

柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉 敷地近傍の地質・地質構造について

平成28年4月18日
東京電力ホールディングス株式会社

※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。

TEPCO

- 1 敷地近傍の地形
- 2 敷地近傍の地質
- 3 敷地近傍の変動地形
- 4 敷地近傍の地質構造
- 5 古安田層の年代に関する評価
- 6 真殿坂断層に関する評価
- 7 寺尾付近の断層に関する評価
- 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
- 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
- 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

-
- 1 敷地近傍の地形
 - 2 敷地近傍の地質
 - 3 敷地近傍の変動地形
 - 4 敷地近傍の地質構造
 - 5 古安田層の年代に関する評価
 - 6 真殿坂断層に関する評価
 - 7 寺尾付近の断層に関する評価
 - 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
 - 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
 - 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

1. 敷地近傍の地形

- 敷地近傍陸域の地形は、寺泊・西山丘陵，中央丘陵，柏崎平野及び荒浜砂丘からなる。
- 寺泊・西山丘陵は，日本海に面した標高150m程度以下のなだらかな丘陵である。
- 中央丘陵は，NNE－SSW方向に連続する標高300m程度の丘陵である。
- 柏崎平野は，鯖石川，別山川等により形成された南北15km，東西4km～7kmの沖積平野であり，平野西側の海岸部には荒浜砂丘が分布する。
- 敷地は，寺泊・西山丘陵の南西部の日本海に面した荒浜砂丘北部に位置する。
- 敷地近傍海域は大陸棚に位置し，水深は最大50m程度であり，緩やかな海底勾配を示す。



敷地近傍陸域の地形図

-
- 1 敷地近傍の地形
 - 2 敷地近傍の地質
 - 3 敷地近傍の変動地形
 - 4 敷地近傍の地質構造
 - 5 古安田層の年代に関する評価
 - 6 真殿坂断層に関する評価
 - 7 寺尾付近の断層に関する評価
 - 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
 - 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
 - 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

