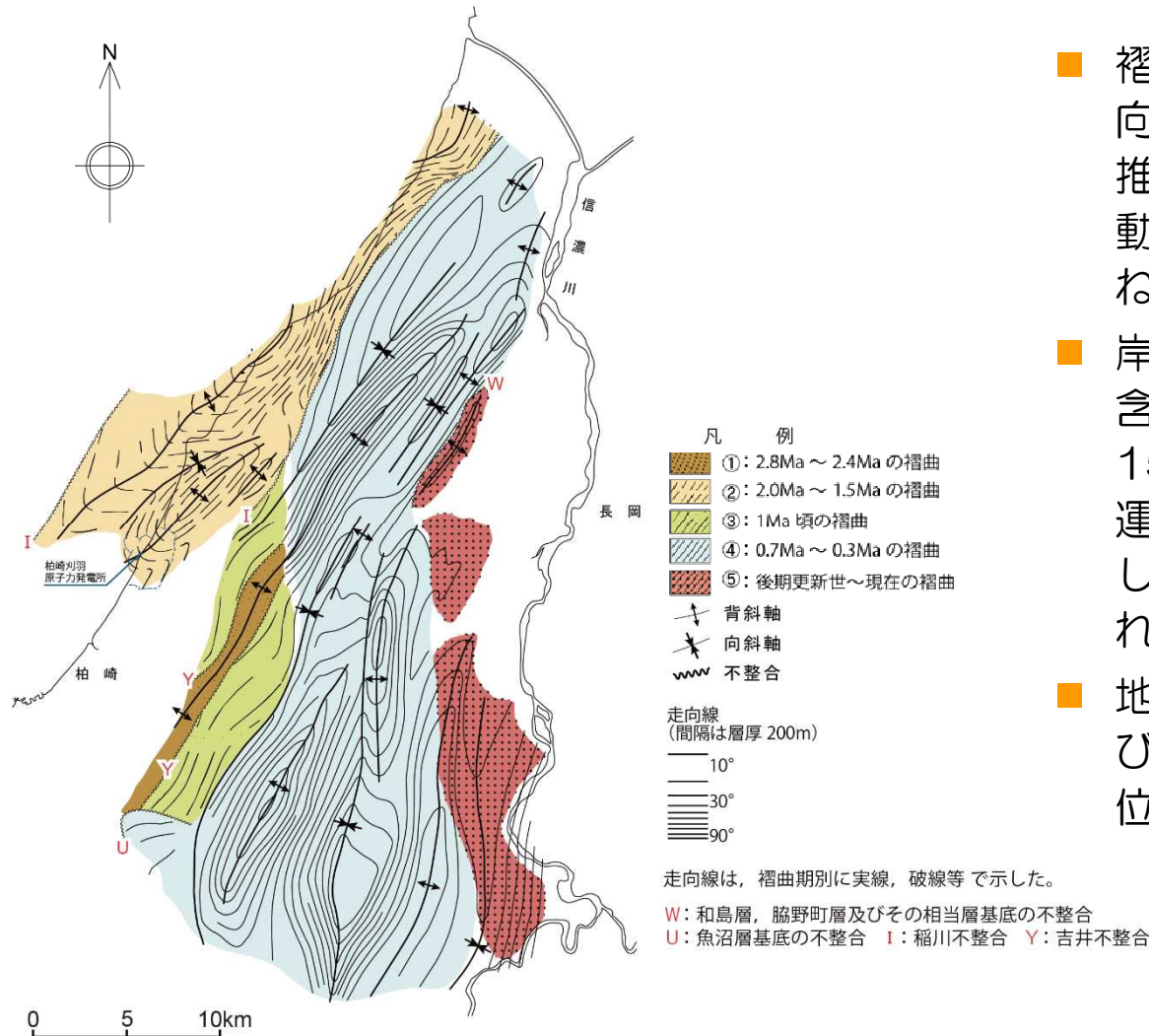


「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。（承認番号 平20業使、第226号）」

主ひずみ分布図

3.2.5.1 F₅断層の評価 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、F₅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. 調査内容
2. 敷地の地質・地質構造
3. 敷地の断層

3.1 大湊側

3.1.1 概要

3.1.2 L₁・L₂断層

3.1.3 V系断層

3.1.4 F系断層

3.2 荒浜側

3.2.1 概要

3.2.2 V系断層

3.2.3 α・β断層

3.2.4 ①・②断層

3.2.5 F系断層

4. 耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造

4.1 西山層支持の施設

4.2 第四紀層支持の施設

3.2.5.1 F₅断層の評価

①	地形	・・・	80
②	地質・地質構造	・・・	83
③	応力場	・・・	101
④	総合検討	・・・	105

3.2.5.2 一連の正断層の評価

①	地形	・・・	107
②	地質・地質構造	・・・	110
③	応力場	・・・	139
④	総合検討	・・・	141

3.2.5.1 F₅断層の評価（総合検討）

【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ないことから、F₅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。
- F₅立坑壁面観察結果によると、F₅断層は古安田層に逆断層による変位・変形を与えていない。

【応力場】

- 敷地周辺は圧縮応力場にあると考えられるが、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、F₅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。

- 1. 調査内容
- 2. 敷地の地質・地質構造
- 3. 敷地の断層

3.1 大湊側

3.1.1 概要

3.1.2 L_1 ・ L_2 断層

3.1.3 V系断層

3.1.4 F系断層

3.2 荒浜側

3.2.1 概要

3.2.2 V系断層

3.2.3 α ・ β 断層

3.2.4 ①・②断層

3.2.5 F系断層

3.2.5.1 F_5 断層の評価

①	地形	・・・	80
②	地質・地質構造	・・・	83
③	応力場	・・・	101
④	総合検討	・・・	105

3.2.5.2 一連の正断層の評価

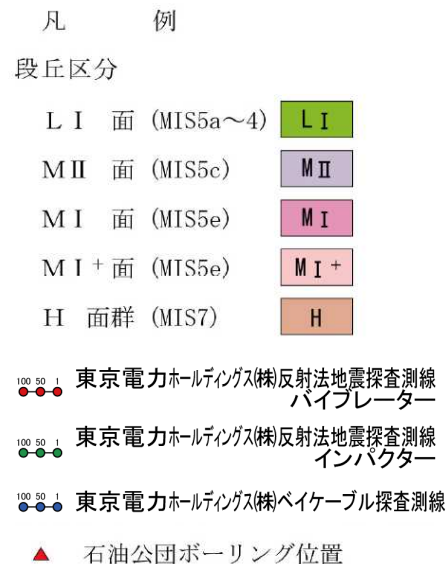
①	地形	・・・	107
②	地質・地質構造	・・・	110
③	応力場	・・・	139
④	総合検討	・・・	141

- 4. 耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造
 - 4.1 西山層支持の施設
 - 4.2 第四紀層支持の施設

3.2.5.2 一連の正断層の評価 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）

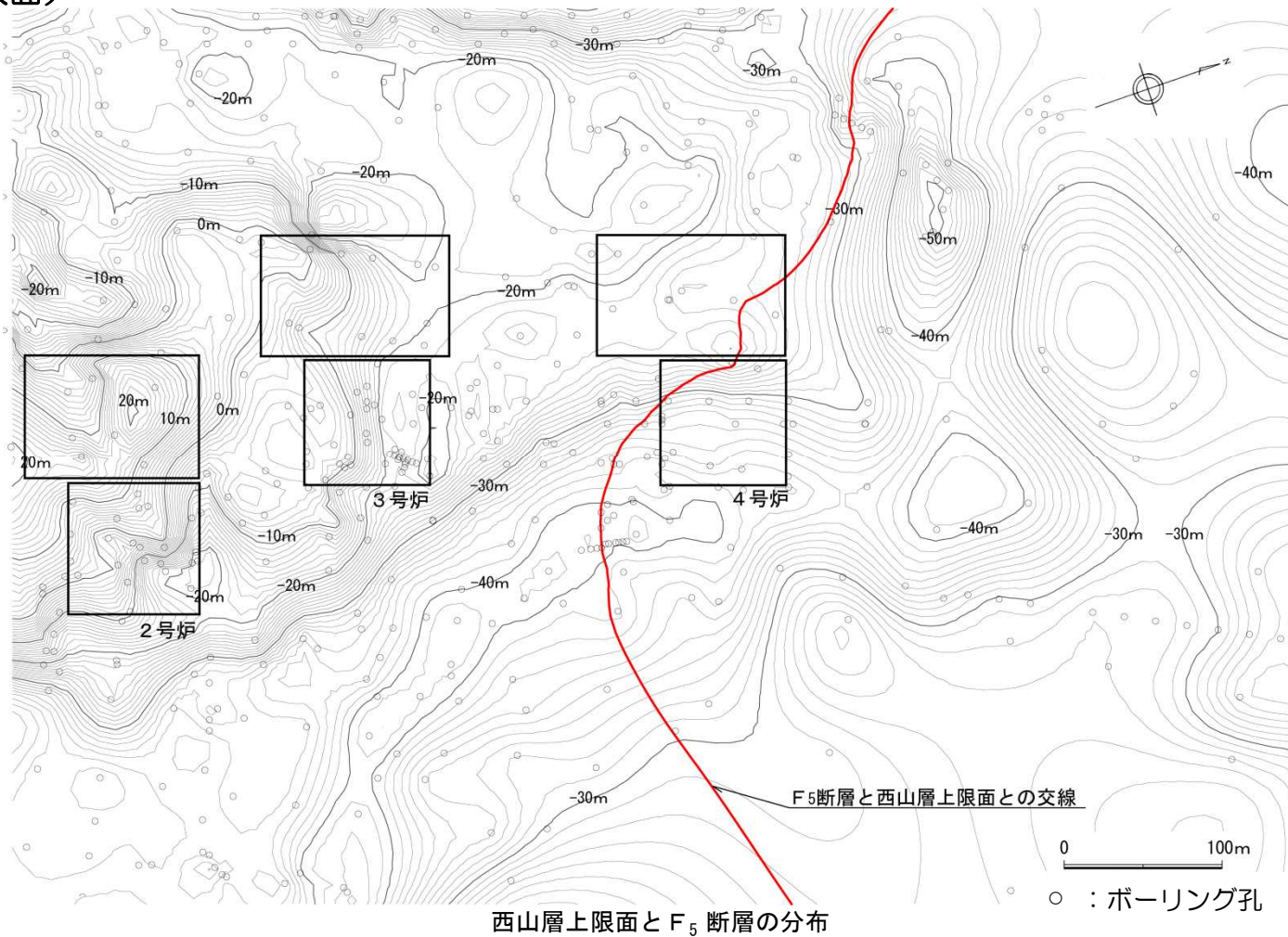
- [新編]日本の活断層（1991）や活断層デジタルマップ（2002）等いずれの文献においても、敷地及び敷地近傍にリニアメントは認められない。
- 空中写真判読の結果によると、敷地近傍の柏崎平野周辺に分布する段丘面は、段丘面の標高、分布形態、連続性、面の開析程度等により、高位からH面群、 M_I^+ 面、 M_I 面、 M_{II} 面及び L_I 面に区分される。
- 最も広く分布する段丘面は M_I 面である。
- 敷地及び敷地近傍にリニアメントは判読されない。



敷地及び敷地近傍の変動地形図

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地形（古地形）

（西山層上限面）



（荒浜側防潮堤付近のボーリング調査を反映）

- 西山層上限面は、F₅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、F₅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. 調査内容
- 2. 敷地の地質・地質構造
- 3. 敷地の断層

3.1 大湊側

3.1.1 概要

3.1.2 L_1 ・ L_2 断層

3.1.3 V系断層

3.1.4 F系断層

3.2 荒浜側

3.2.1 概要

3.2.2 V系断層

3.2.3 α ・ β 断層

3.2.4 ①・②断層

3.2.5 F系断層

3.2.5.1 F_5 断層の評価

①	地形	・・・	80
②	地質・地質構造	・・・	83
③	応力場	・・・	101
④	総合検討	・・・	105

3.2.5.2 一連の正断層の評価

①	地形	・・・	107
②	地質・地質構造	・・・	110
③	応力場	・・・	139
④	総合検討	・・・	141

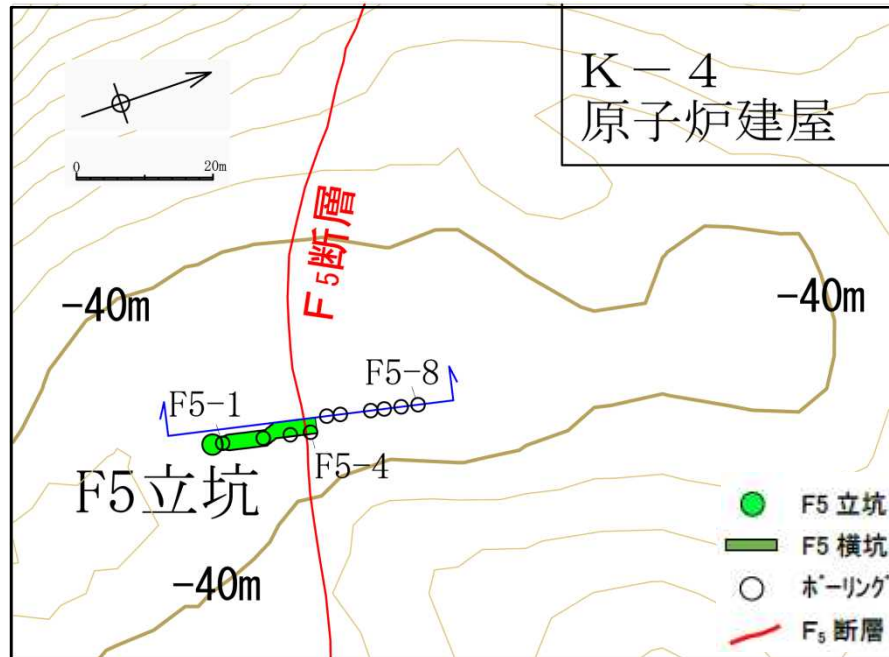
- 4. 耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造

4.1 西山層支持の施設

4.2 第四紀層支持の施設

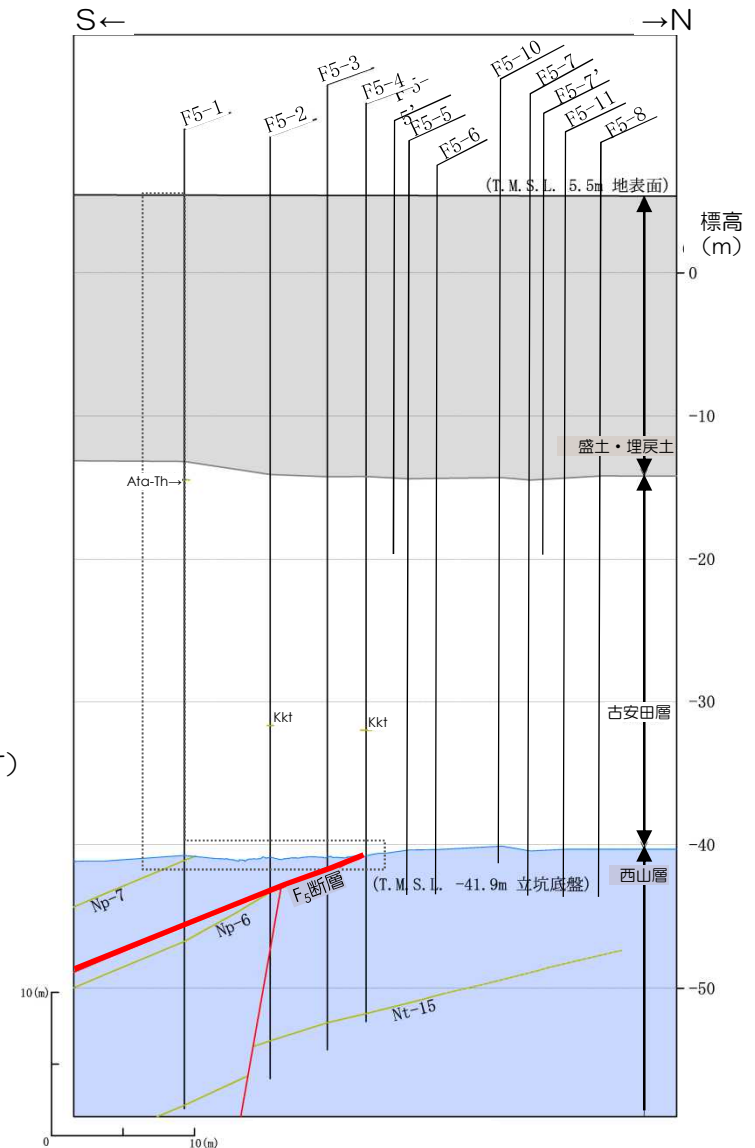
3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（F5立坑調査）

（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）

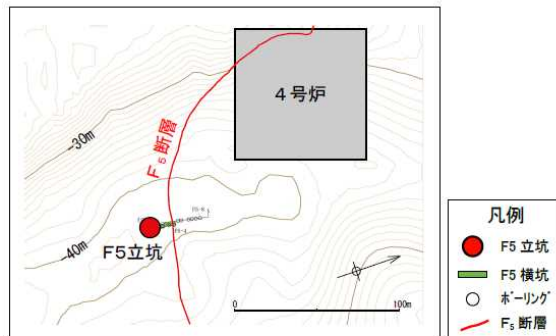
- 古安田層中の高角度断層，低角度断層及び条線がN E-SW~N-S方向を示すF₅断層の活動性を評価するため，ボーリング調査を行った。



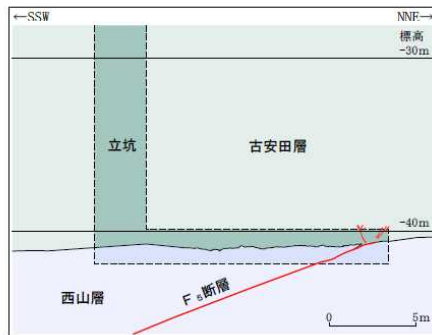
F5立坑ボーリング調査

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（F5立坑調査）

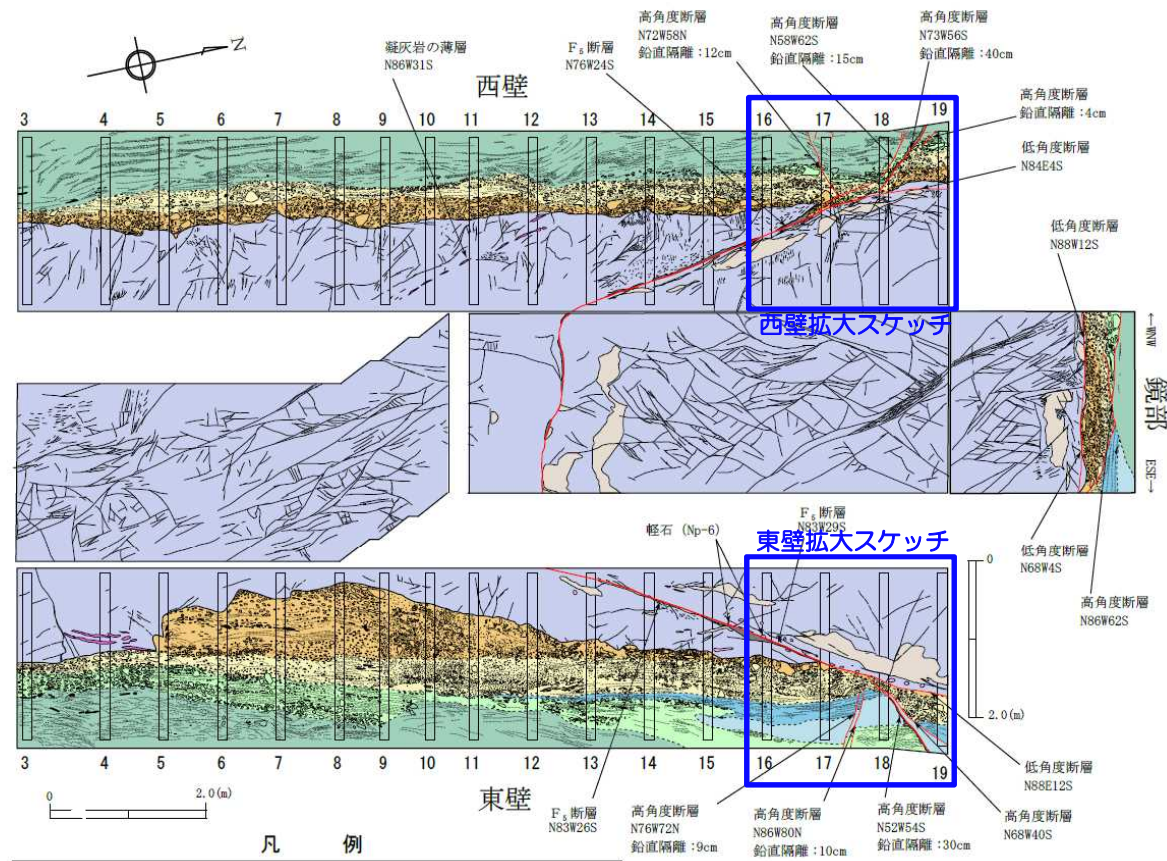
（F5立坑調査（横坑部））



荒浜側立坑調査位置図
(等高線は西山層上限面を示す)



F5立坑断面図



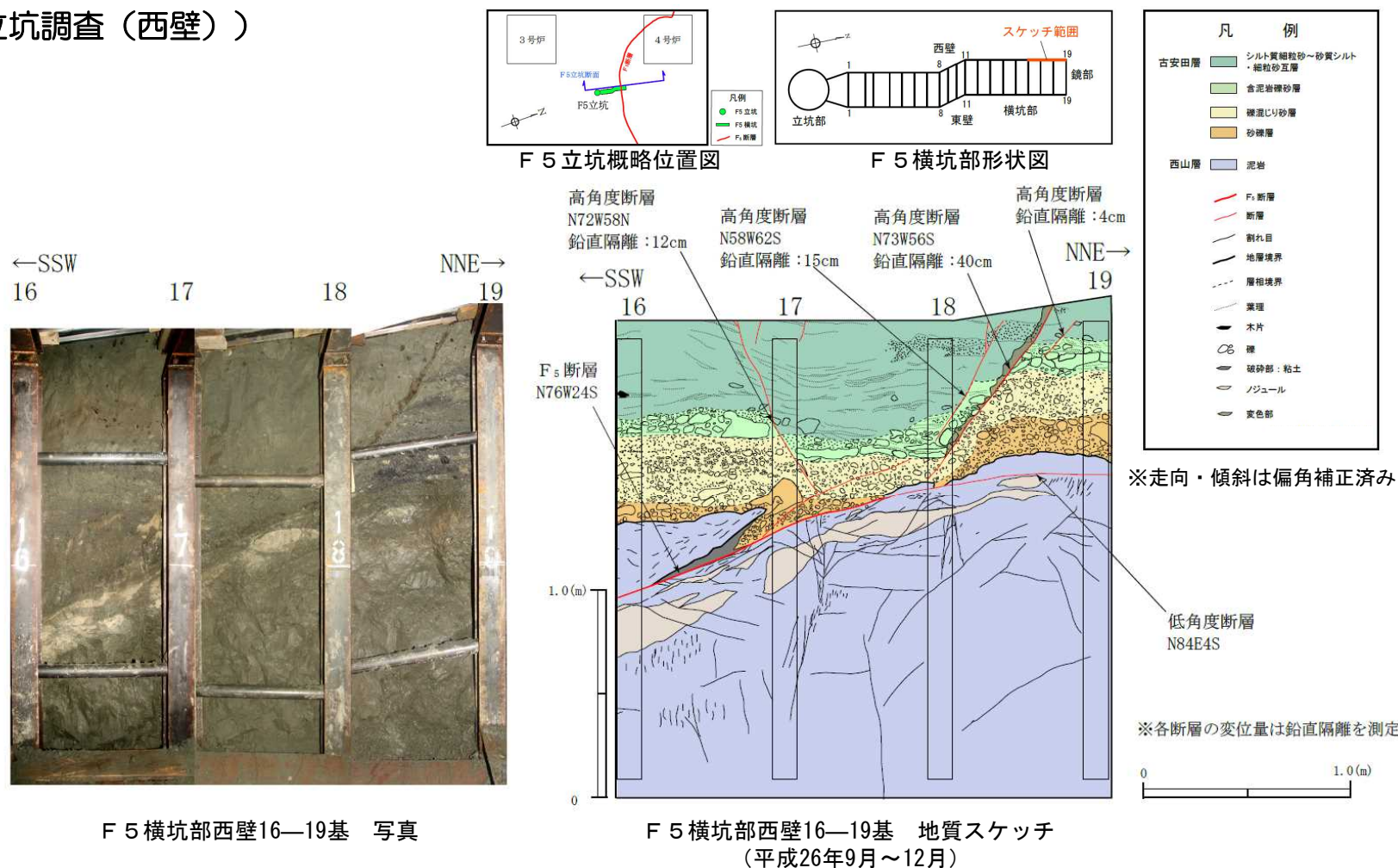
F5立坑横坑部地質展開図

※走向・傾斜は偏角補正済み

- F₅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分布している。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（F5立坑調査）