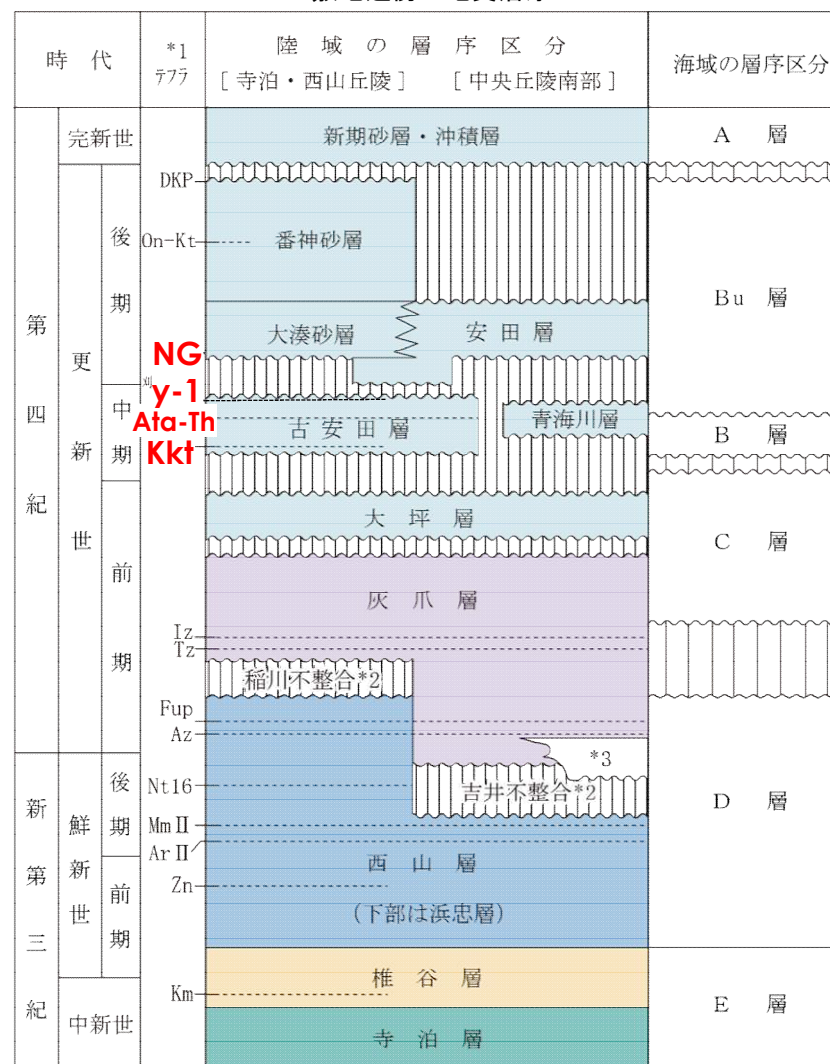
2. 敷地近傍の地質層序

- M_I面は、大湊砂層あるいは安田層から構成され、大湊砂層に中子軽石層が挟在する。
- 大湊砂層あるいは安田層の下位には中部更新統古安田層が分布し、刈羽テフラ、阿多鳥浜テフラ、加久藤テフラが挟在する。
- 敷地近傍海域においては、上位からA層、Bu層、B層、C層、D層及びE層が分布する。

○主な指標テフラ

名称	降下時期
中子軽石層 (NG)	約13万年前
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

敷地近傍の地質層序



*1 テフラの名称・年代は、岸ほか(1996)などによる。

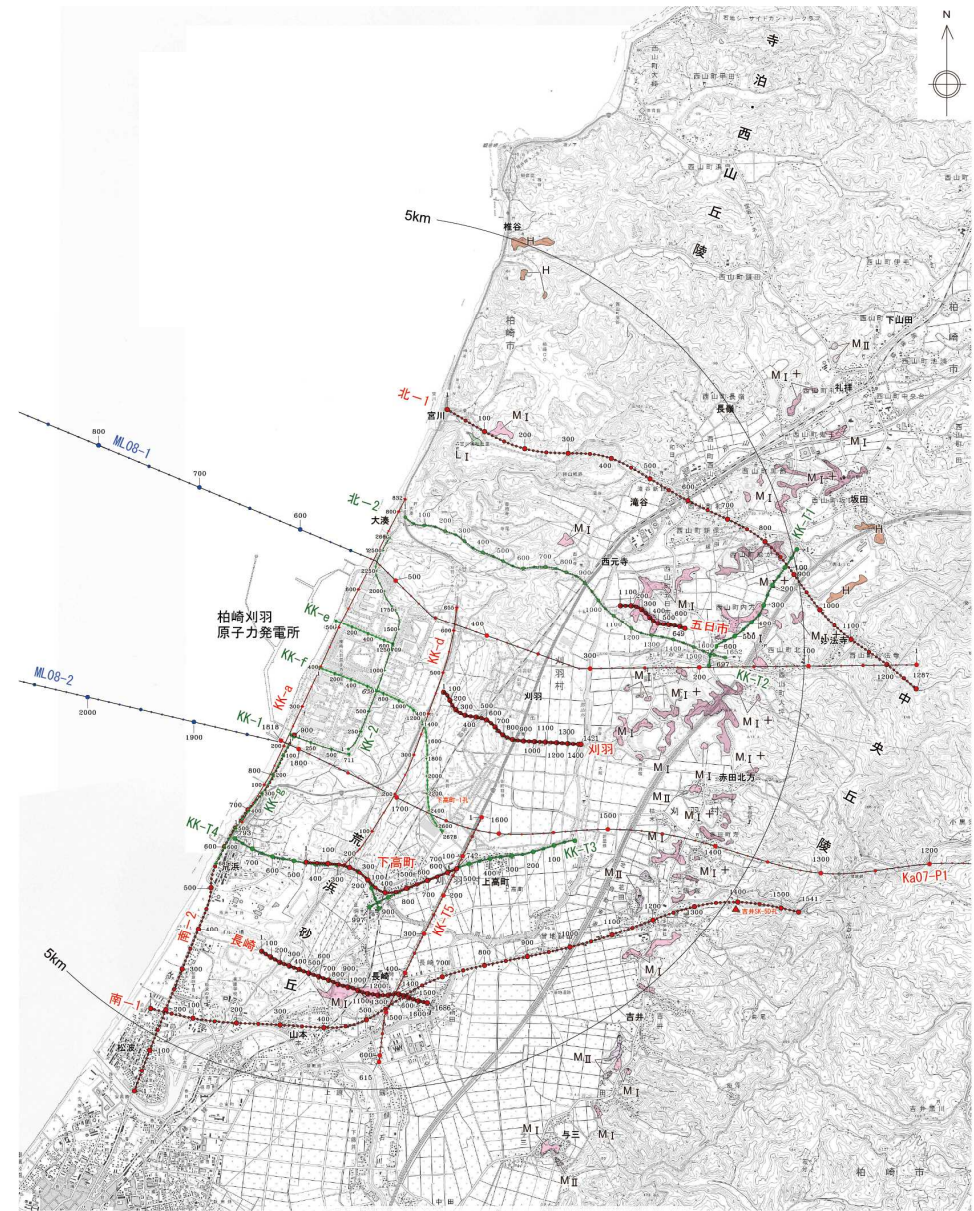
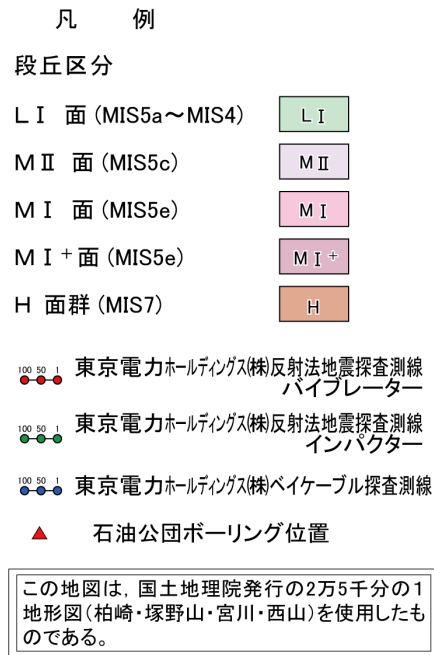
*2 不整合の名称は、岸ほか(1996)による。