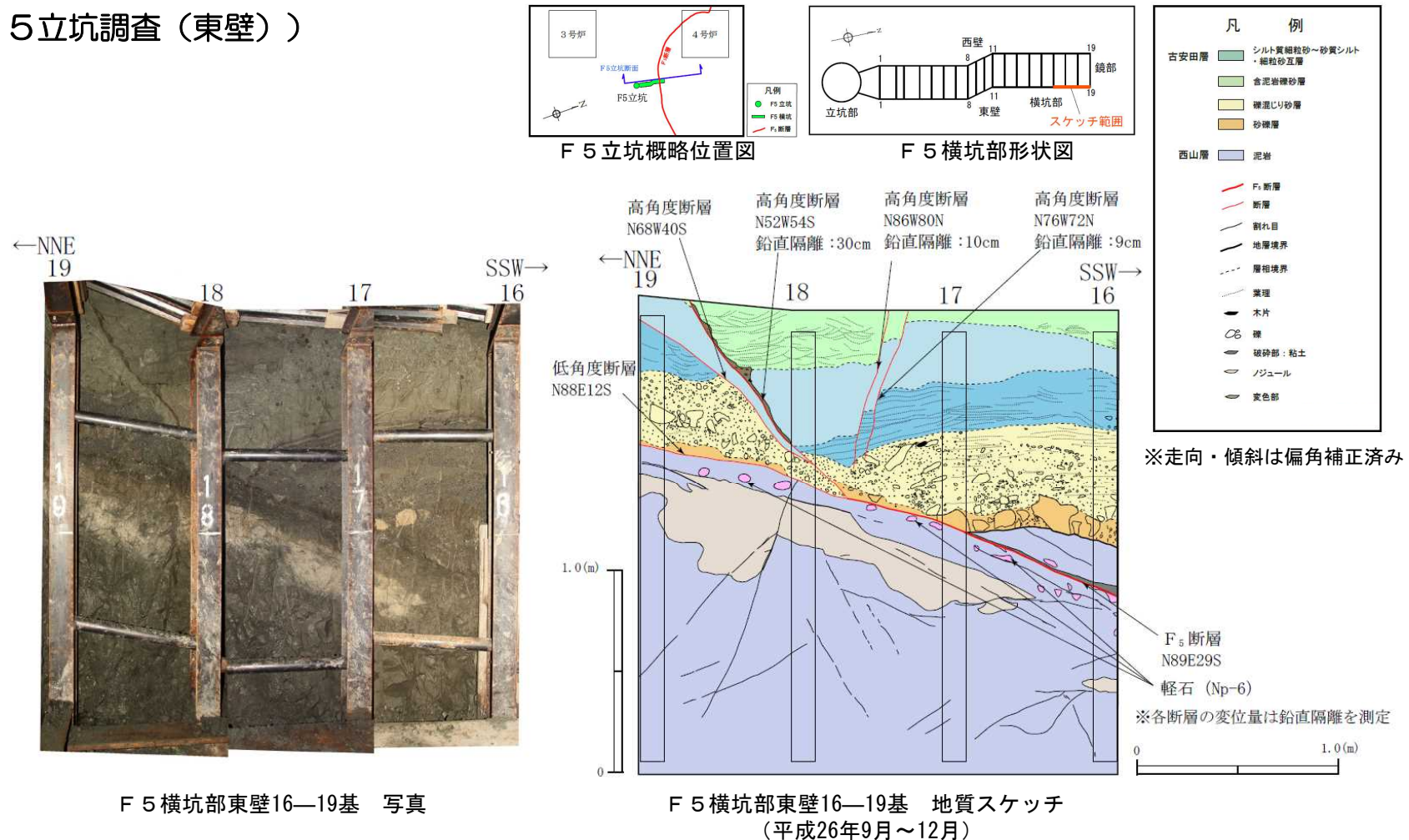
（F5立坑調査（西壁））



- 古安田層中の高角度断層は、F₅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。

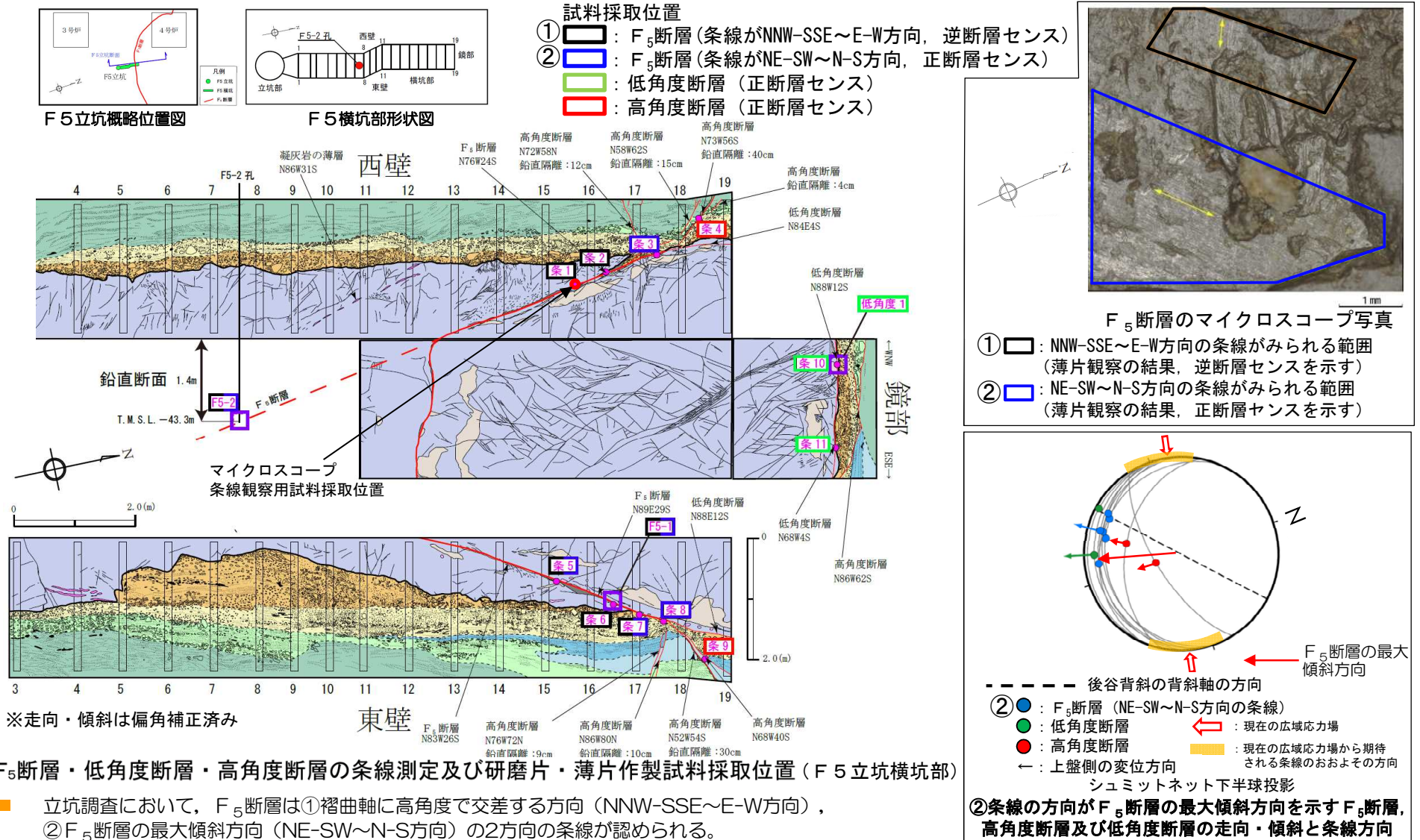
3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（F5立坑調査）

（F5立坑調査（東壁））



- 古安田層中の高角度断層は、F₅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。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）



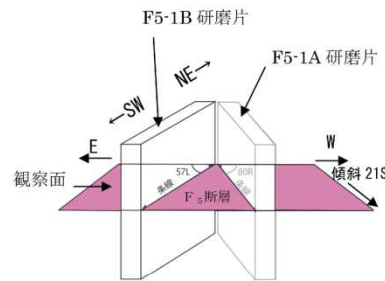
F₅断層・低角度断層・高角度断層の条線測定及び研磨片・薄片作製試料採取位置 (F₅立坑横坑部)

- 立坑調査において、F₅断層は①褶曲軸に高角度で交差する方向 (NNW-SSE~E-W方向), ②F₅断層の最大傾斜方向 (NE-SW~N-S方向) の2方向の条線が認められる。
- 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、F₅横坑部に分布する高角度断層及び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・薄片観察結果によると、これら断層 (F₅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、条線方向及び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。

3.2.5.2 一連の正断層の評価

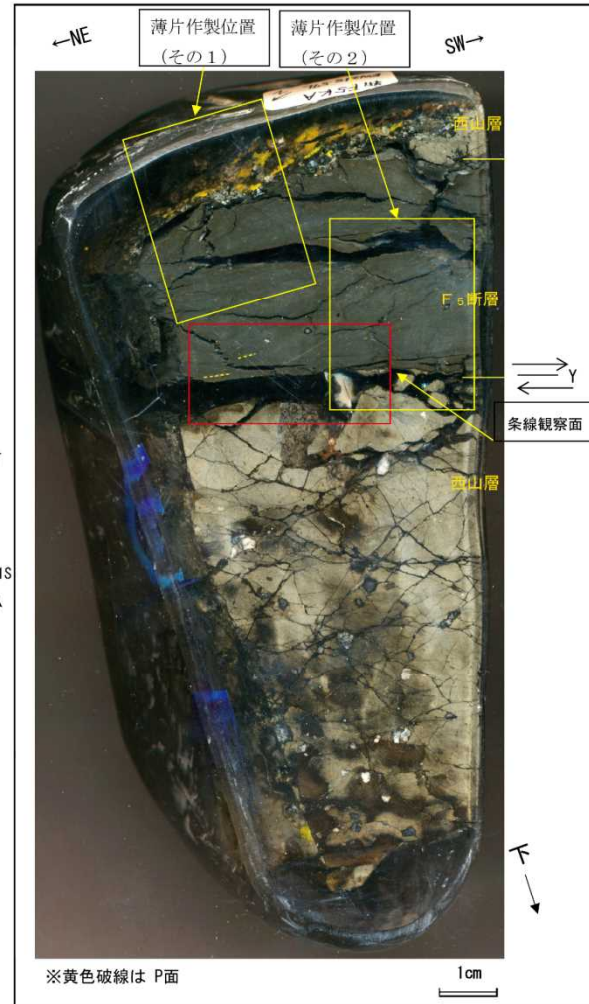
地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

（F5-1B 研磨片）

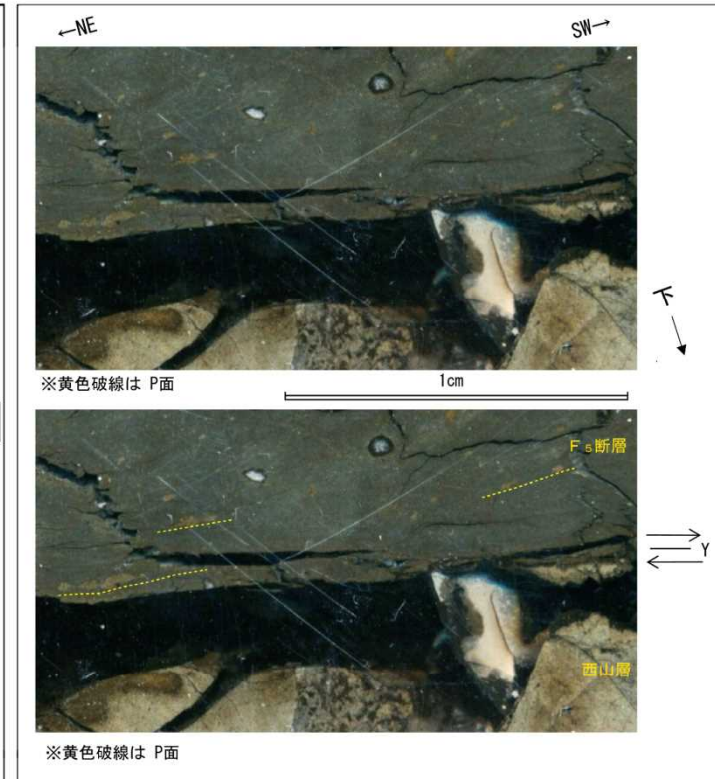


※研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。

F5-1B研磨片観察位置



F5-1B 研磨片観察結果



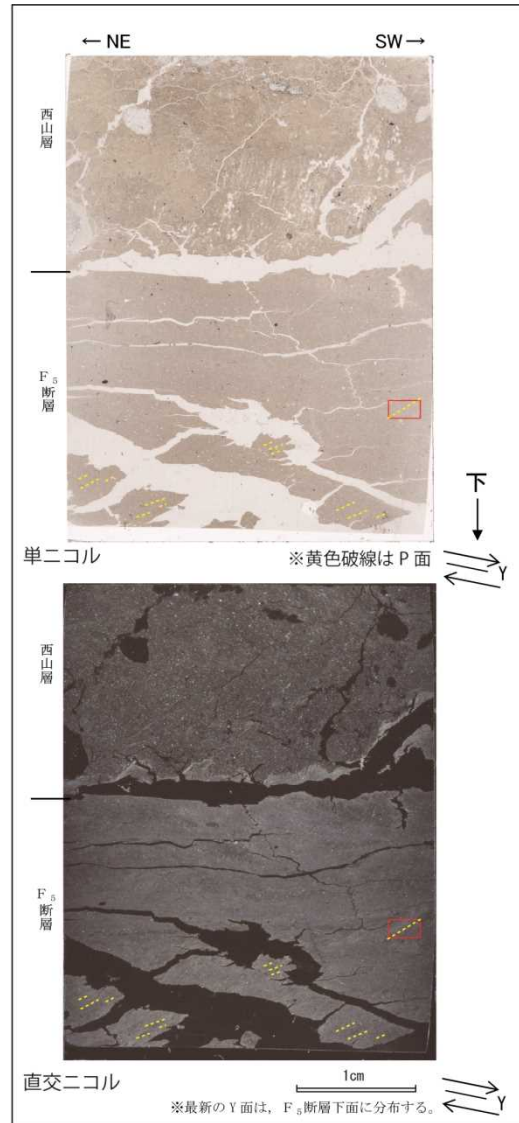
F5-1B 研磨片観察結果(赤枠内拡大)

- F₅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。

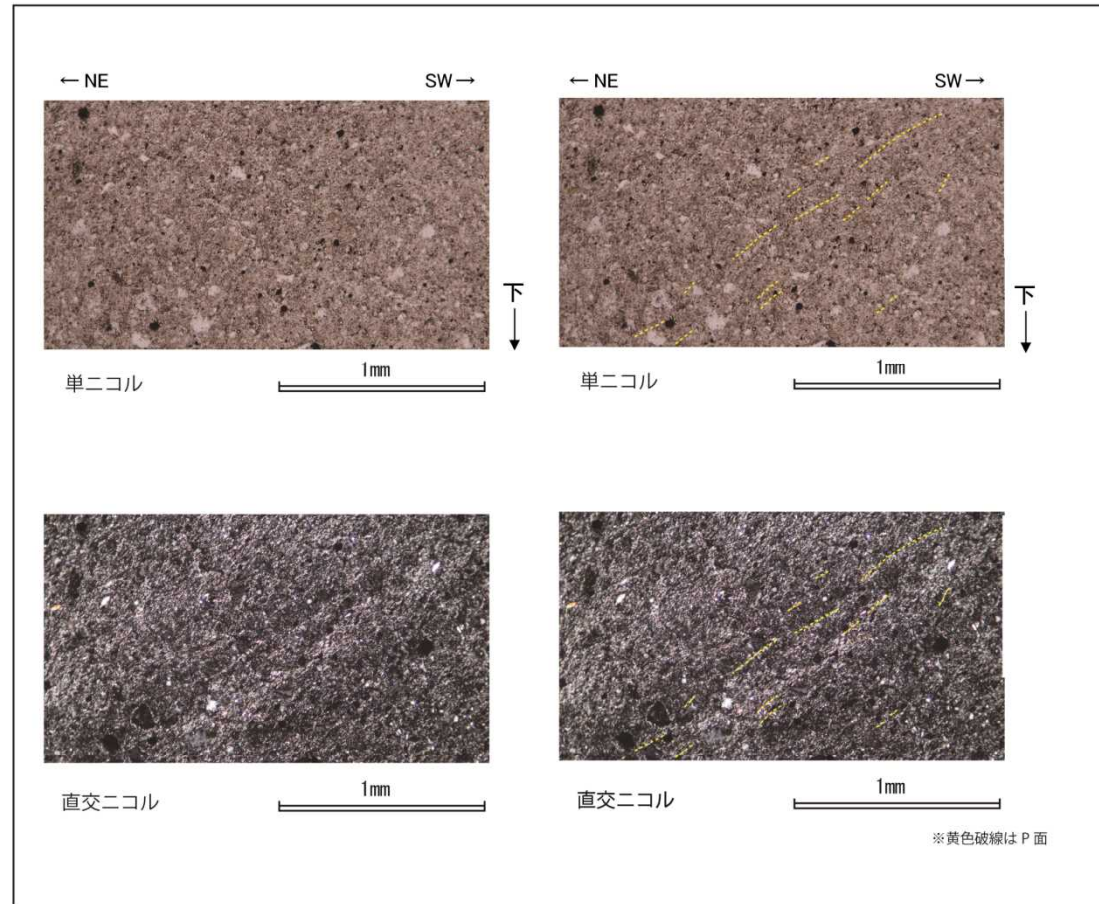
3.2.5.2 一連の正断層の評価

地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

(F5-1B 薄片 (その1))



F5-1B(その1) 薄片観察結果



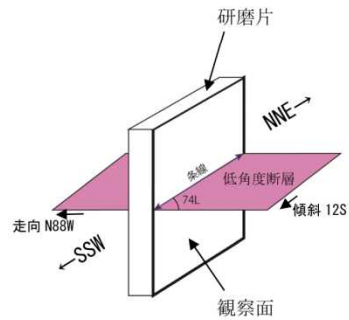
F5-1B(その1) 薄片観察結果(赤枠内の拡大)

- F₅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。

3.2.5.2 一連の正断層の評価

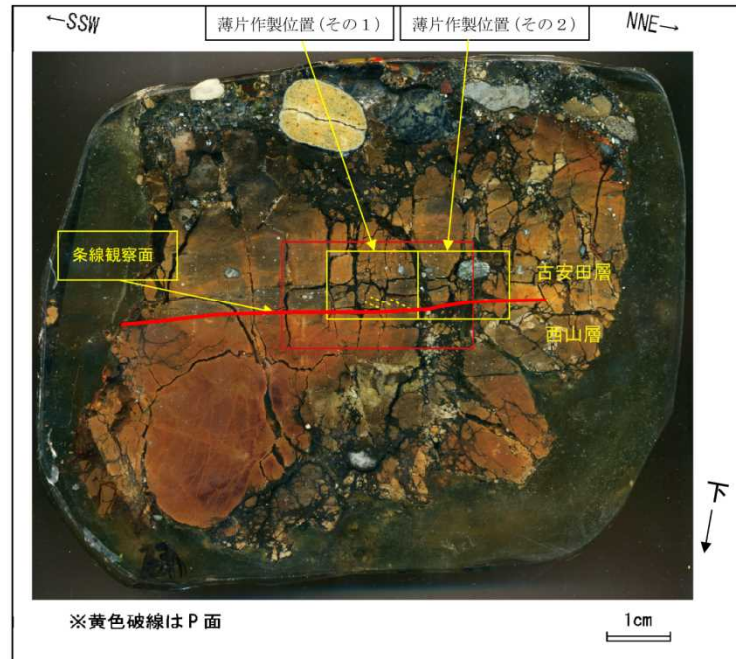
地質・地質構造（断層の条線・研磨片及び薄片観察）

（低角度1 研磨片）

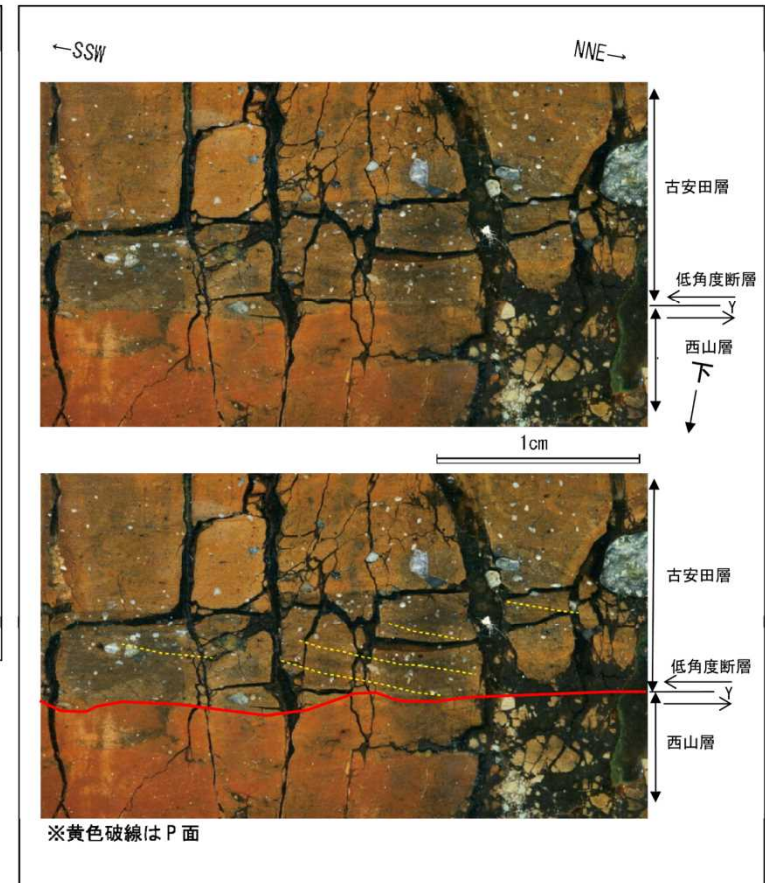


※研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。

低角度断層 1 研磨片観察位置



低角度1 研磨片観察結果



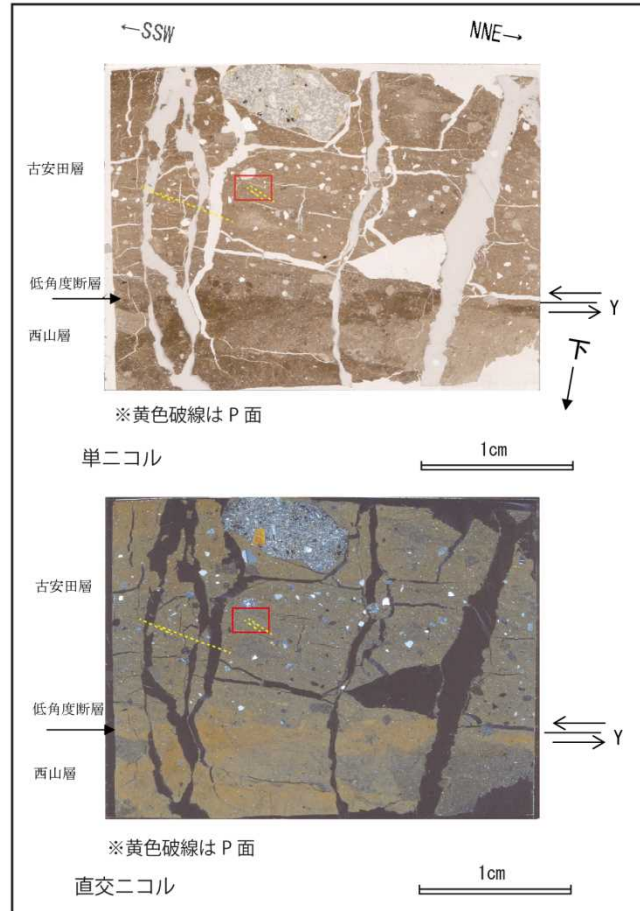
低角度1 研磨片観察結果(赤枠内拡大)

- 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。

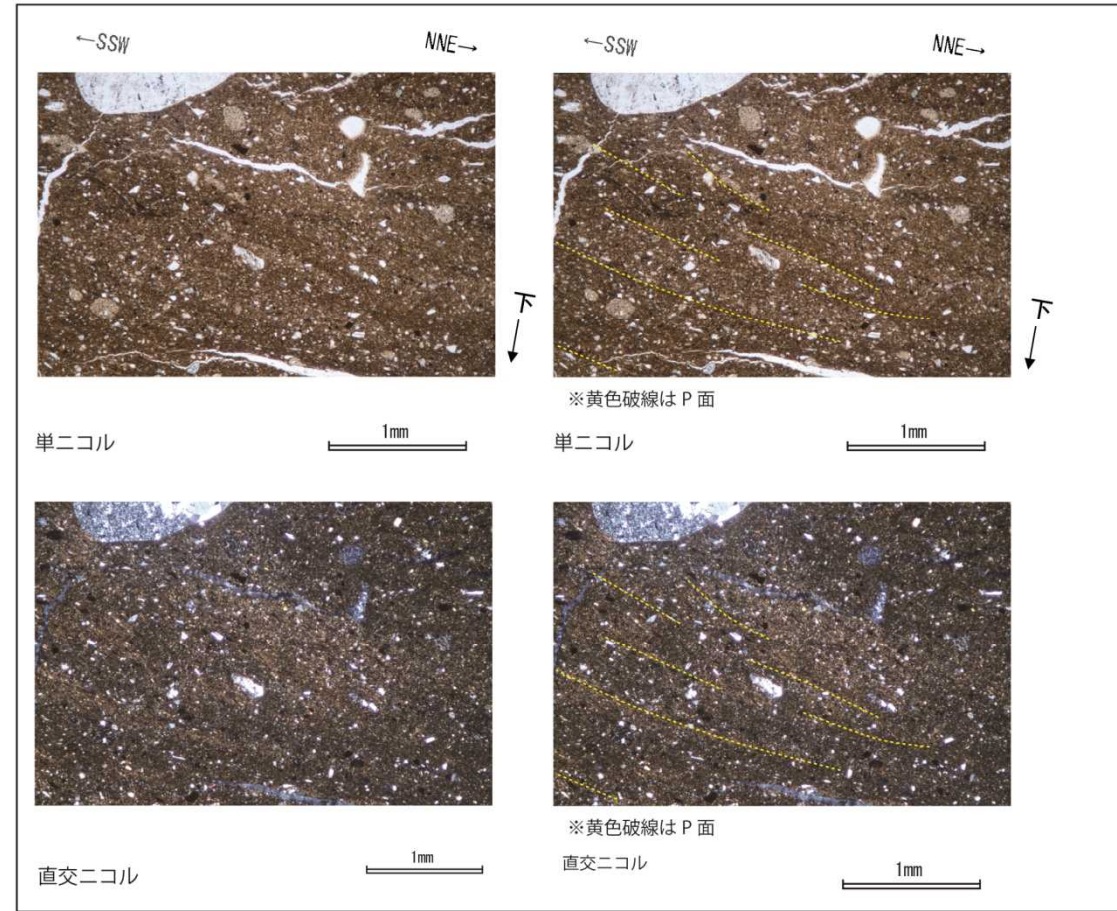
3.2.5.2 一連の正断層の評価

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（その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。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（文献調査）

（模型実験との比較）

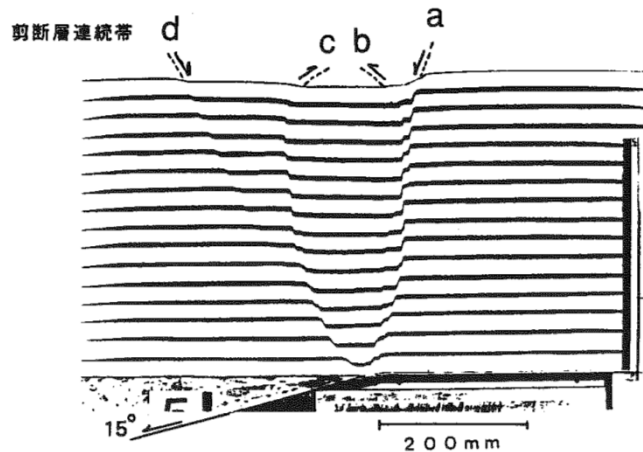
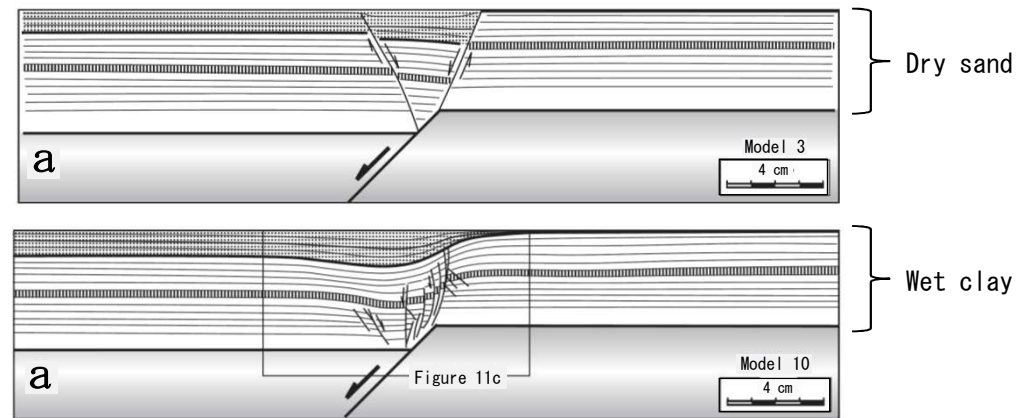


図-9 剪断層及び剪断層連続帯の形状
（正断層（ $\alpha=15^\circ$ ），鉛直変位量：5.0mm
豊浦標準砂地盤層厚：400mm）
上田ほか（1999）より抜粋



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

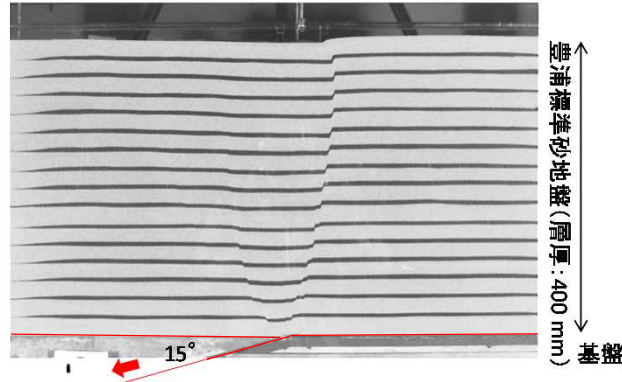
断層形態の模式図

- 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。
- 一連の正断層の形態は、上記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。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（文献調査）

（模型実験との比較）

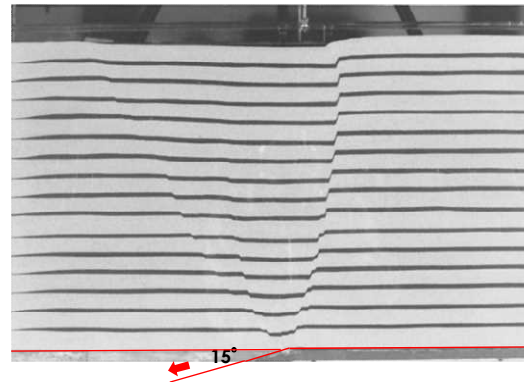
基盤の断層変位量
（鉛直変位量）: $D_v = 3 \text{ mm}$



- ・ 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。

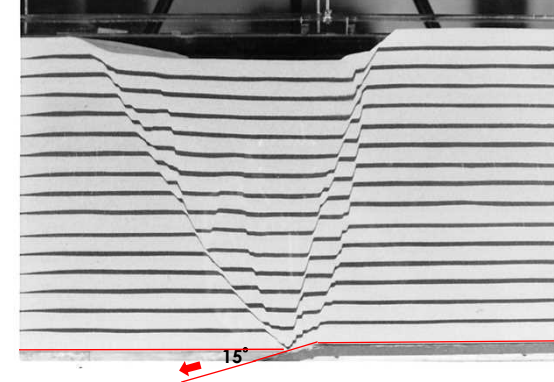
（上田ほか（1999）の実験データの提供を受けて作成）

$D_v = 4 \text{ mm}$

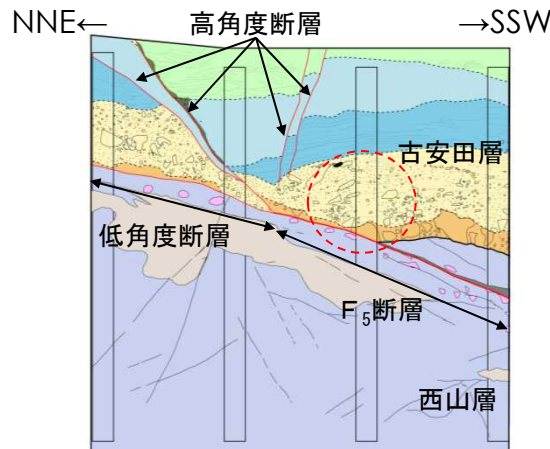


- ・ シンセティックな断層は、雁行状の配列が認められるものの、アンチセティックな断層のようなステップする構造は認められない。

$D_v = 10 \text{ mm}$



- ・ 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。

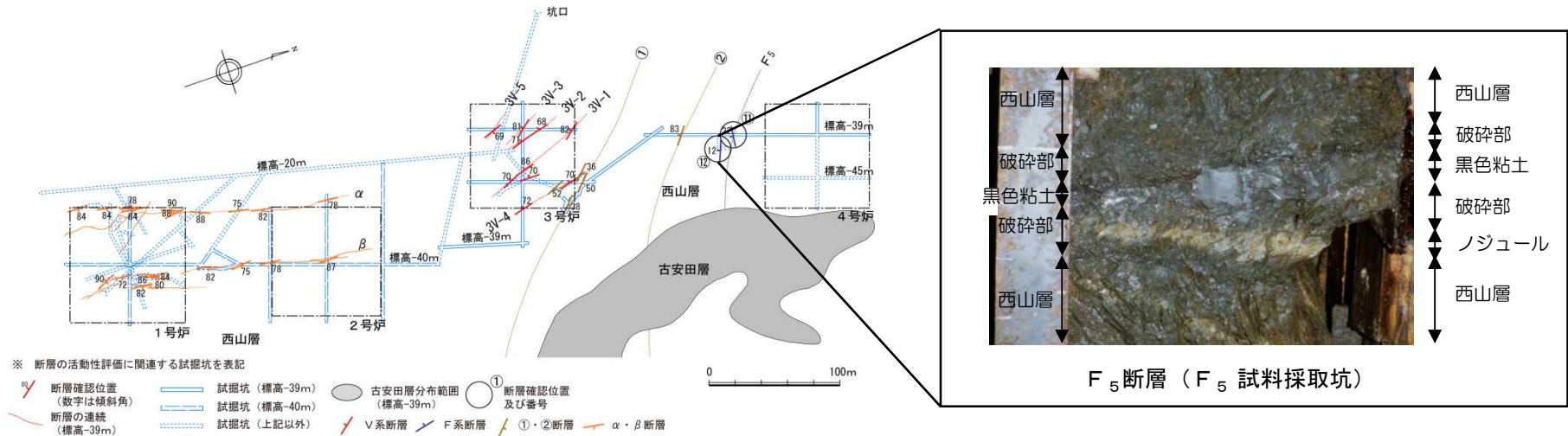


F5立坑横坑部東壁16-19基地質スケッチ
（平成26年9月～12月）

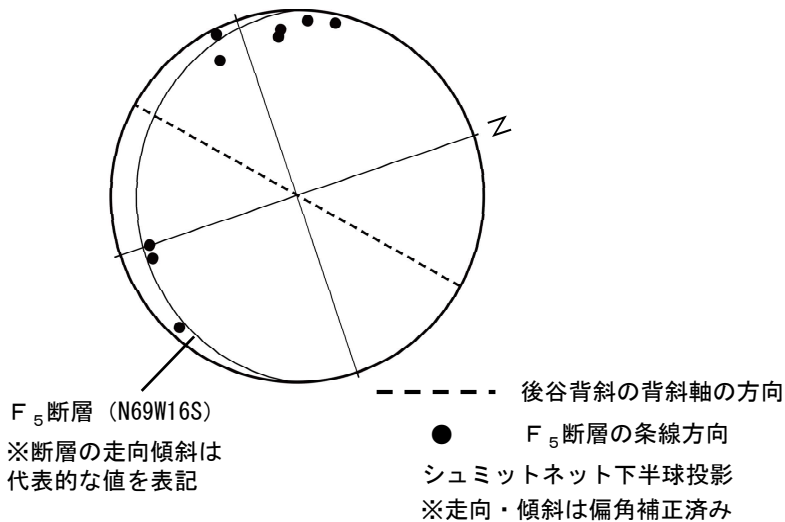
- 断層の成長過程を示す実験結果によると、基盤の断層の変位量が大きくなると、シンセティックな断層の上盤側に新たなシンセティックな断層の形成が認められる。
- F₅断層の壁面観察結果によると、南傾斜高角度断層の上盤側に位置の異なる複数のシンセティックな断層はないことから、高角度断層の形成以降の活動はないと判断される。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

（F₅断層試掘坑調査）



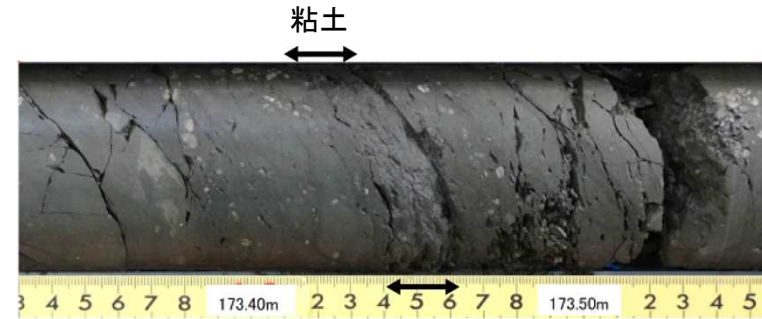
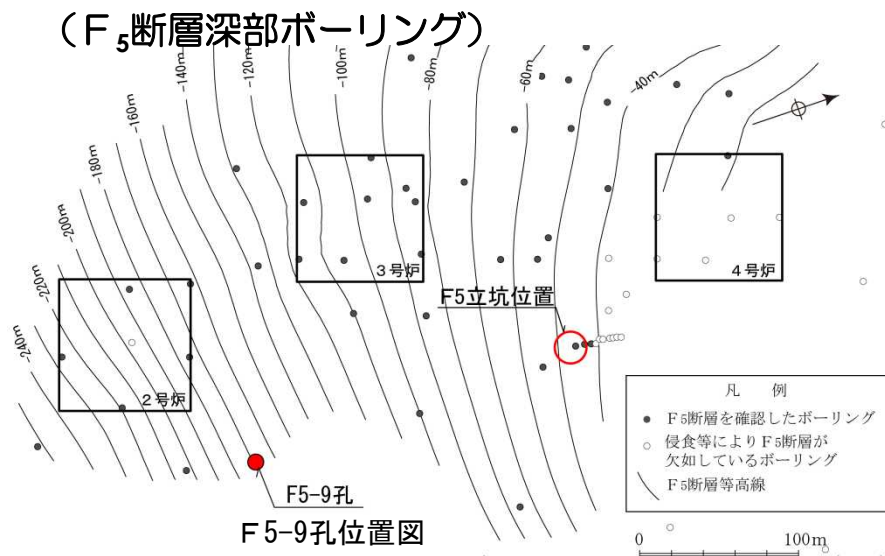
F₅断層の分布と性状



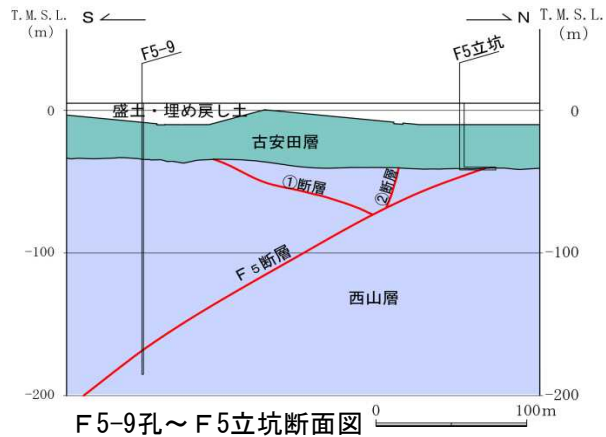
F₅断層の条線方向

- 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、F₅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）におけるF₅断層の条線方向は、F5立坑にみられた一連の正断層の条線方向と異なる。

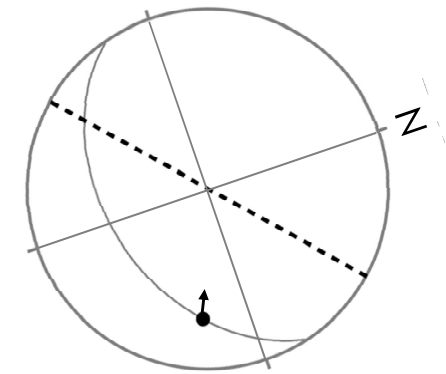
3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（一連の正断層の分布）



F₅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

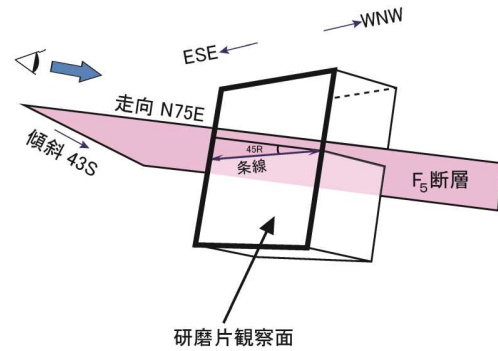


--- 後谷背斜の背斜軸の方向
● : F₅断層の条線方向
← : 上盤側の変位方向
シュミットネット下半球投影
条線方向

- 深部（標高-168m付近）のF₅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・薄片観察結果によると、その運動センスは逆断層センスを示す。

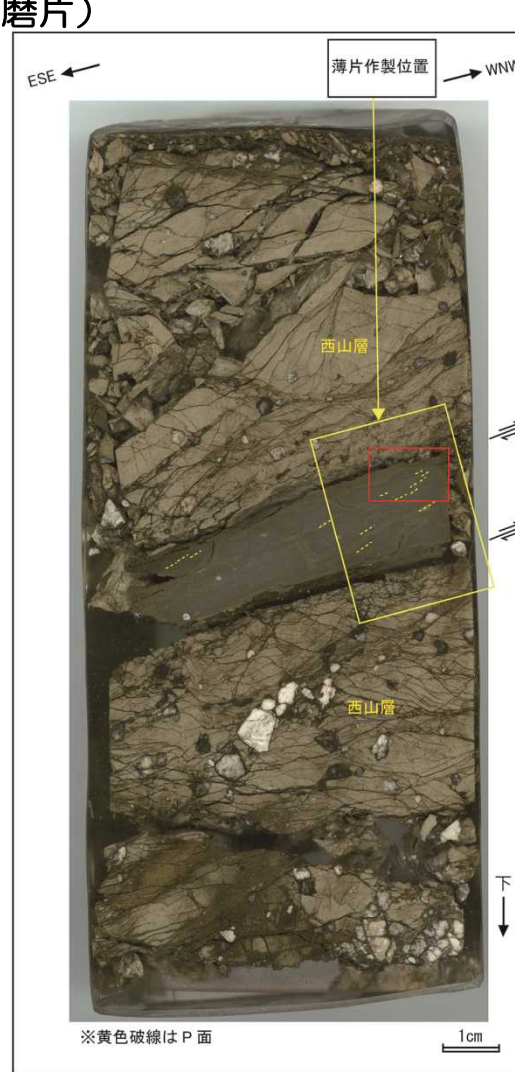
3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