*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。

-
- 1 敷地近傍の地形
 - 2 敷地近傍の地質
 - 3 敷地近傍の変動地形
 - 4 敷地近傍の地質構造
 - 5 古安田層の年代に関する評価
 - 6 真殿坂断層に関する評価
 - 7 寺尾付近の断層に関する評価
 - 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
 - 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
 - 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

3. 敷地近傍の変動地形（空中写真判読図）

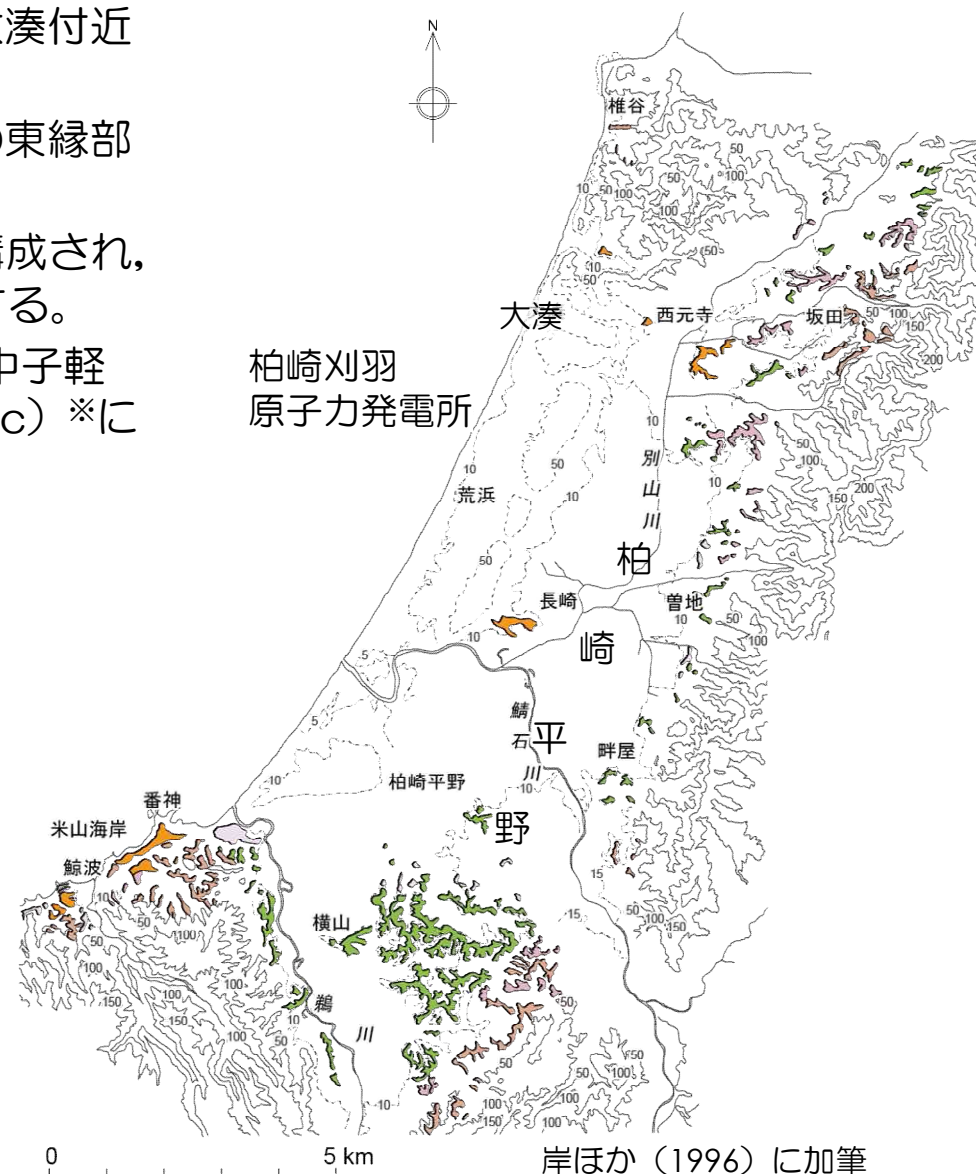
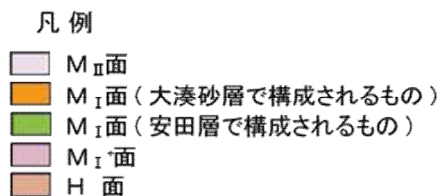
- 空中写真判読結果によると、敷地近傍陸域周辺に分布する段丘面は、その標高、分布形態、連続性、面の開析程度等により、高位からH面群、M_I⁺面、M_I面、M_{II}面及びL_I面に区分される。
- 最も広く分布する段丘面はM_I面である。
- 敷地及び敷地近傍にリニアメントは判読されない。



敷地近傍陸域の空中写真判読図

3. 敷地近傍の変動地形（M I 面の構成層）

- 大湊砂層で構成されるM_I面は，柏崎市大湊付近から南西側に分布している。
- 安田層で構成されるM_I面は，柏崎平野の東縁部～南部に分布している。
- M_I面は，大湊砂層あるいは安田層から構成され，大湊砂層には中子軽石層（NG）が挟在する。
- なお，町田・新井（2011）によると，中子軽石層（NG）は飯縄上樽cテフラ（Iz-KTc）※に対比される。



岸ほか（1996）に加筆
柏崎平野及びその周辺における段丘分布図

※飯縄上樽テフラの名称については，
鈴木毅彦（2001）に従うものとする。

3. 敷地近傍の変動地形（安田面の年代）

- 安田層下部層はシルト～粘土層，安田層上部層は砂質シルト，砂層及び礫層が優勢の淡水～汽水域の堆積物からなることから，これらは海進に伴い堆積したと推定される。
- 安田層を構成層とするM₁面（安田面）の形成年代を推定できる示標テフラ等は確認されていないが，柏崎平野において最も広く分布すること，安田層は谷埋め性の堆積物であることなどから，下末吉面（MIS5e）に対比される。
- なお，安田層は柏崎平野団体研究グループ（1966）によっても柏崎平野における後期洪積世の段丘堆積物と定義され，同層が形成する段丘面は安田面とされている。

安田層上部層と下部層との境界



(柏崎市佐藤池新田)
安田層下部の暗青灰色シルト層及びその上位の安田層上部の砂・砂質シルト互層。

-
- 1 敷地近傍の地形
 - 2 敷地近傍の地質
 - 3 敷地近傍の変動地形
 - 4 敷地近傍の地質構造
 - 5 古安田層の年代に関する評価
 - 6 真殿坂断層に関する評価
 - 7 寺尾付近の断層に関する評価
 - 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
 - 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
 - 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

4. 敷地近傍の地質構造

- 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。
- 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。
- 中央丘陵においては、NNE-SSW方向ないしNE-SW方向に連続する中央油帯背斜が分布する。