（F₅断層深部ボーリング F5-9孔研磨片）

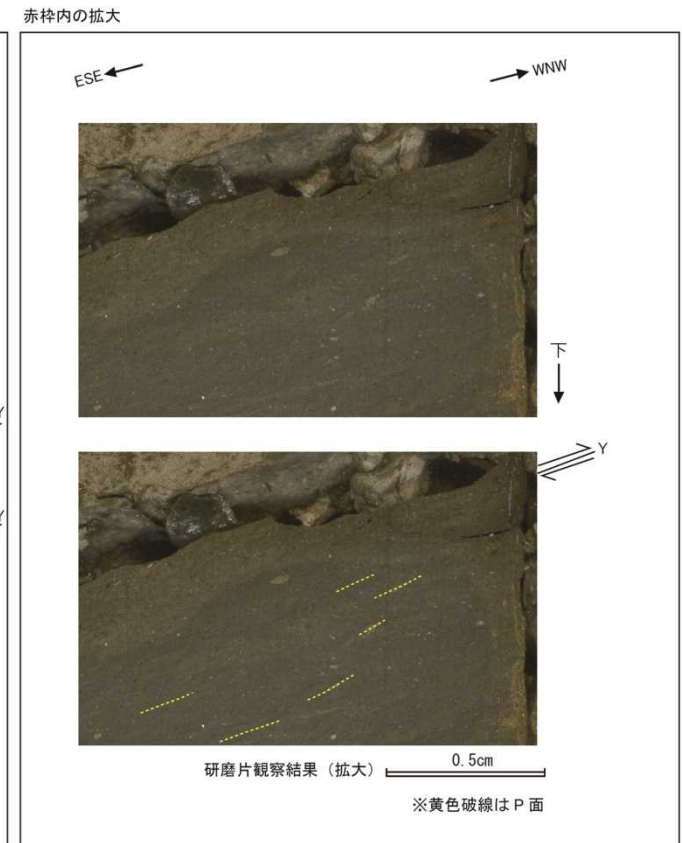


※研磨片及び薄片は、断層面に直交、かつ条線に平行な面で観察した。

F5-9研磨片観察位置



F5-9研磨片観察結果

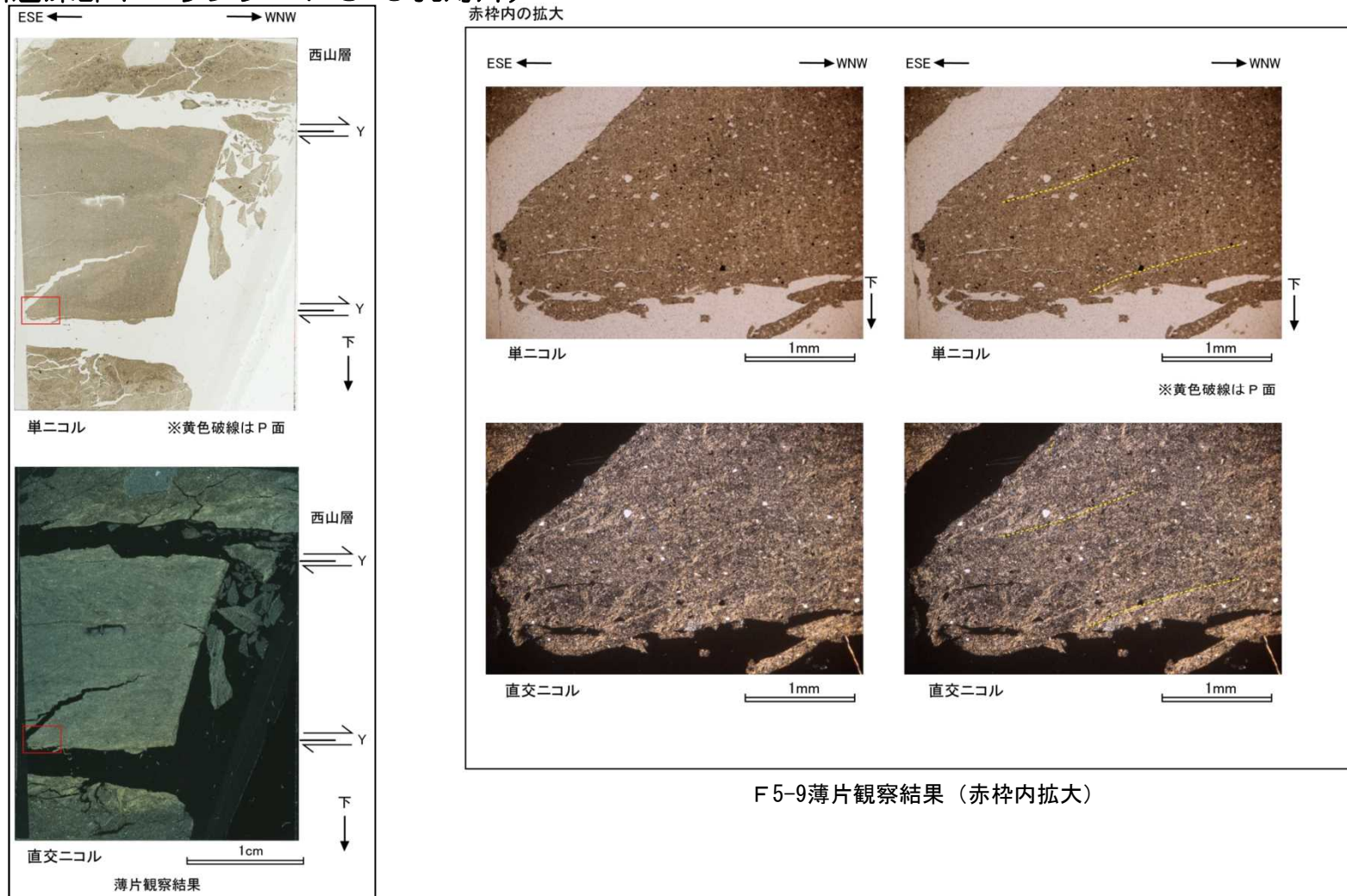


F5-9研磨片観察結果（赤枠内拡大）

- F₅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。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（一連の正断層の分布）

（F₅断層深部ボーリング F5-9孔薄片）

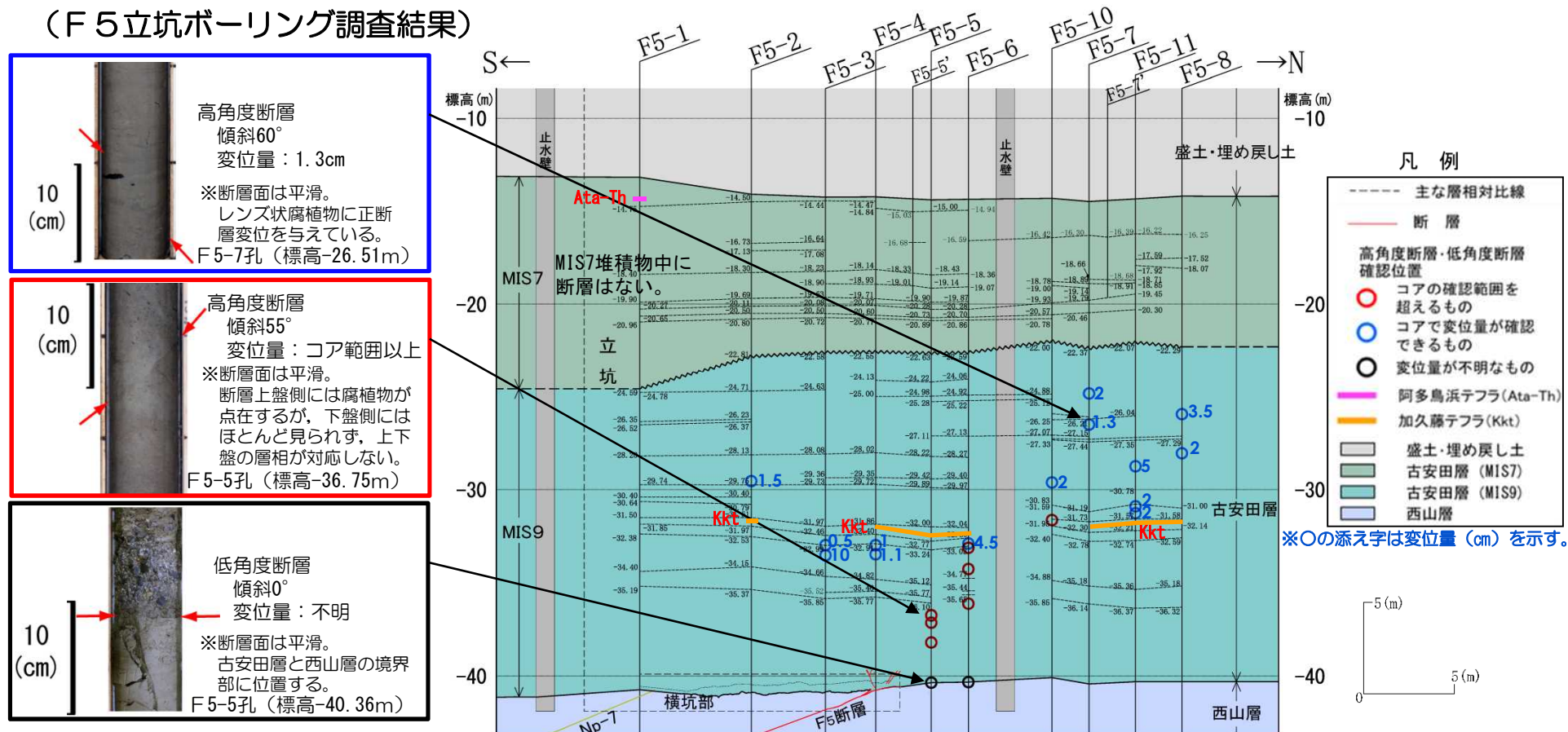


F5-9薄片観察結果（赤枠内拡大）

- 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。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 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）



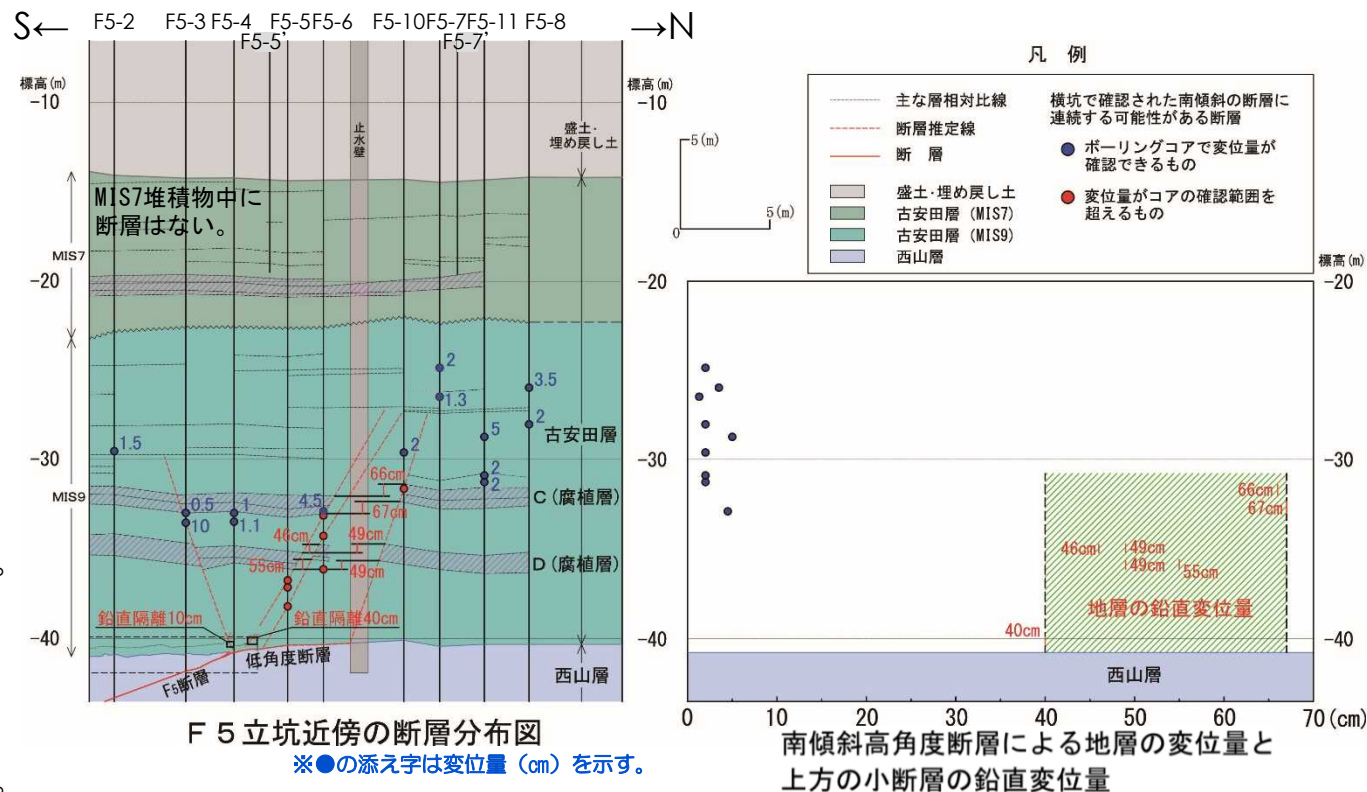
F5立坑ボーリング調査結果

- F5立坑近傍におけるボーリング調査結果によると、標高-15m~-40m間に西山層を不整合に覆う古安田層は、シルト層を主体とし砂層、腐植層等を挟在する。
- F₅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。
- ボーリングコアで認められた古安田層中の断層を赤丸、青丸及び黒丸で示す。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 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 断層の連続性及び変位量）

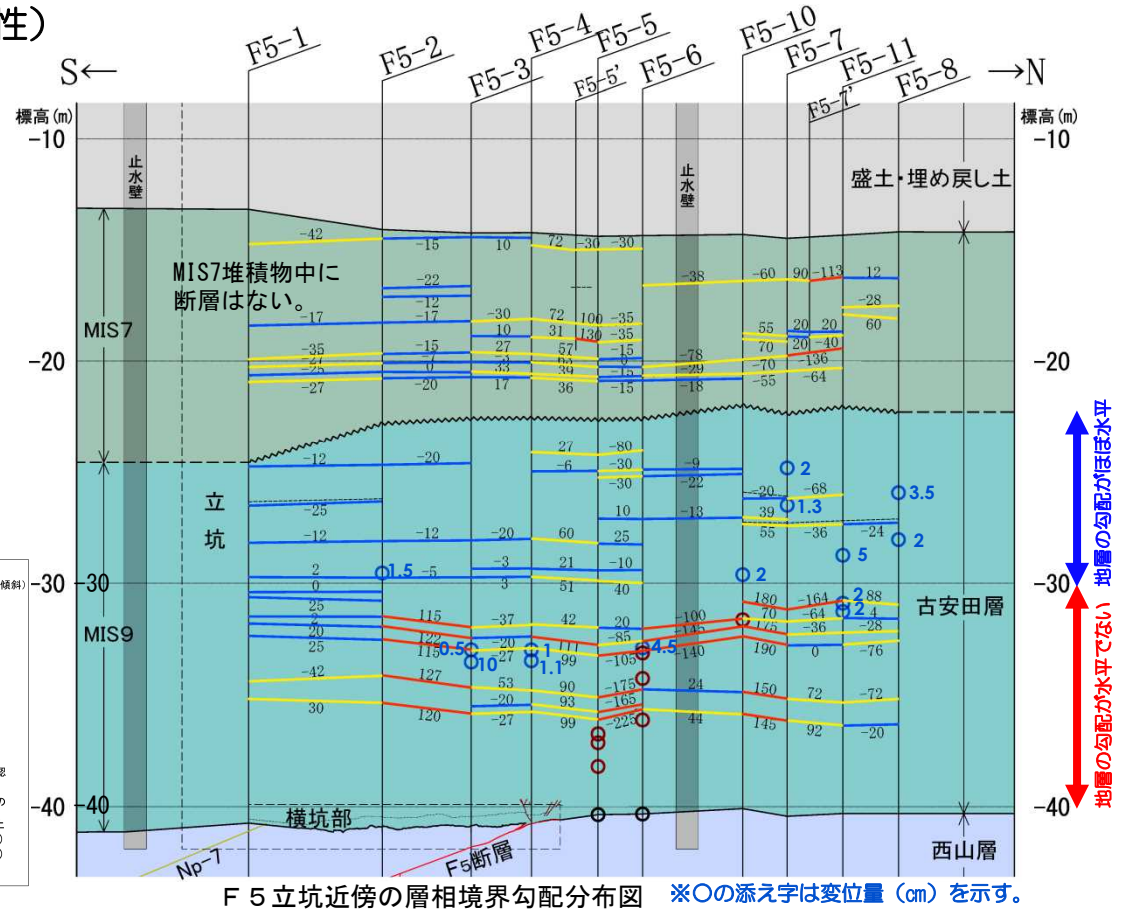
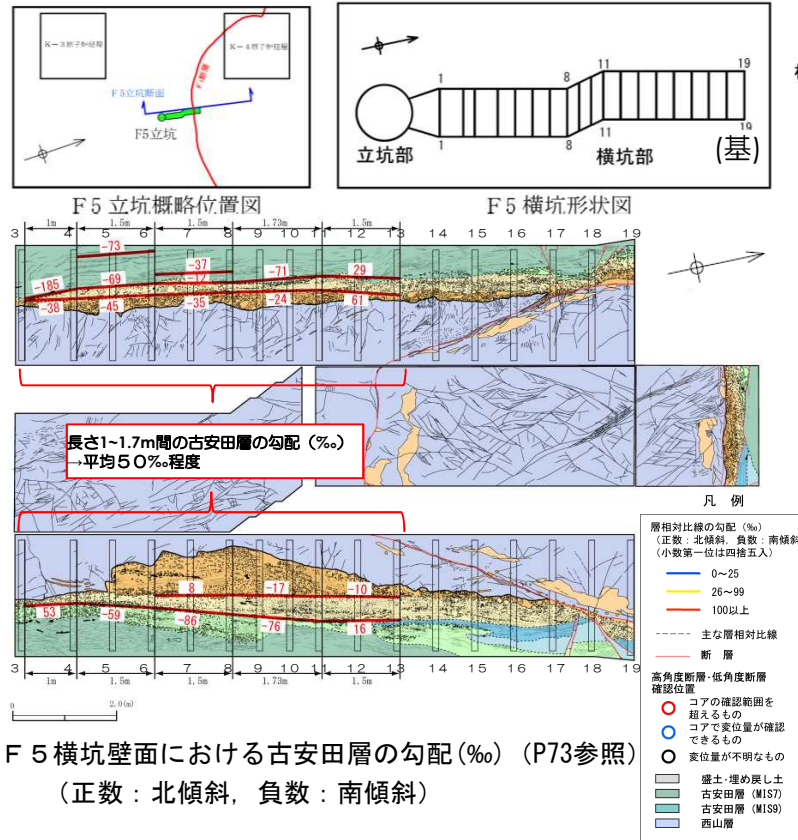
- これらのボーリング孔ではボアホールテレビ観察が困難であるため断層の走向・傾斜は不明であるが、断層の走向が同じと仮定した上で、さらに以下の内容を基にして高角度断層と低角度断層の連続性を評価した。
 - 横坑部に分布する断層の延長上のボーリング孔に断層が認められ、断層の傾斜が矛盾なく、変位量が横坑部と同程度あるいはコアの観察範囲を超える場合は、断層が連続すると評価する。
 - 推定断層の上方延長の地層の傾斜がほぼ水平または地層の勾配方向と断層変位センスが整合しない場合は、当該地層を超えて断層は連続しないと評価する。



- 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付近より浅い場所の断層は、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堆積物に断層はない。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造 (F5立坑ボーリング調査)

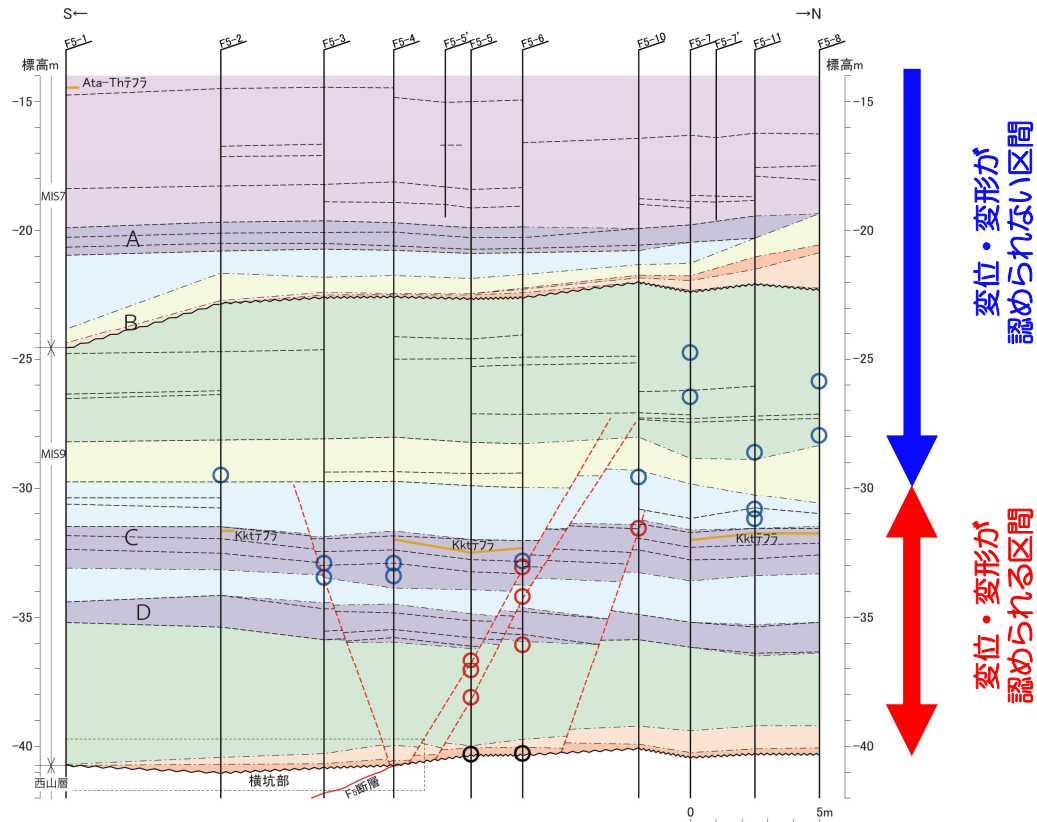
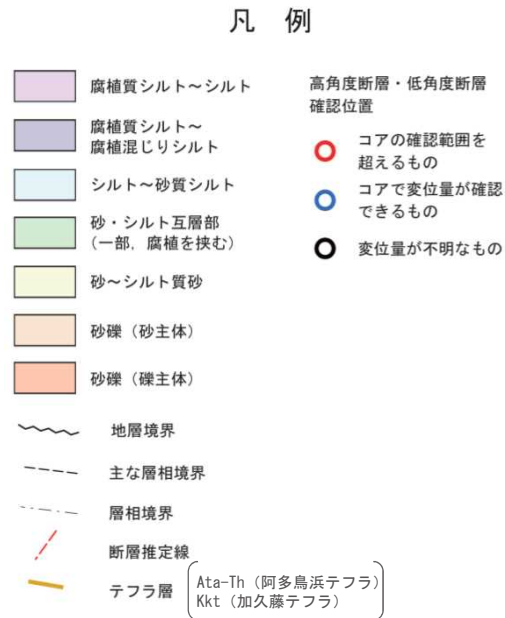
(F5立坑ボーリング調査結果 地層の連続性)



- 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される。

3.2.5.2 一連の正断層の評価

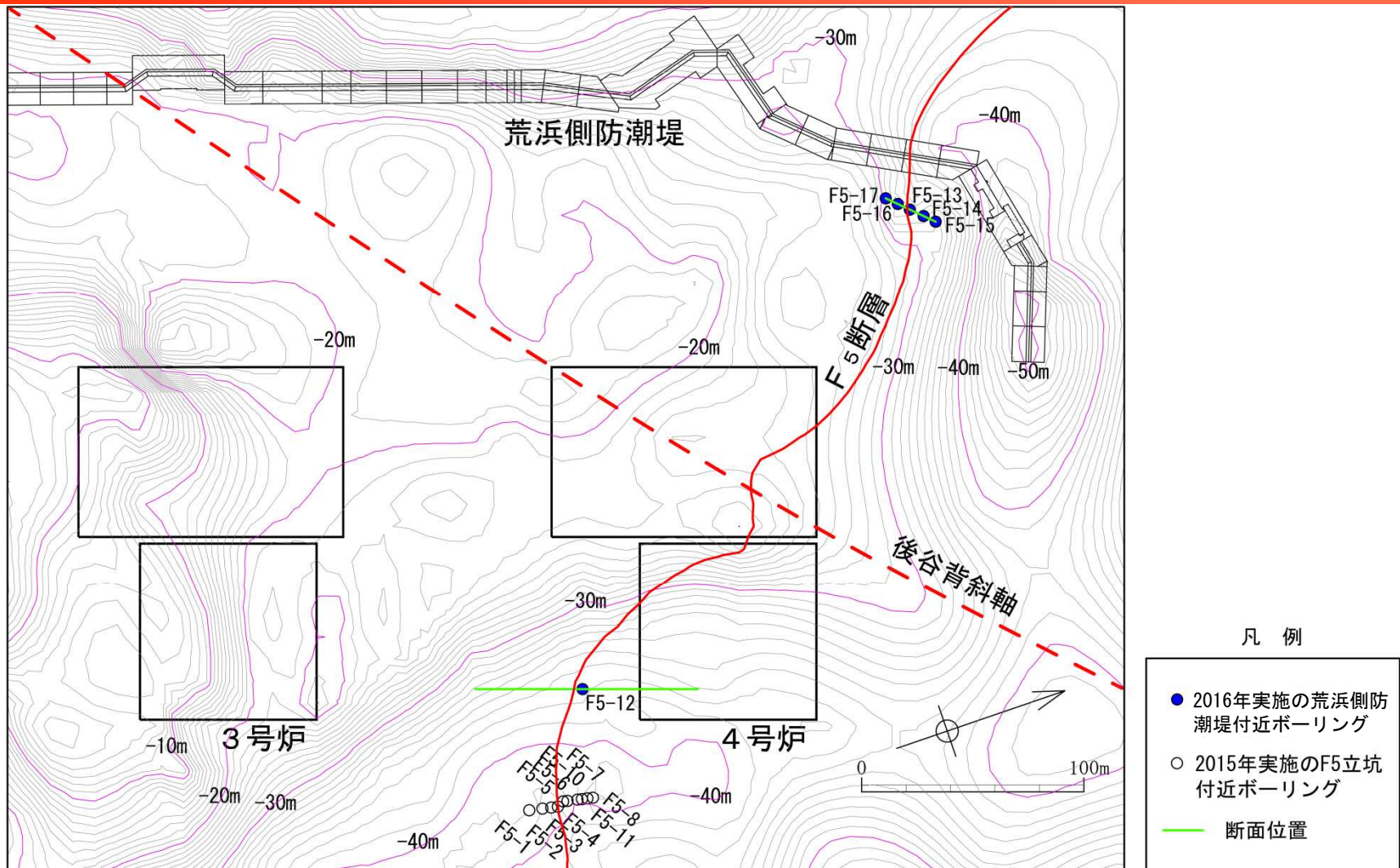
地質・地質構造（F5立坑ボーリング調査のまとめ）



F5立坑近傍の層相対比図

- 一連の正断層（F₅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付近より浅い場所の断層は、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堆積物に断層はない。
- 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。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近のボーリング調査位置）