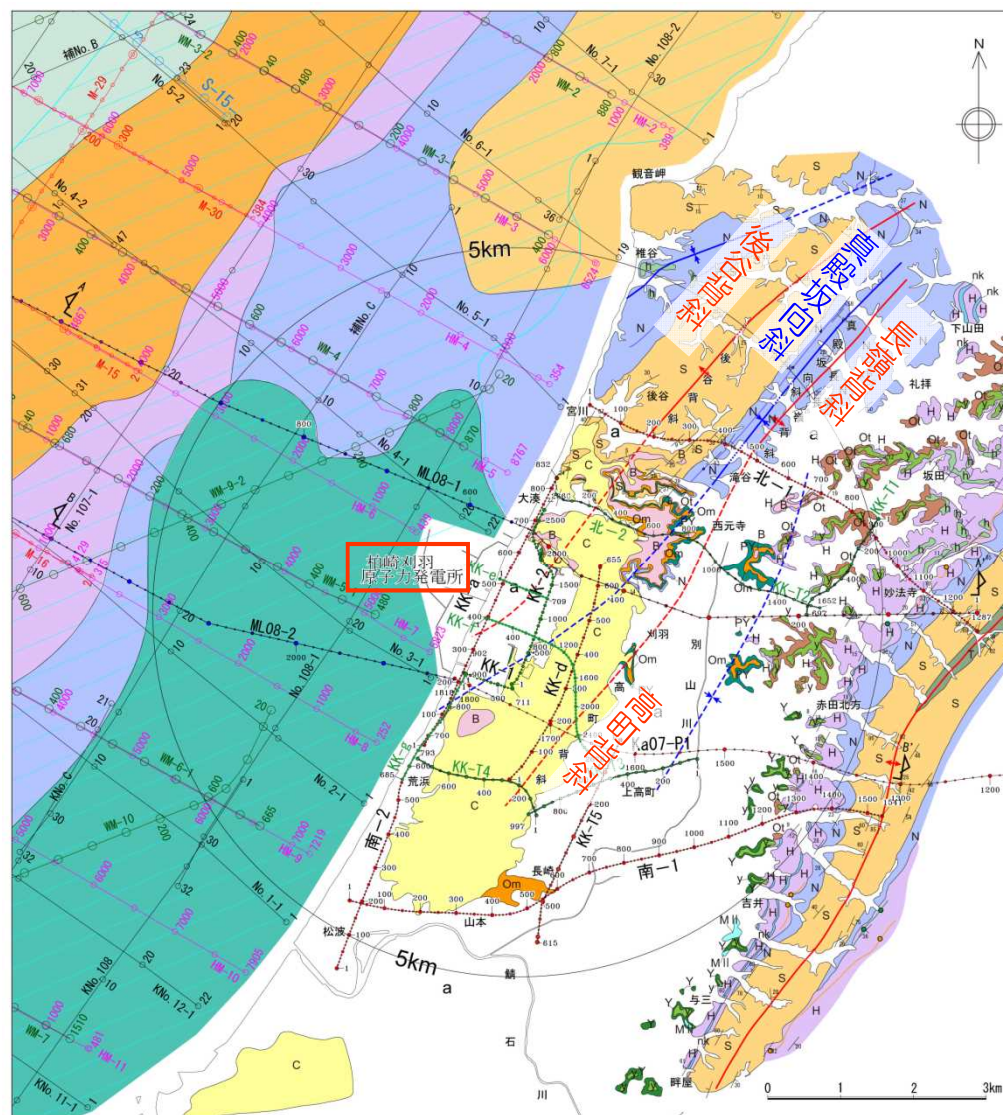
海域の凡例

凡例	
	A層(沖積層相当)分布域
	Bu層(低位~中位段丘面堆積物相当)
	B~Bu層
	B層(高位段丘面堆積物相当)
	C層(灰爪層相当)
	D層(西山層相当)
	E層(椎谷層~七谷層相当)