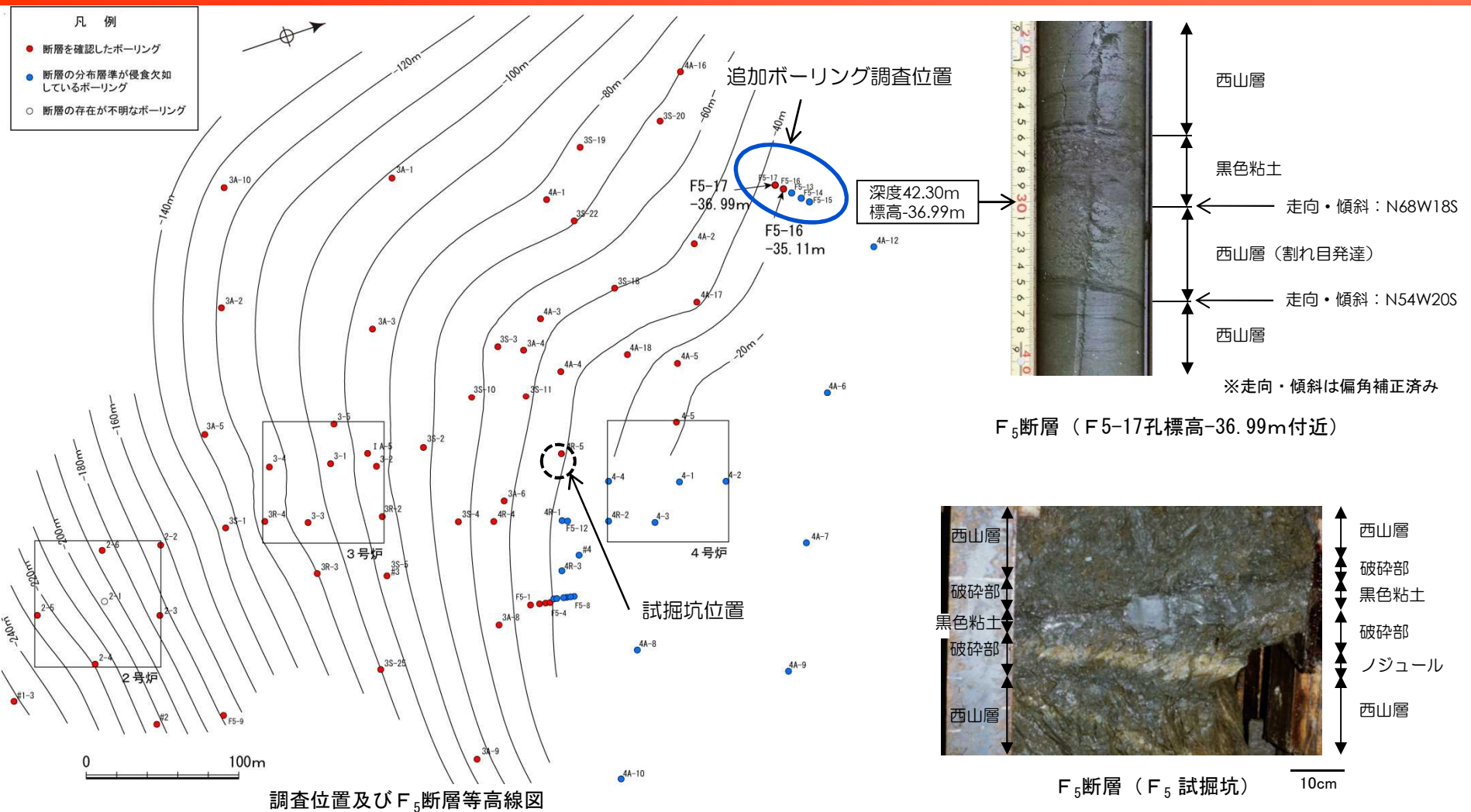


調査位置及び西山層上限等高線図

（荒浜側防潮堤付近のボーリング調査を反映）

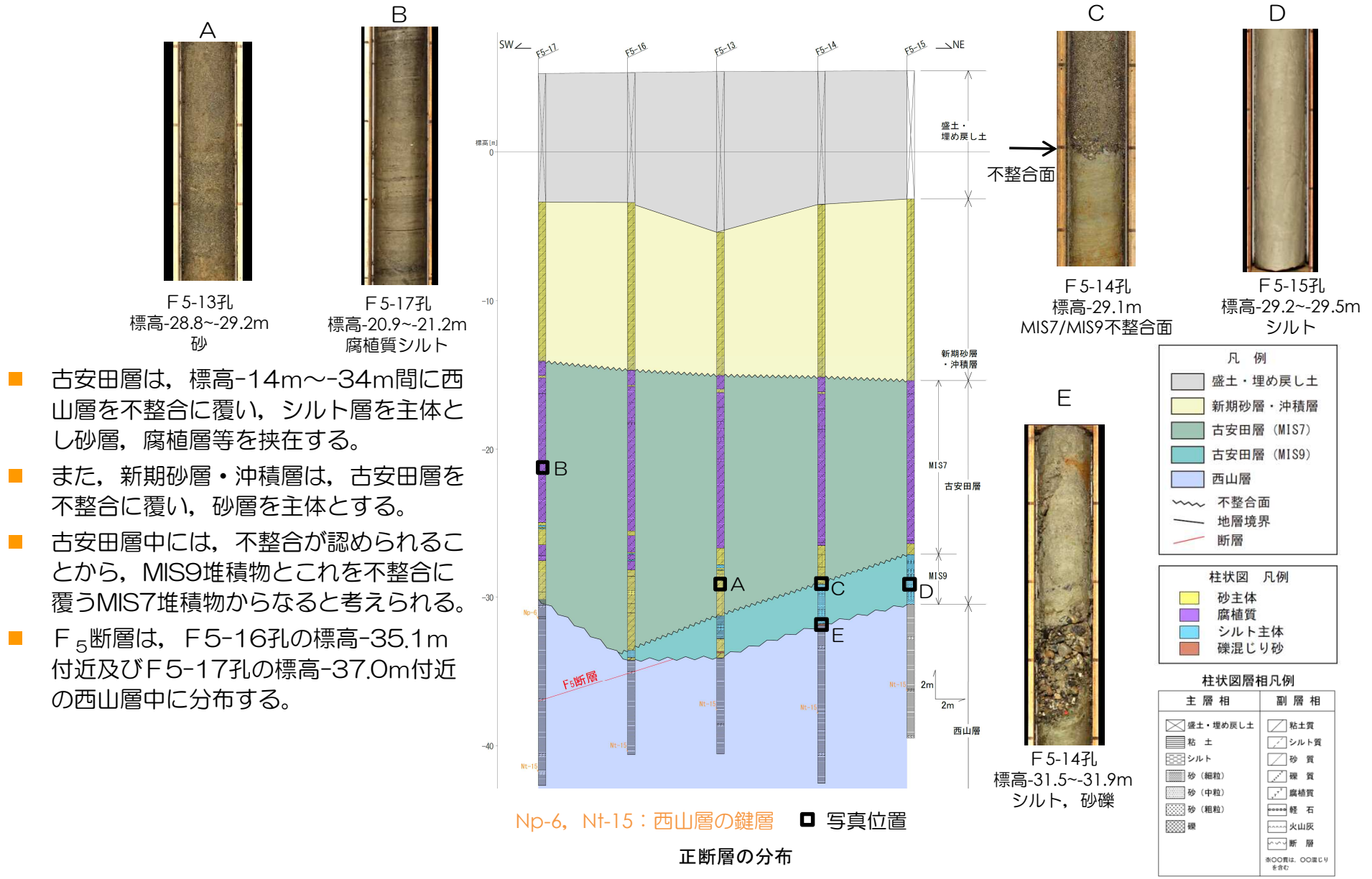
- F₅断層は、荒浜側防潮堤の下に分布する。荒浜側防潮堤は、西山層に杭基礎で岩着している。
- 荒浜側防潮堤付近のF₅断層の活動性を確認するため、ボーリング調査を実施した。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近のF₅断層の性状）

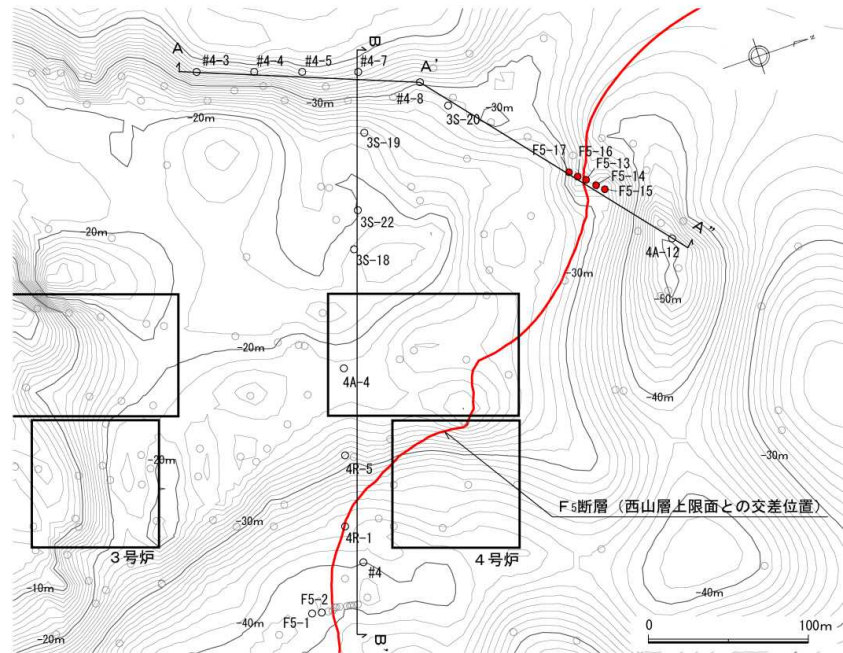


- F₅断層は、F5-16孔の標高-35.1m付近及びF5-17孔の標高-37.0m付近の西山層中に分布する。
- F₅断層は、黒色粘土を伴い、走向・傾斜がN68W18Sを示し層理面に平行であり、既往ボーリングデータによるF₅断層等高線図と分布標高が調和的である。

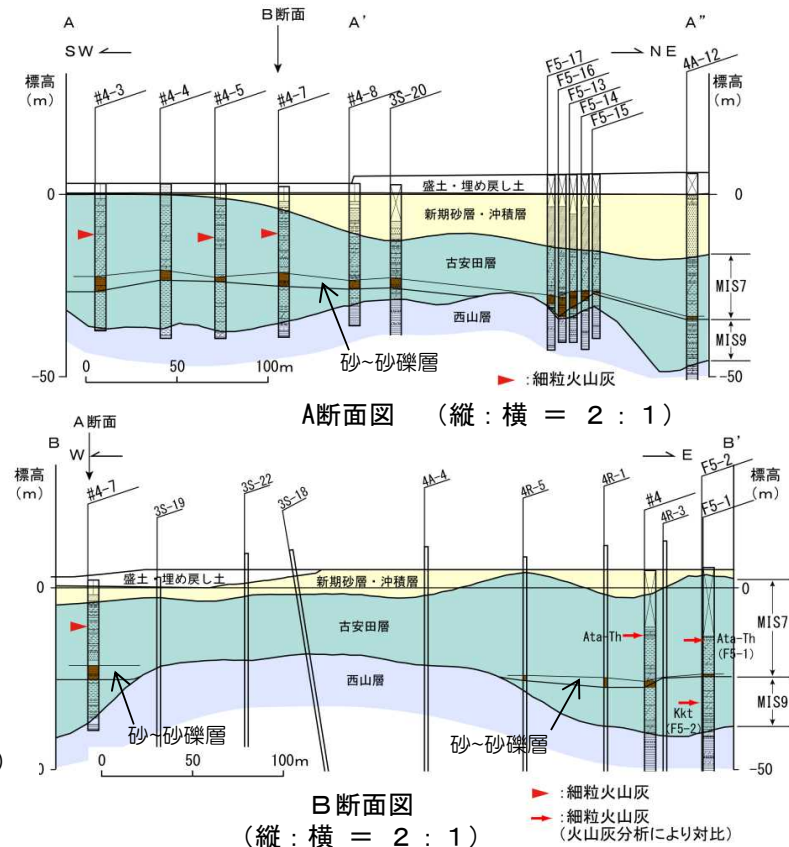
3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近の地質）



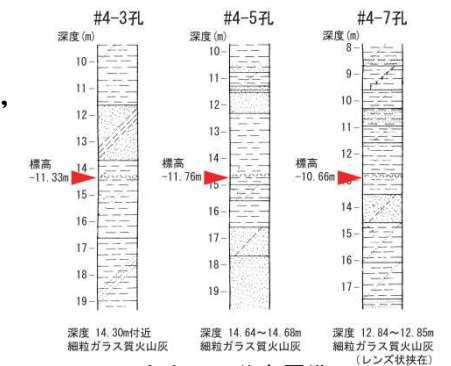
3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近のF₅断層上載層の年代）



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）
 ●：今回実施したボーリング ○：既往ボーリング
 （荒浜側防潮堤付近のボーリング調査を反映）



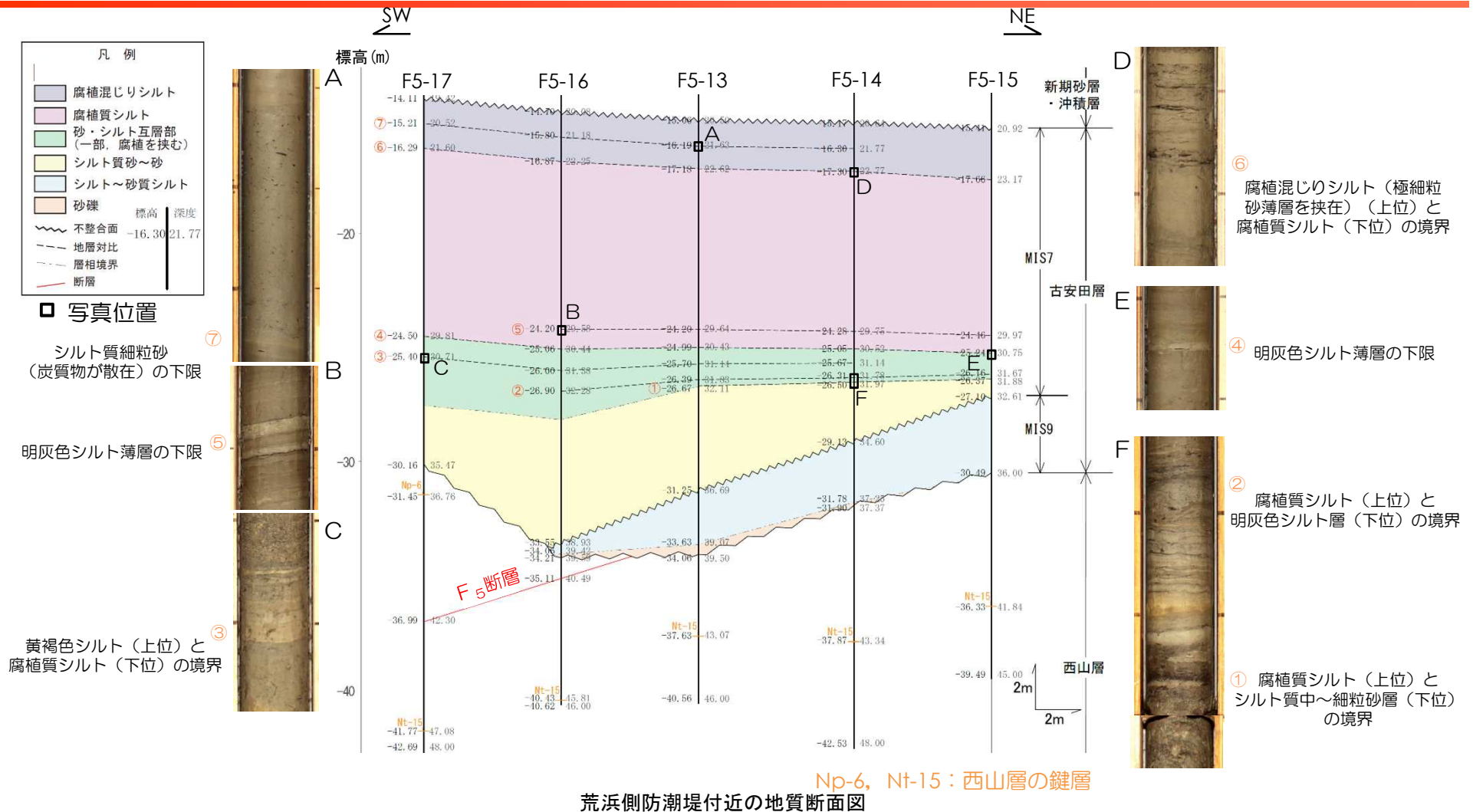
A断面図（縦：横 = 2 : 1）
 B断面図（縦：横 = 2 : 1）



火山灰の分布層準

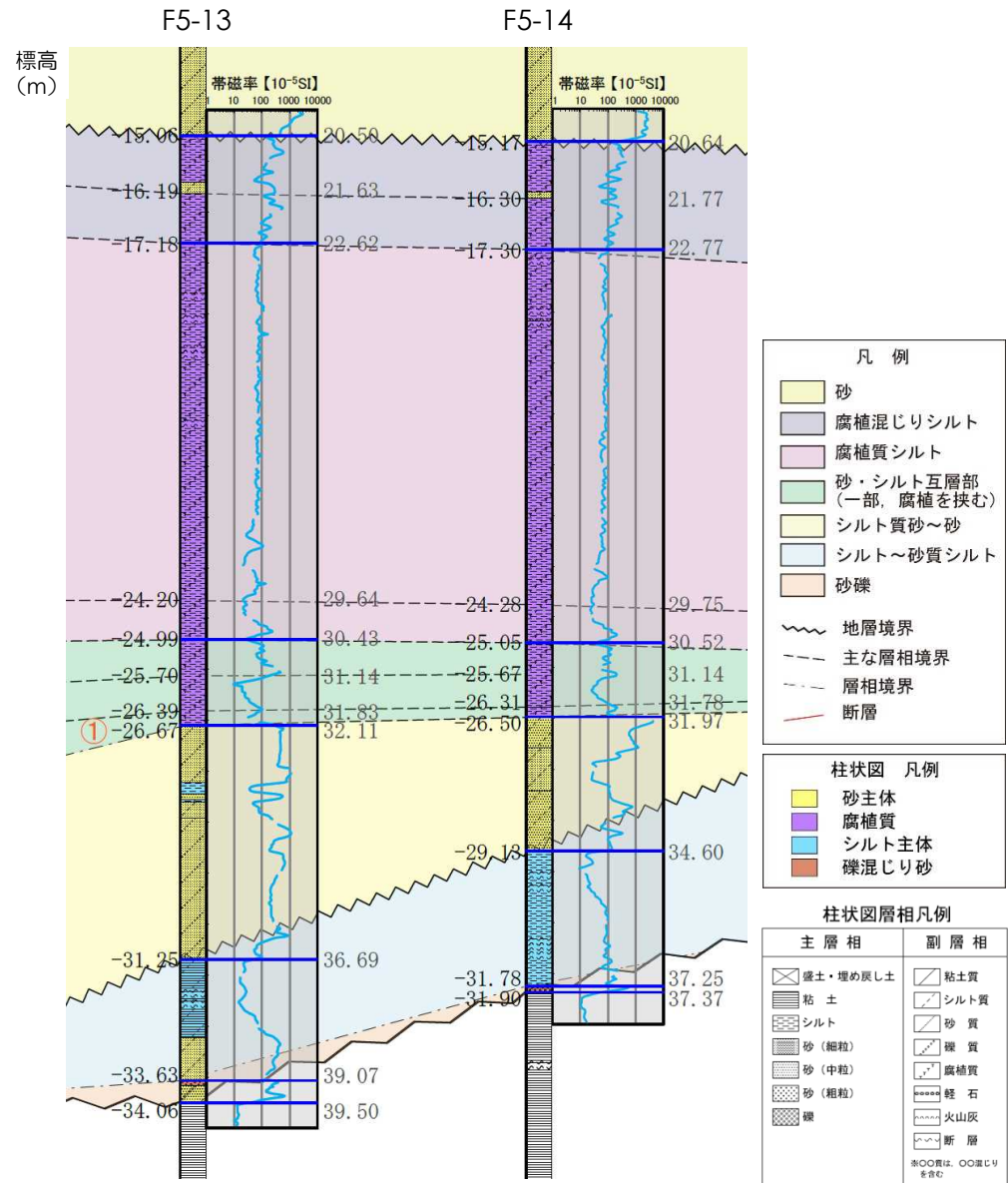
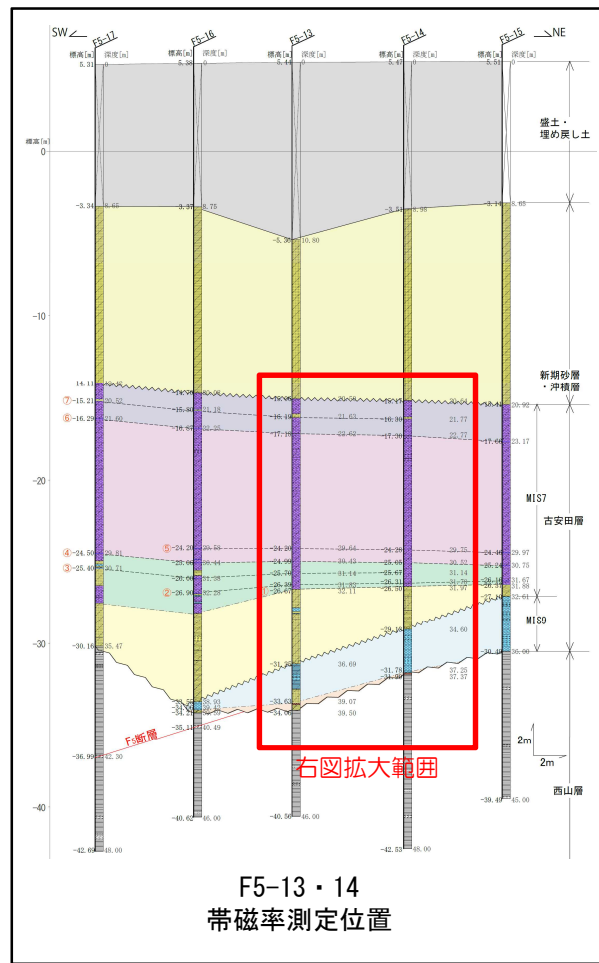
- F5-13～17孔の標高-26m～-33m付近には比較的厚い砂層が分布している。この砂層は南西側のA断面の3S-20孔，#4-3～8孔の標高-20m～-26m付近の砂～砂礫層に対比される。
- A断面の#4-3孔，#4-5孔，#4-7孔並びに4号炉南東側のB断面のF5-1孔，#4孔では、この砂～砂礫層の上位の標高-11m～-14m付近に細粒火山灰が分布する。これらの細粒火山灰はいずれも細粒ガラス質で広域テフラの特徴を有し，B断面のF5-1孔及び#4孔において確認されている阿多鳥浜テフラ（Ata-Th:約24万年前）に対比される。また，B断面のF5-2孔では砂～砂礫層の下位に加久藤テフラ（Kkt：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

3.2.5.2 一連の正断層の評価 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）



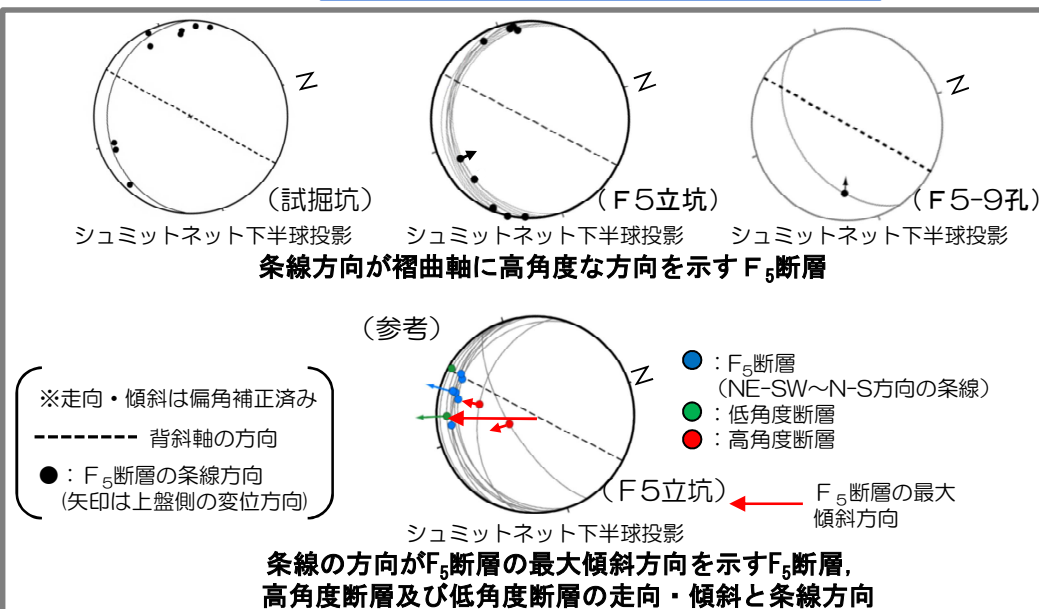
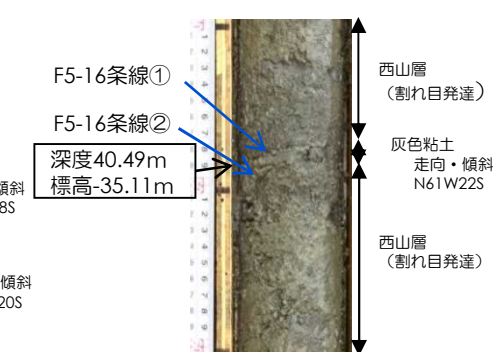
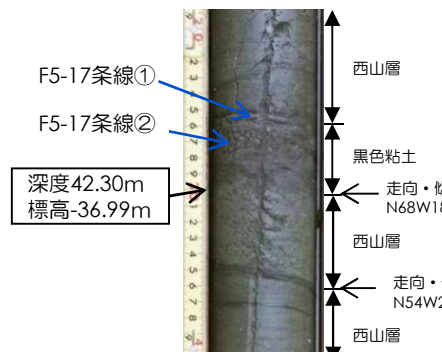
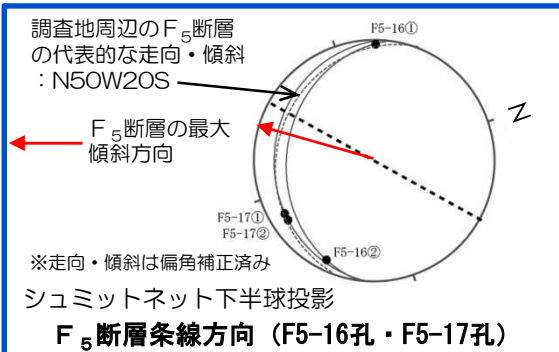
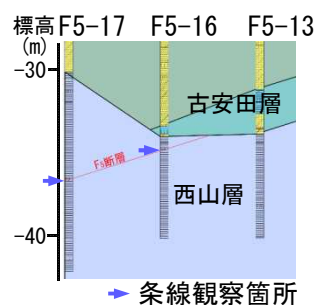
- MIS7堆積物には、比較的明瞭に対比可能な7層準 (①～⑦) が認められる。
- MIS7堆積物からなる古安田層基底と下部は、概ね南に傾斜する堆積面を形成し、これらを覆うようにMIS7の腐植質シルト及び腐植混じりシルトが水平に堆積している。

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近の古安田層の帯磁率）

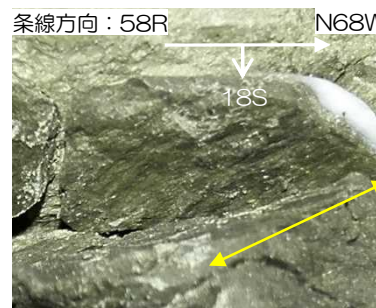


- 各堆積物の帯磁率は、砂礫及び砂が100～1200程度、シルト～腐植質シルトは100以下という傾向を示す。
- 帯磁率の測定結果は層相区分と整合的である。

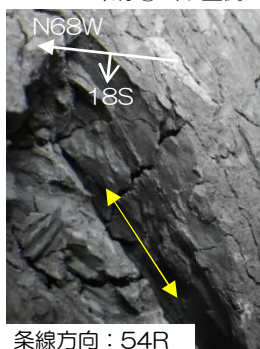
3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近のF₅断層の運動像）



F₅断層 (F5-17孔深度42.3m付近)



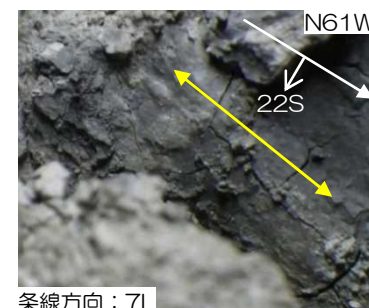
F5-17条線① (下盤側から)



F5-17条線② (上盤側から)

F5-17孔 F₅断層の走向・傾斜 N68W18S

F₅断層 (F5-16孔深度40.45m付近)



F5-16条線① (下盤側から)



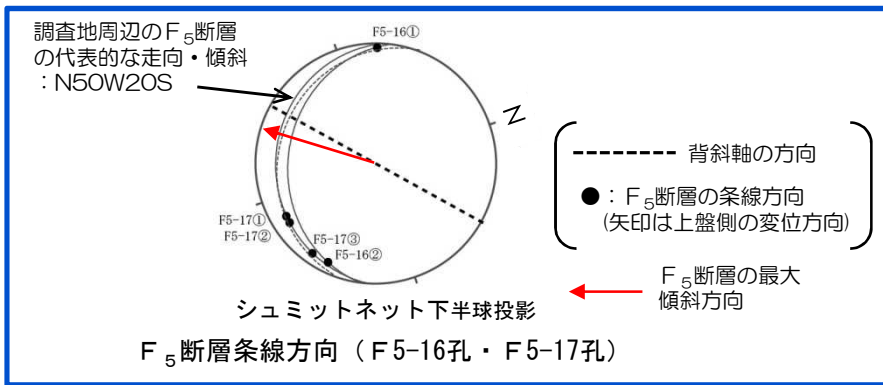
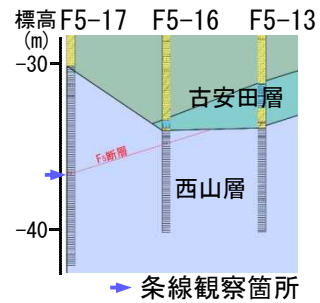
F5-16条線② (上盤側から)

F5-16孔 F₅断層の走向・傾斜 N61W22S

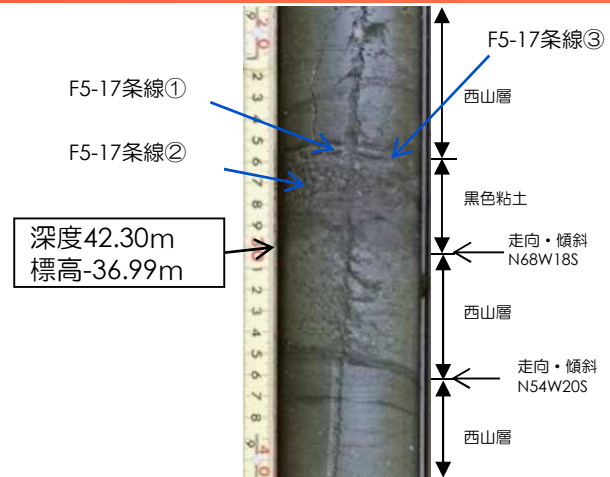
※走向・傾斜は偏角補正済み

- F5-16孔及びF5-17孔で観察されたF₅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孔で観察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F₅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。

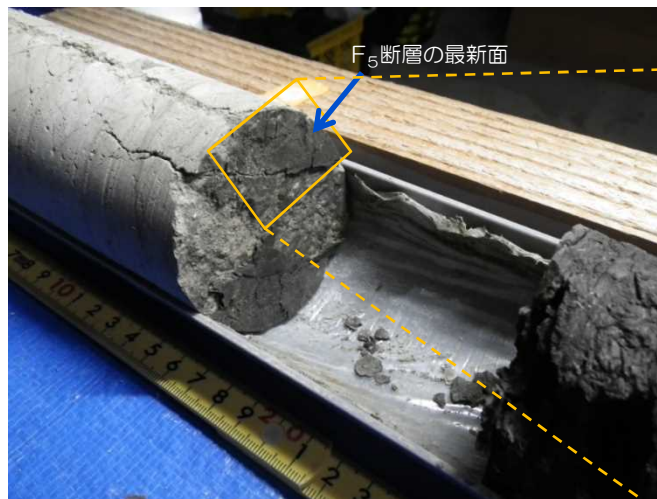
3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近のF₅断層の運動像）



※走向・傾斜は偏角補正済み

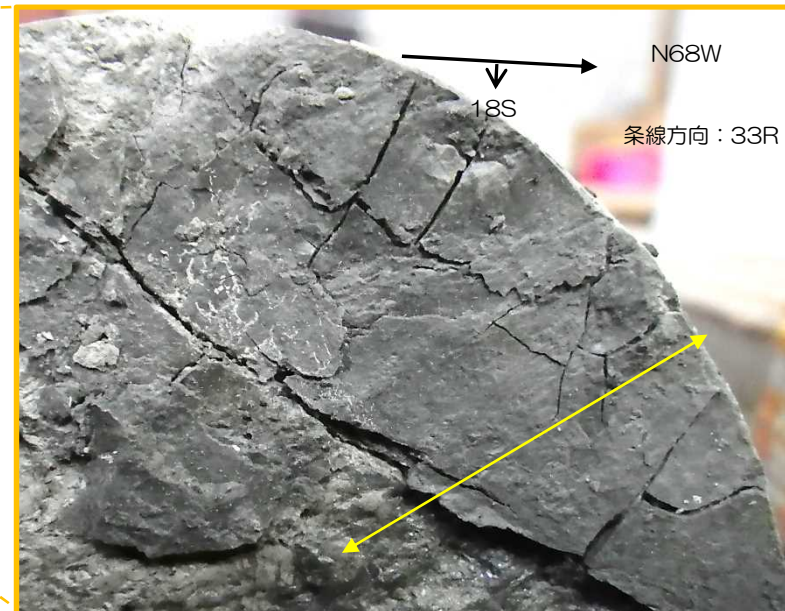


F₅断層 (F5-17孔深度42.3m付近)



F5-17孔
F₅断層の最新面 (下盤側から)

- F5-17孔のコアを割ってF₅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F₅断層の最大傾斜方向の条線は認められない。



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

3.2.5.2 一連の正断層の評価 地質・地質構造（荒浜側防潮堤付近の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結果によると、F₅断層は、F5-16孔の標高-35.1m付近及びF5-17孔の標高-37.0m付近の西山層中に分布する。
- 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孔で観察されたF₅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孔で観察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。
- F5-16孔及びF5-17孔で観察されたF₅断層には、F5立坑で見られたF₅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F₅断層に関連する断層もない。

1. 調査内容
2. 敷地の地質・地質構造
3. 敷地の断層

3.1 大湊側

- 3.1.1 概要
- 3.1.2 L_1 ・ L_2 断層
- 3.1.3 V系断層
- 3.1.4 F系断層

3.2 荒浜側

- 3.2.1 概要
- 3.2.2 V系断層
- 3.2.3 α ・ β 断層
- 3.2.4 ①・②断層

3.2.5 F系断層

3.2.5.1 F_5 断層の評価

①	地形	・・・	80
②	地質・地質構造	・・・	83
③	応力場	・・・	101
④	総合検討	・・・	105

3.2.5.2 一連の正断層の評価

①	地形	・・・	107
②	地質・地質構造	・・・	110
③	応力場	・・・	139
④	総合検討	・・・	141

4. 耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造
 - 4.1 西山層支持の施設
 - 4.2 第四紀層支持の施設

3.2.5.2 一連の正断層の評価 応力場

(柏崎周辺の応力場)

- 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。
- 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。
- 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。
- 以上のことから、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。

- 1. 調査内容
- 2. 敷地の地質・地質構造
- 3. 敷地の断層

3.1 大湊側

3.1.1 概要

3.1.2 L₁・L₂断層

3.1.3 V系断層

3.1.4 F系断層

3.2 荒浜側

3.2.1 概要

3.2.2 V系断層

3.2.3 α・β断層

3.2.4 ①・②断層

3.2.5 F系断層

3.2.5.1 F₅断層の評価

①	地形	・・・	80
②	地質・地質構造	・・・	83
③	応力場	・・・	101
④	総合検討	・・・	105

3.2.5.2 一連の正断層の評価

①	地形	・・・	107
②	地質・地質構造	・・・	110
③	応力場	・・・	139
④	総合検討	・・・	141

- 4. 耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造
 - 4.1 西山層支持の施設
 - 4.2 第四紀層支持の施設

3.2.5.2 一連の正断層の評価（総合検討）

【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認められないことからF₅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）

- 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。
- F₅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分布し、壁面観察結果及び研磨片・薄片観察結果から、F₅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一連の正断層として活動したと判断される。
- 試掘坑及びF₅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認められず、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（F₅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、群列ボーリング調査結果によると標高-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）

- 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。
- 荒浜側防潮堤付近で実施した群列ボーリング調査結果によると、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F₅断層が分布する。
- F5-16孔及びF5-17孔で観察された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。
- F5-16孔及びF5-17孔で観察されたF₅断層には、F5立坑で見られたF₅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F₅断層に関連する断層もない。

3.2.5.2 一連の正断層の評価（総合検討）

【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（F₅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、本変更申請における耐震重要施設等の下には存在しないことを確認した。また、深部への連続性がないことから震源として考慮する活断層ではないと判断される。

3.2 小括（荒浜側）

荒浜側の西山層中に分布する断層の性状及び活動性

分類	断層名	走向傾斜	破碎帯の規模		変位		切り合い関係	活動時期	備考
			粘土幅 (cm)	破碎幅 (cm)	センス	変位量 (m)			
V系断層	3V-1断層	N26W80W	f~0.75 [0.1]	0~44 [15]	正	約4.6		破碎帯の規模、変位量及び連続性から、3V-1断層を荒浜側V系断層の代表と判断。 3V-1断層は、3V-1坑において古安田層に変位・変形を与えていない。	
	3V-2断層	N19W67W	f	3~33 [15]	正	約5.3			近傍に同系の断層が分布し、合計の変位量は約6.3m。 南東延長のA-S坑には当該断層の分布は確認されない。
	3V-3断層	N35W80W	f~0.1 [f]	2~16 [8]	正	約4.0			南東延長のA-S坑には当該断層の分布は確認されない。
	3V-4断層	N15W73W	f~0.15 [f]	0~28 [8]	正	約3.1	①断層に切られる。		
	3V-5断層	N36W69E	f~0.1 [f]	1~32 [13]	正	約1.1			
F系断層	F ₅ 断層	N69W16S	0.5~18 [6.6]	0~40 [5]	—	—		F5立坑において、古安田層に逆断層的な変位・変形を与えていない。	F5立坑調査で確認されたF ₅ 断層、一連の正断層センスの活動については、F5立坑付近のボーリング調査において、MIS7の古安田層に変位・変形を与えていない。
①・②断層	①断層	N49W50E	f~0.4 [0.1]	270~300 [280]	正	約29	3V-4断層を切る。	①断層及び②断層は、側方断層を介して連続する一連の断層と判断。 ①断層は、①坑において古安田層に変位・変形を与えていない。	①・②断層は互いに連続し、平面的には環状を呈し、断面的にはF ₅ 断層より下位には連続しない。 変位センスは南東側側方断層では逆断層性を示す。
	②断層	N47W81W	f~0.1 [f]	180~310 [220]	正	約29			
α・β断層	α断層	N13E84E	0.1~2	0~50	正	約6.2	NW-SE走向高角度小断層と分岐・合流関係にある。	1号炉北側法面において、古安田層中で止まっており、大湊砂層基底面に変位・変形を与えていない。	最大変位量(約6.2m)は2号炉基礎掘削南側壁面のデータによる。
	β断層	N12E83E	0.1~4	0~50	正	約7.2		1号炉北側法面及び1号炉8m坑において、古安田層中で止まっており、大湊砂層基底面に変位・変形を与えていない。	最大変位量(約7.2m)は2号炉基礎掘削南側壁面のデータによる。

※データは試掘坑本坑による
 ※走向傾斜は、代表的な値を記載

※断層の走向は偏角補正済
 []の数値は平均値
 f:フィルム状

3.2 小括（荒浜側）

- 荒浜側の敷地に分布する断層は、NNW－SSE走向で高角度の断層（V系断層）、西山層の層理面に平行な断層（F系断層）、NW－SE走向で中角度北東傾斜の①断層とNW－SE走向で高角度南西傾斜の②断層（両断層は側方断層に連続し、環状を呈する）、及びNNE－SSW走向で高角度東傾斜の α ・ β 断層に分類できる。

【V系断層， α ・ β 断層，①・②断層】

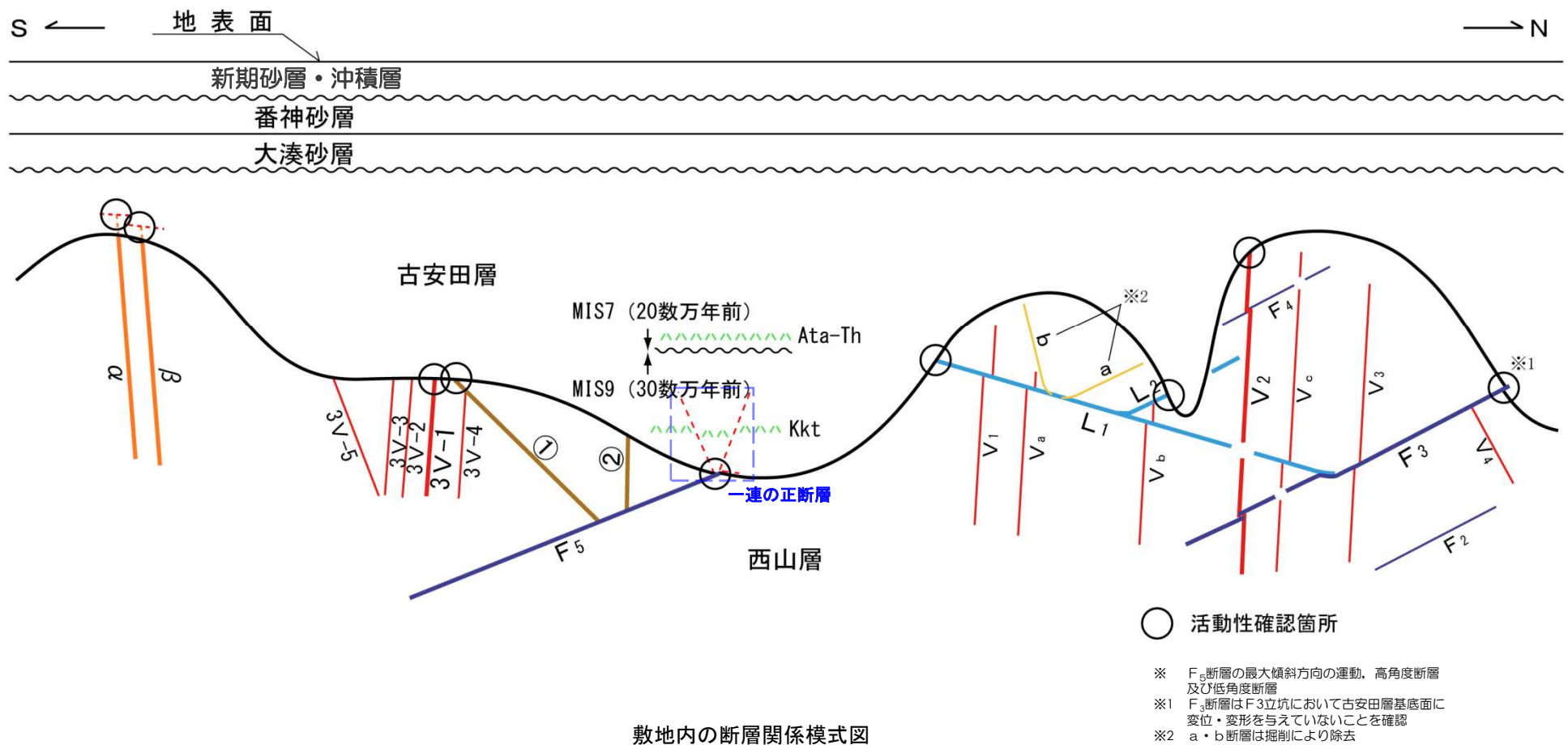
- 断層性状（破碎幅，変位量等）に基づき，V系断層は3V-1断層が代表性を有する断層と評価される。
- 試掘坑による追跡調査の結果，3V-1断層及び①断層はそれぞれ古安田層に変位・変形を与えていない。 α ・ β 断層は1号炉北側法面において古安田層中に連続するものの，古安田層中の低角度小断層で止まっており，これより上位には延びておらず，大湊砂層には変位・変形を与えていない。
- 以上のことから，これらの断層は少なくとも古安田層堆積終了以降の活動は認められず，将来活動する可能性のある断層等ではないと判断される。

【F系断層】

- 地形，地質構造及び応力場等を総合的に検討した結果，F₅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。
- 一連の正断層（F₅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，深部への連続性がないことから震源として考慮する活断層ではないと判断される。

3. まとめ（敷地内の断層関係模式図）

- 大湊側及び荒浜側の敷地に分布する断層（V系断層，F系断層， $L_1 \cdot L_2$ 断層， $\alpha \cdot \beta$ 断層，①・②断層）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，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。一連の正断層※は，深部への連続性がないことから震源として考慮する活断層ではないと判断される。



敷地内の断層関係模式図

1.	調査内容	・・・	4
2.	敷地の地質・地質構造	・・・	6
3.	敷地の断層		
3.1	大湊側		
3.1.1	概要	・・・	13
3.1.2	L ₁ ・L ₂ 断層	・・・	22
3.1.3	V系断層	・・・	30
3.1.4	F系断層	・・・	40
3.2	荒浜側		
3.2.1	概要	・・・	48
3.2.2	V系断層	・・・	53
3.2.3	α ・ β 断層	・・・	59
3.2.4	①・②断層	・・・	72
3.2.5	F系断層	・・・	78
4.	耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造	・・・	147
4.1	西山層支持の施設	・・・	149
4.2	第四紀層支持の施設	・・・	156

4.耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造

- 敷地内に設置される耐震重要施設及び重大事故等対処施設は、①西山層に直接基礎で岩着させるもの、②西山層に杭基礎で岩着させるもの、③第四紀層に直接基礎で設置させるものに分類される。新規基準ではこれら施設を「将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置すること」とされている。
- したがって、①及び②の施設については西山層に、③の施設については施設を設置する第四紀層に「将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認」する。

1.耐震重要施設	2.重大事故等対処施設
1-1.原子炉建屋（主排気筒含む）	2-1.廃棄物処理建屋
1-2.タービン建屋	2-2. 5号炉原子炉建屋（緊急時対策所含む）
1-3.コントロール建屋	2-3.格納容器圧力逃がし装置
1-4.軽油タンク	2-4.常設代替交流電源設備
1-5.貯留堰	2-5.取水路

敷地内の地質構造図

1.	調査内容	・・・	4
2.	敷地の地質・地質構造	・・・	6
3.	敷地の断層		
3.1	大湊側		
3.1.1	概要	・・・	13
3.1.2	L_1 ・ L_2 断層	・・・	22
3.1.3	V系断層	・・・	30
3.1.4	F系断層	・・・	40
3.2	荒浜側		
3.2.1	概要	・・・	48
3.2.2	V系断層	・・・	53
3.2.3	α ・ β 断層	・・・	59
3.2.4	①・②断層	・・・	72
3.2.5	F系断層	・・・	78
4.	耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造	・・・	147
4.1	西山層支持の施設	・・・	149
4.2	第四紀層支持の施設	・・・	156

4.1 西山層支持の施設（1）

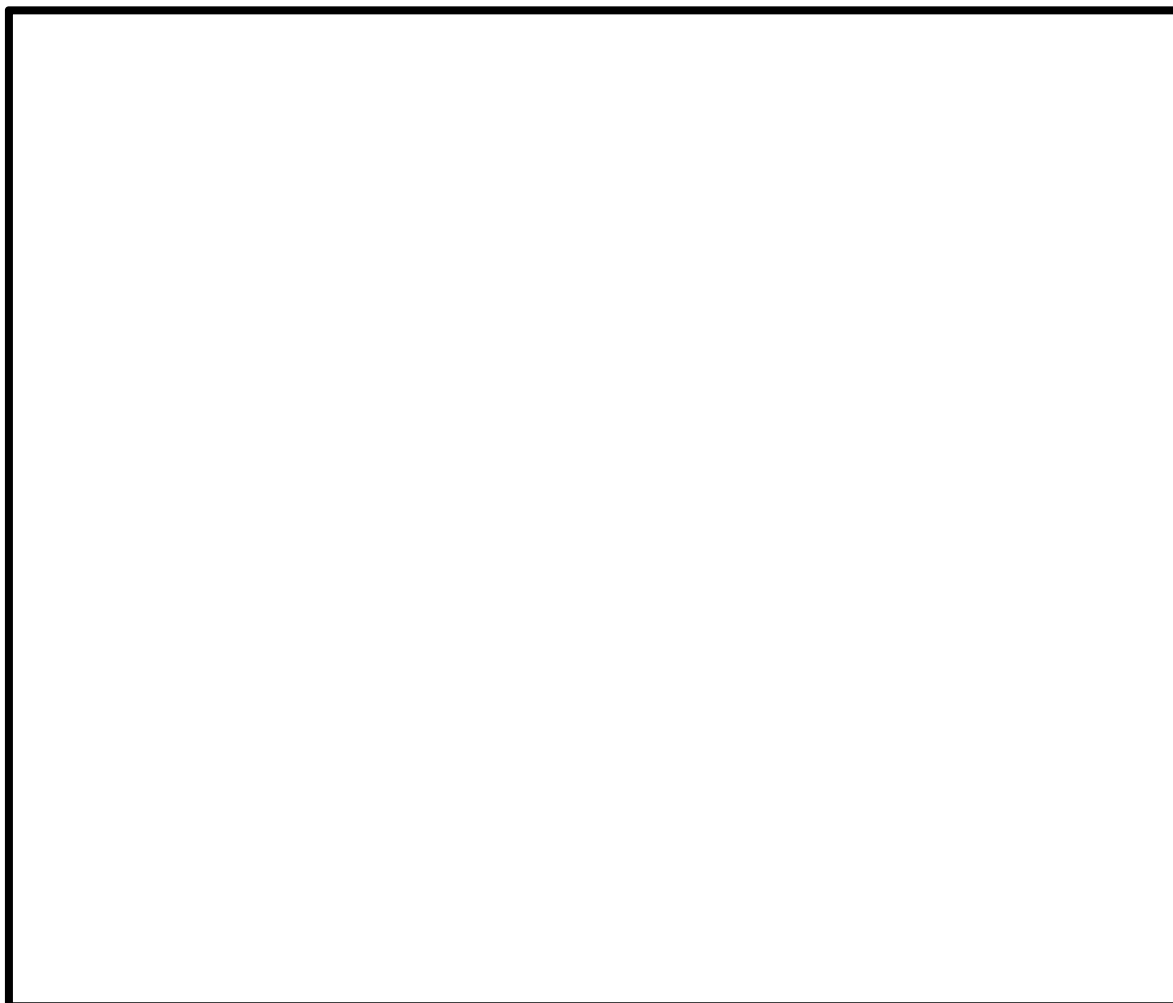
- 西山層に支持される施設には、下図に示す通り、原子炉建屋や廃棄物処理建屋等がある。
- 地質調査結果より、西山層にみられる褶曲構造は少なくとも古安田層堆積終了以降の活動が認められないこと、主要な断層の活動性については、試掘坑及び立坑調査などにより少なくとも古安田層堆積終了以降の活動が認められないことを確認していることから、西山層に支持される施設下に将来活動する可能性のある断層等はないと判断される。

西山層支持の施設	
1.耐震重要施設	2.重大事故等対処施設
1-1.原子炉建屋（主排気筒含む）	2-1.廃棄物処理建屋
1-2.タービン建屋	2-2. 5号炉原子炉建屋（緊急時対策所含む）
1-3.コントロール建屋	2-3.格納容器圧力逃がし装置
1-4.軽油タンク	2-4.常設代替交流電源設備
1-5.貯留堰	2-5.取水路

敷地内の地質構造図

4.1 西山層支持の施設（2）－大湊側の施設－

- 西山層支持施設のうち，大湊側には耐震重要施設のタービン建屋，コントロール建屋及び軽油タンク，並びに重大事故等対処施設の廃棄物処理建屋，格納容器圧力逃がし装置及び常設代替交流電源設備は，原子炉建屋の極近傍に位置している。



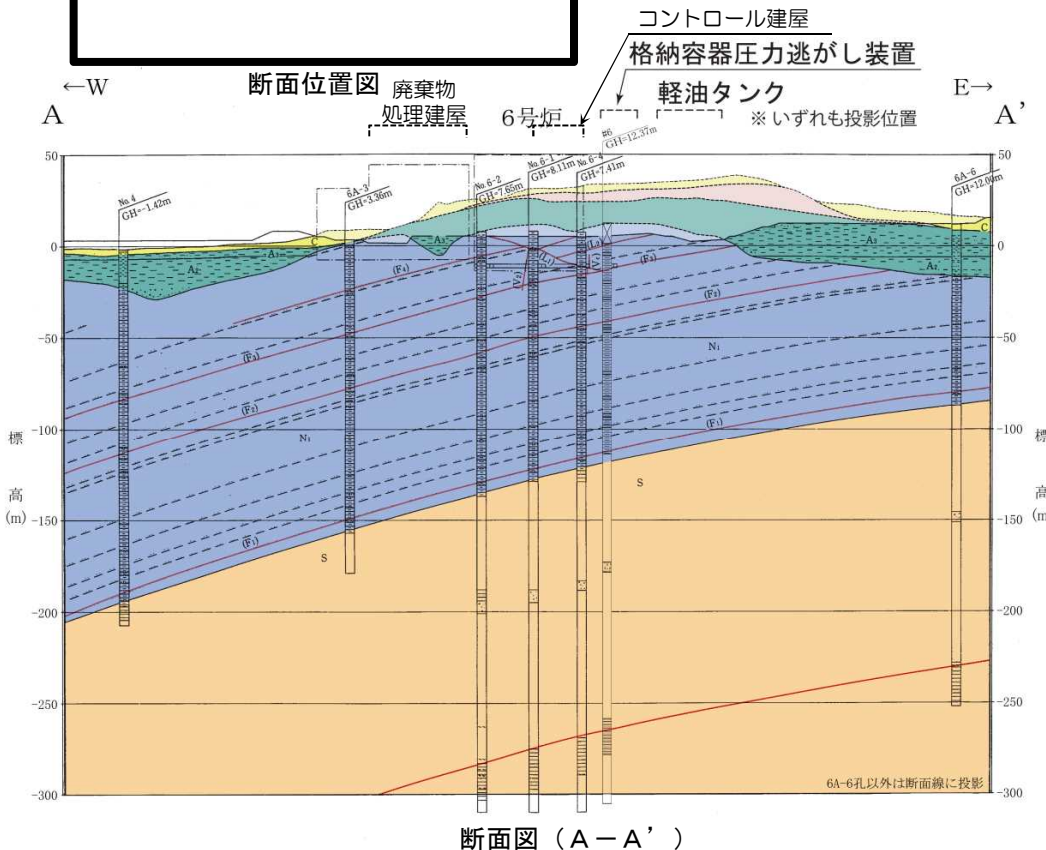
西山層支持の施設	
1.耐震重要施設	2.重大事故等対処施設
1-1.原子炉建屋（主排気筒含む）	2-1.廃棄物処理建屋
1-2.タービン建屋	2-2. 5号炉原子炉建屋（緊急時対策所含む）
1-3.コントロール建屋	2-3.格納容器圧力逃がし装置
1-4.軽油タンク	2-4.常設代替交流電源設備
1-5.貯留堰	2-5.取水路

ホーリング位置図

4.1 西山層支持の施設 (3) - 6号炉汀線直交断面 -



西山層支持の施設	
1.耐震重要施設	2.重大事故等対処施設
1-1.原子炉建屋 (主排気筒含む)	2-1.廃棄物処理建屋
1-2.タービン建屋	2-2. 5号炉原子炉建屋 (緊急時対策所含む)
1-3.コントロール建屋	2-3.格納容器圧力逃がし装置
1-4.軽油タンク	2-4.常設代替交流電源設備
1-5.貯留堀	2-5.取水路



- 柱状図凡例
- 盛土・埋め戻し土
 - 粘土・シルト
 - 砂
 - 礫
 - 塊状泥岩
 - 砂岩・泥岩互層
 - 砂岩(礫岩・泥岩を含む)
 - 礫混じり砂岩
 - 凝灰岩
 - 軽石
 - 粘土・土砂状・角礫岩状

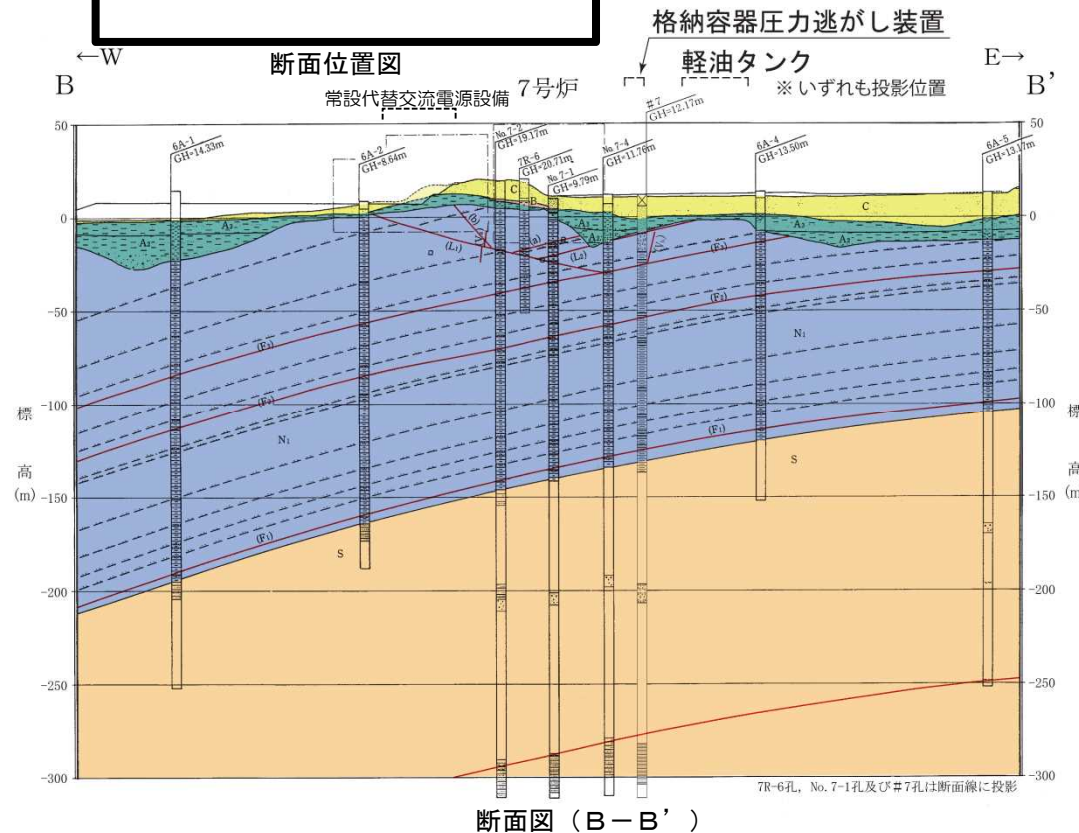
- 地質凡例
- 盛土・埋め戻し土
 - 新期砂層・沖積層(C)
 - 砂
 - 番神砂層・大湊砂層(B)
 - 粘土・シルト
 - 砂
 - 礫
 - 古安田層(A2・A3)
 - 塊状泥岩
 - 凝灰岩類
 - 砂
 - 礫岩・泥岩を含む
 - 断層(断層名) (破線は推定部)
 - 旧地表面
 - 西山層(N1)
 - 椎谷層(S)

- 西山層中に $F_1 \sim F_4$, V_2 , V_c , L_1 , L_2 断層が分布している。
- 6号炉直下には, V_2 , V_c , L_1 , L_2 断層が分布している。

4.1 西山層支持の施設 (4) - 7号炉汀線直交断面 -



西山層支持の施設	
1.耐震重要施設	2.重大事故等対処施設
1-1.原子炉建屋 (主排気筒含む)	2-1.廃棄物処理建屋
1-2.タービン建屋	2-2. 5号炉原子炉建屋 (緊急時対策所含む)
1-3.コントロール建屋	2-3.格納容器圧力逃がし装置
1-4.軽油タンク	2-4.常設代替交流電源設備
1-5.貯留埋	2-5.取水路

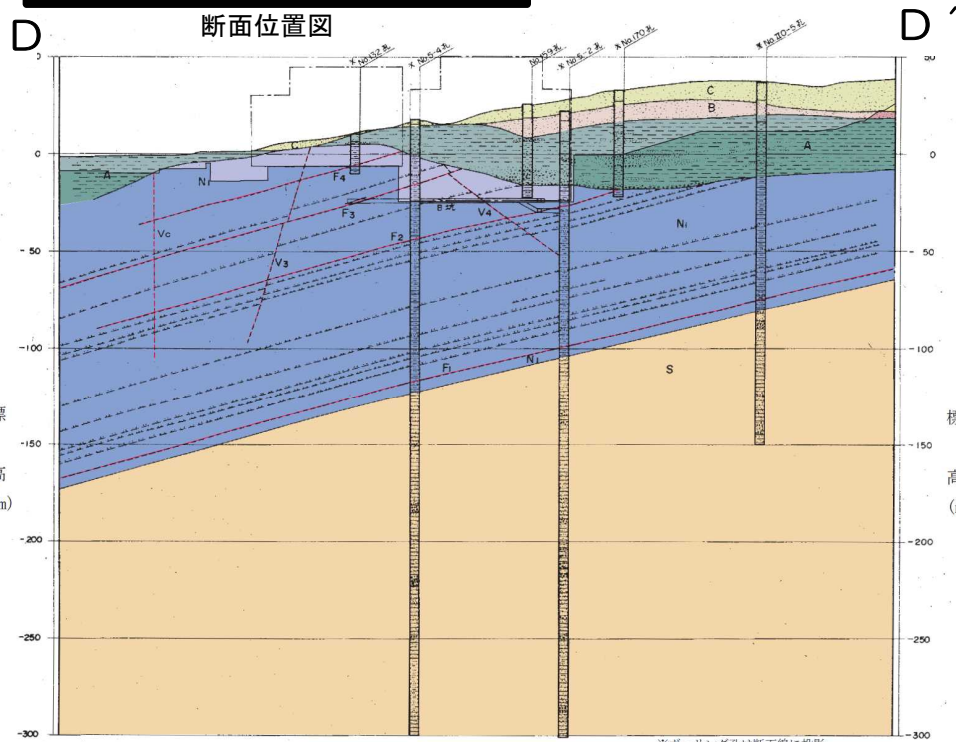
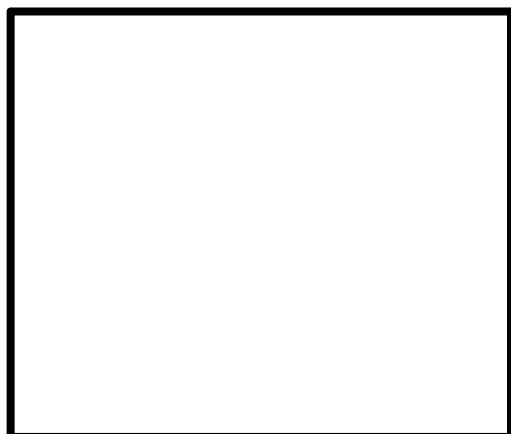


- 柱状図凡例
- 盛土・埋め戻し土
 - 粘土・シルト
 - 砂
 - 礫
 - 塊状泥岩
 - 砂岩・泥岩互層
 - 砂岩(礫岩・泥岩を含む)
 - 礫混じり砂岩
 - 凝灰岩
 - 軽石
 - 粘土・土砂状・角礫岩状

- 地質凡例
- 盛土・埋め戻し土
 - 砂
 - 砂
 - 粘土・シルト
 - 砂
 - 礫
 - 塊状泥岩
 - 凝灰岩類
 - 砂
 - 礫岩・泥岩を含む
 - 断層(断層名) (破線は推定部)
 - 旧地表面
 - 新期砂層・沖積層(C)
 - 番神砂層・大湊砂層(B)
 - 古安田層(A2・A3)
 - 西山層(N1)
 - 椎谷層(S)

- 西山層中にF₁~F₃, V₁, V_a, V_b, L₁, L₂断層が分布している。
- 7号炉直下には, V_a, V_b, L₁断層が分布している。

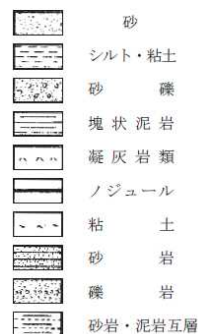
4.1 西山層支持の施設 (5) - 5号炉汀線直交断面 -



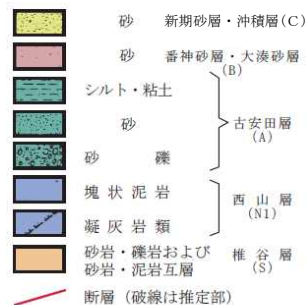
断面図 (D—D')

西山層支持の施設	
1.耐震重要施設	2.重大事故等対処施設
1-1.原子炉建屋 (主排気筒含む)	2-1.廃棄物処理建屋
1-2.タービン建屋	2-2. 5号炉原子炉建屋 (緊急時対策所含む)
1-3.コントロール建屋	2-3.格納容器圧力逃がし装置
1-4.軽油タンク	2-4.常設代替交流電源設備
1-5.貯留堀	2-5.取水路

柱状図凡例



地質凡例



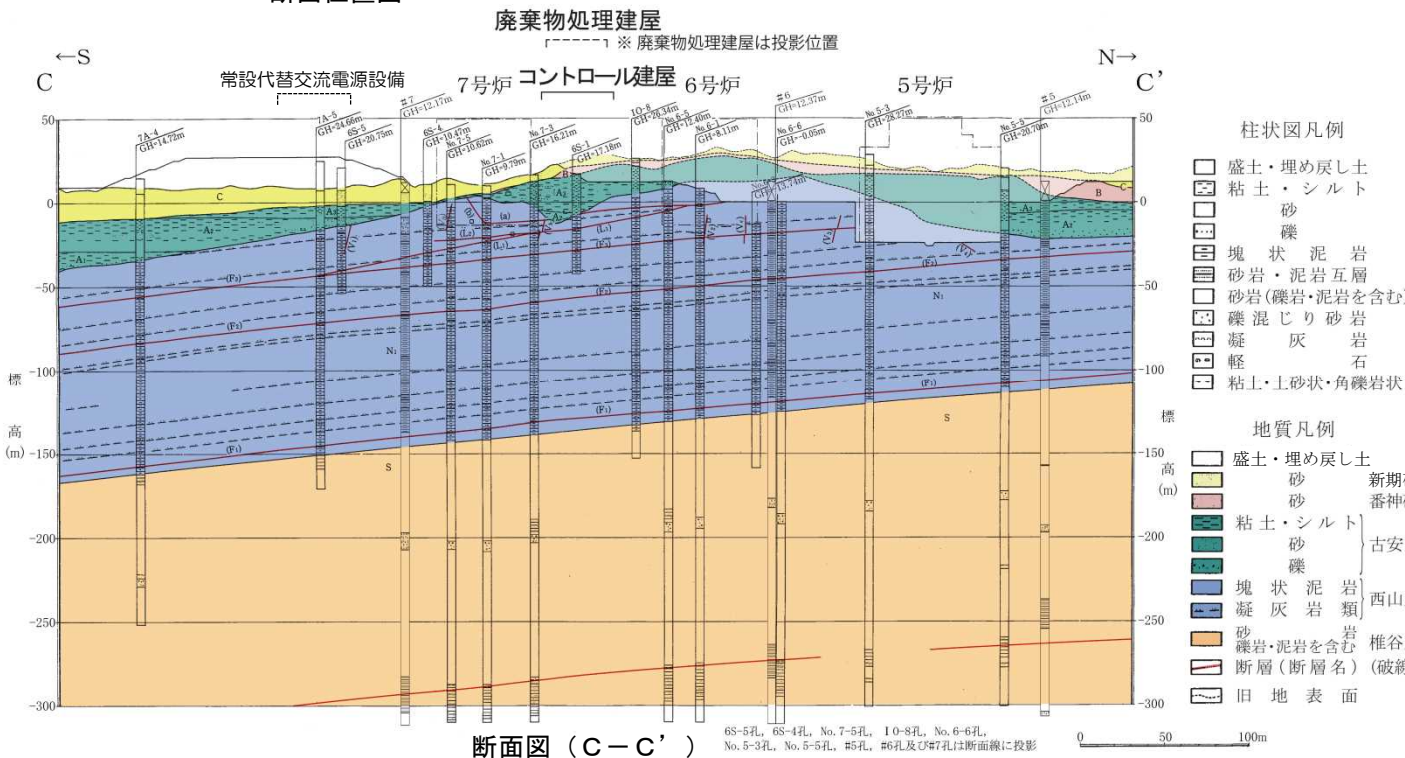
- 西山層中に $F_1 \sim F_4$, V_3 , V_4 断層が分布している。
- 5号炉直下には, F_2 , V_3 , V_4 断層が分布している。

4.1 西山層支持の施設 (6) -5・6・7号炉汀線平行断面-



断面位置図

西山層支持の施設	
1.耐震重要施設	2.重大事故等対処施設
1-1.原子炉建屋 (主排気筒含む)	2-1.廃棄物処理建屋
1-2.タービン建屋	2-2. 5号炉原子炉建屋 (緊急時対策所含む)
1-3.コントロール建屋	2-3.格納容器圧力逃がし装置
1-4.軽油タンク	2-4.常設代替交流電源設備
1-5.貯留堤	2-5.取水路



断面図 (C-C')

6S-5孔, 6S-4孔, No.7-5孔, 10-8孔, No.6-6孔, No.5-3孔, No.5-5孔, #5孔, #6孔及び#7孔は断面線に投影

■ 西山層中に $F_1 \sim F_3$, $V_1 \sim V_4$, $V_a \sim V_c$, L_1 , L_2 断層が分布している。

柱状図凡例

- 盛土・埋め戻し土
- 粘土・シルト
- 砂
- 礫
- 塊状泥岩
- 砂岩・泥岩互層
- 砂岩(礫岩・泥岩を含む)
- 礫混じり砂岩
- 凝灰岩
- 軽石
- 粘土・土砂状・角礫岩状

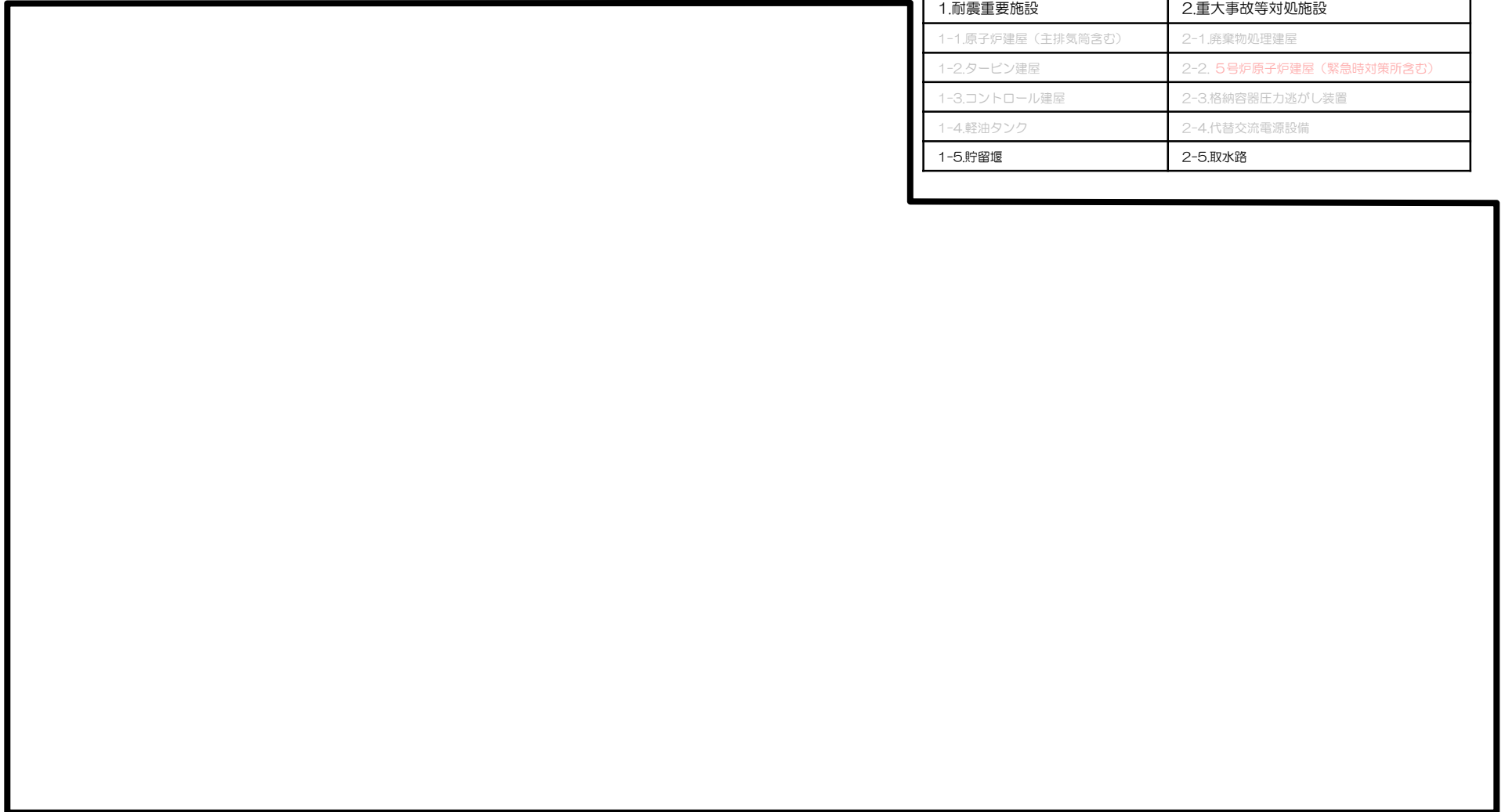
地質凡例

- 盛土・埋め戻し土
- 砂 新期砂層・沖積層(C)
- 砂 番神砂層・大湊砂層(B)
- 粘土・シルト 古安田層(A1~A3)
- 砂 礫 西山層(N1)
- 塊状泥岩 凝灰岩類 椎谷層(S)
- 砂 礫岩・泥岩を含む
- 断層(断層名) (破線は推定部)
- 旧地表面

1.	調査内容	・・・	4
2.	敷地の地質・地質構造	・・・	6
3.	敷地の断層		
3.1	大湊側		
3.1.1	概要	・・・	13
3.1.2	L ₁ ・L ₂ 断層	・・・	22
3.1.3	V系断層	・・・	30
3.1.4	F系断層	・・・	40
3.2	荒浜側		
3.2.1	概要	・・・	48
3.2.2	V系断層	・・・	53
3.2.3	α ・ β 断層	・・・	59
3.2.4	①・②断層	・・・	72
3.2.5	F系断層	・・・	78
4.	耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造	・・・	147
4.1	西山層支持の施設	・・・	149
4.2	第四紀層支持の施設	・・・	156

4.2 第四紀層支持の施設

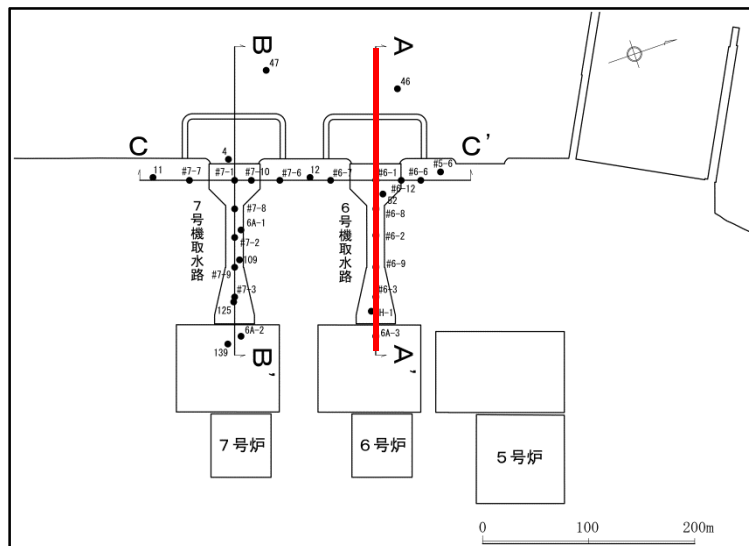
- 第四紀層に支持される施設には，貯留堰と取水路がある。



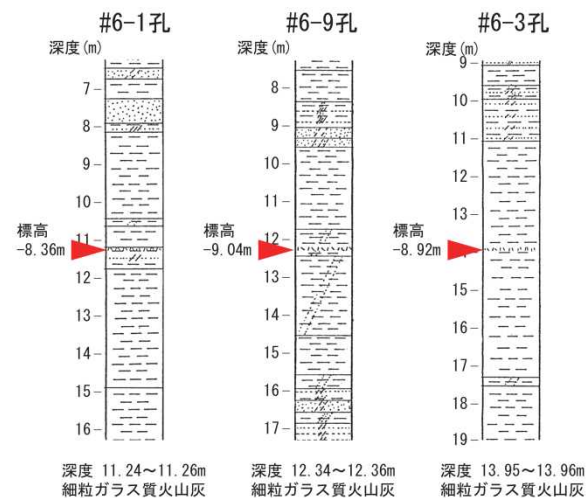
第四紀層支持の施設	
1.耐震重要施設	2.重大事故等対処施設
1-1.原子炉建屋（主排気筒含む）	2-1.廃棄物処理建屋
1-2.タービン建屋	2-2. 5号炉原子炉建屋（緊急時対策所含む）
1-3.コントロール建屋	2-3.格納容器圧力逃がし装置
1-4.軽油タンク	2-4.代替交流電源設備
1-5.貯留堰	2-5.取水路

敷地内の地質構造図

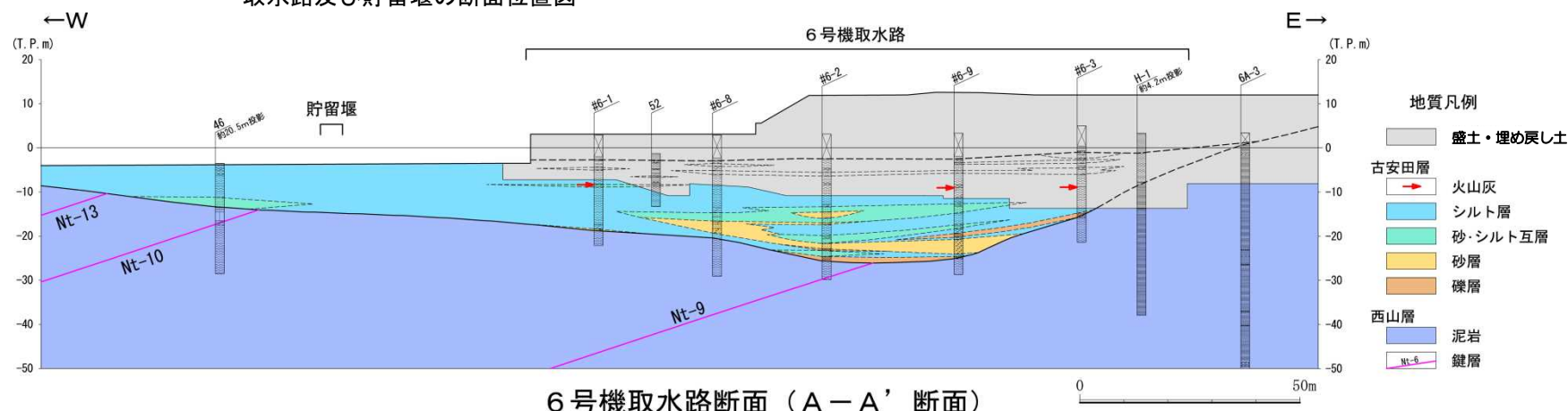
4.2 第四紀層支持の施設（取水路及び貯留堰の地盤）



取水路及び貯留堰の断面位置図



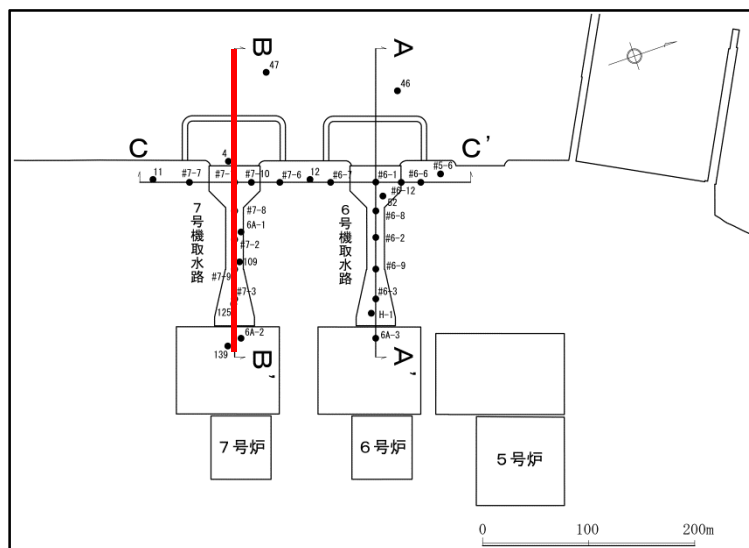
火山灰の分布層準



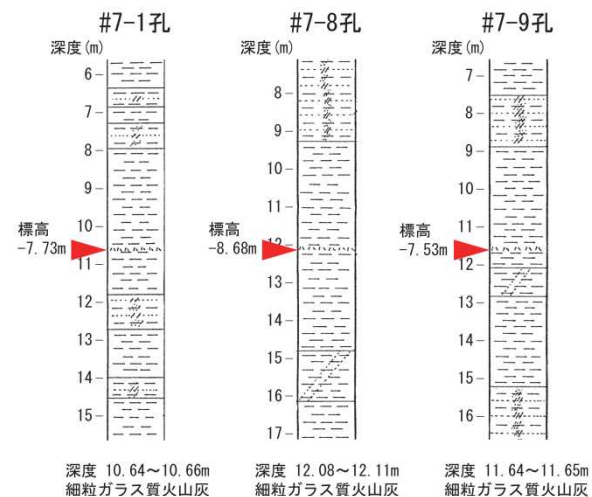
6号機取水路断面（A-A'断面）

- 西山層を不整合に覆う古安田層は、砂層及び礫層をレンズ状に挟在しており、その上位にはシルト層及び砂・シルト互層がほぼ水平に分布している。上部のシルト層が卓越する部分には、ほぼ同じ標高に火山灰層（細粒ガラス質火山灰）が分布していることから、取水路及び貯留堰の支持地盤に断層は推定されない。

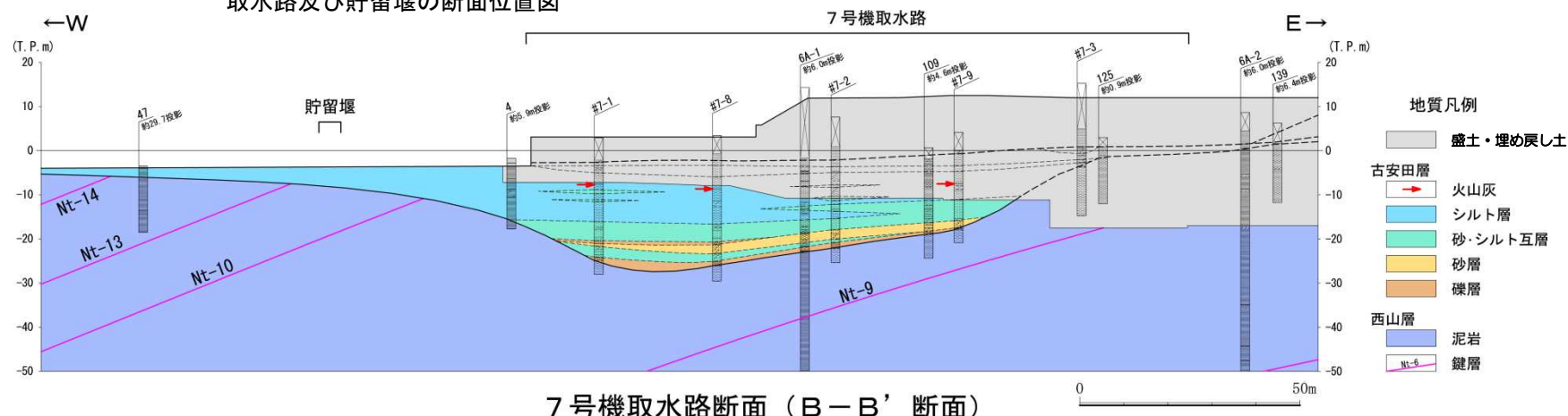
4.2 第四紀層支持の施設（取水路及び貯留堰の地盤）



取水路及び貯留堰の断面位置図



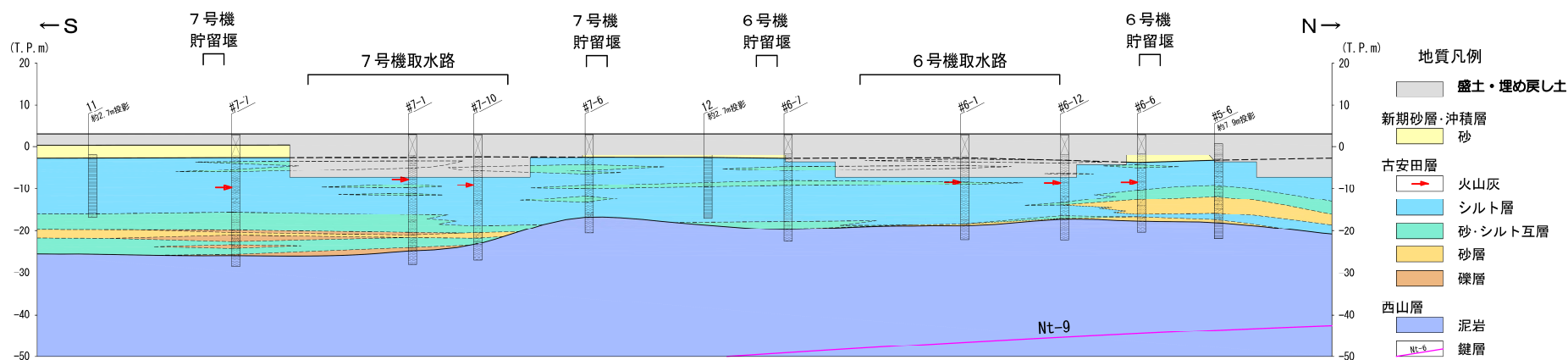
火山灰の分布層準



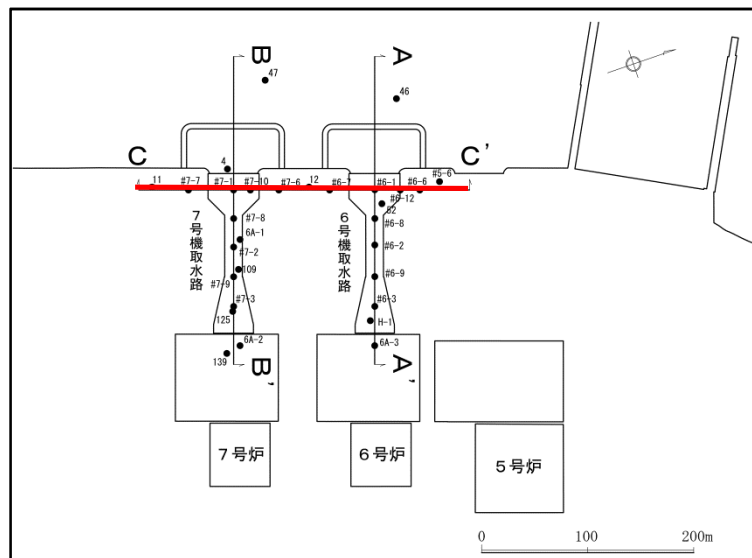
7号機取水路断面 (B-B' 断面)

- 西山層を不整合に覆う古安田層は、砂層及び礫層をレンズ状に挟在しており、その上位にはシルト層及び砂・シルト互層がほぼ水平に分布している。上部のシルト層が卓越する部分には、ほぼ同じ標高に火山灰層（細粒ガラス質火山灰）が分布していることから、取水路及び貯留堰の支持地盤に断層は推定されない。

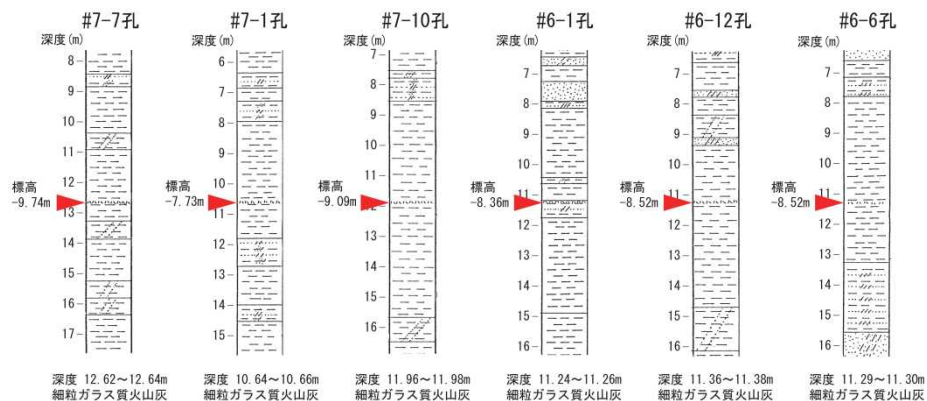
4.2 第四紀層支持の施設（取水路及び貯留堰の地盤）



6・7号機取水路横断面（C-C' 断面）



取水路及び貯留堰の断面位置図



火山灰の分布層準

- 西山層を覆う古安田層は、砂層及び礫層をレンズ状に挟在しており、その上位にはシルト層及び砂・シルト互層がほぼ水平に分布している。上部のシルト層が卓越する部分には、ほぼ同じ標高に火山灰層（細粒ガラス質火山灰）が分布していることから、取水路及び貯留堰の支持地盤に断層は推定されない。

4.まとめ（耐震重要施設及び重大事故等対処施設付近の地質・地質構造）

- 耐震重要施設及び重大事故等対処施設のうち、西山層に支持される施設については、地質調査結果によると、西山層にみられる褶曲構造は少なくとも古安田層堆積終了以降の活動が認められないこと、主要な断層の活動性については、試掘坑及び立坑調査などにより少なくとも古安田層堆積終了以降の活動が認められないことから、施設下に将来活動する可能性のある断層等はないと判断される。
- 第四紀層に支持される施設については、地質調査結果によると、支持地盤は西山層を被覆する古安田層等からなり、これらの地層がほぼ水平に分布していることから、支持地盤に断層は推定されず、施設下に将来活動する可能性のある断層等はないと判断される。

まとめ（敷地の地質・地質構造）

- ボーリング調査及び立坑調査等の結果によると、大湊側及び荒浜側の敷地に分布する断層（V系断層，F系断層， $L_1 \cdot L_2$ 断層， $\alpha \cdot \beta$ 断層，①・②断層）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，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。一連の正断層（ F_5 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，深部への連続性がないことから震源として考慮する活断層ではないと判断される。
- ボーリング調査等の結果によると，耐震重要施設及び重大事故等対処施設の支持地盤に断層は推定されず，施設下に将来活動する可能性のある断層等はないと判断される。

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.
- 千木良 雅弘(1988):泥岩の化学的風化 —新潟県更新統灰爪層の例—,地質学雑誌,vol.94,no.6,pp.419-431.
- 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.
- 原村 寛(1963):古生層の粘板岩の化学組成:V古生層と第三紀層の比較,地質学雑誌,vol.69,no.811,pp201-206.
- A.H.RACHOCKI(1995):扇状地の形成と発達, pp.93-123.
- Keisuke Yoshida, Akira Hasegawa, Tomomi Okada, Takeshi linuma, 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, pp.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, pp. 627-651.