	Iz テフラ
	Az テフラ
	Zn テフラ
テフラの名称は岸ほか(1996)による	
	向斜軸
	背斜軸
	層理面の走向・傾斜

陸域の凡例

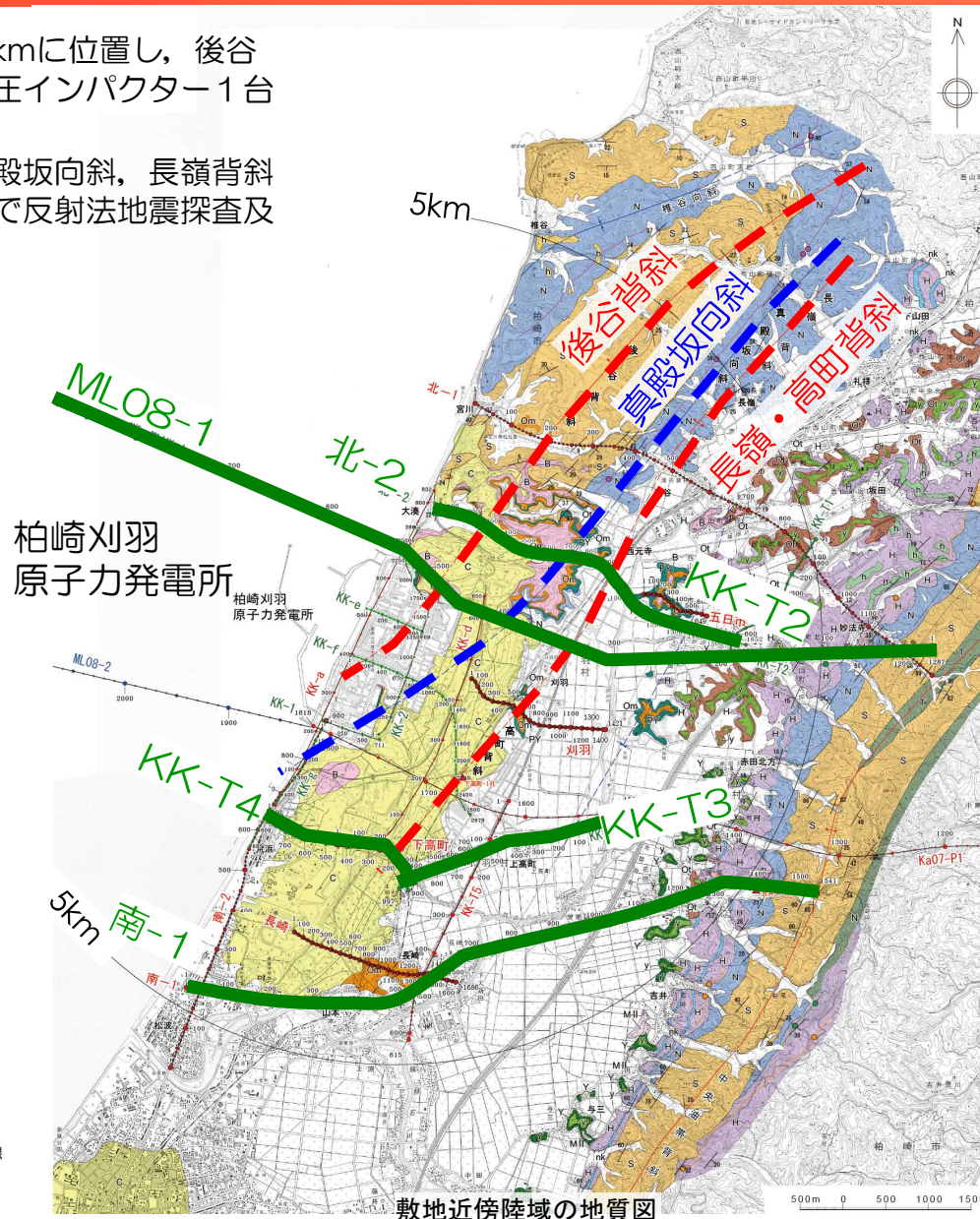
凡例	
	a 沖積層・盛土
	C 新期砂層
	MII 面堆積物(MIS5c)
	B 番神砂層(MIS5e~MIS4)
	Om 大湊砂層(MIS5e)
	y 安田層上部層(MIS5e)
	Y 安田層下部層(MIS5e)
	h H面群堆積物(MIS7)
	PY 古安田層(MIS10~MIS7)
	Ot 大坪層
	H 灰爪層
	nk 灰爪層(石灰質砂岩)
	N 西山層
	S 椎谷層
	T 寺泊層



敷地近傍の地質図

4. 敷地近傍の地質構造

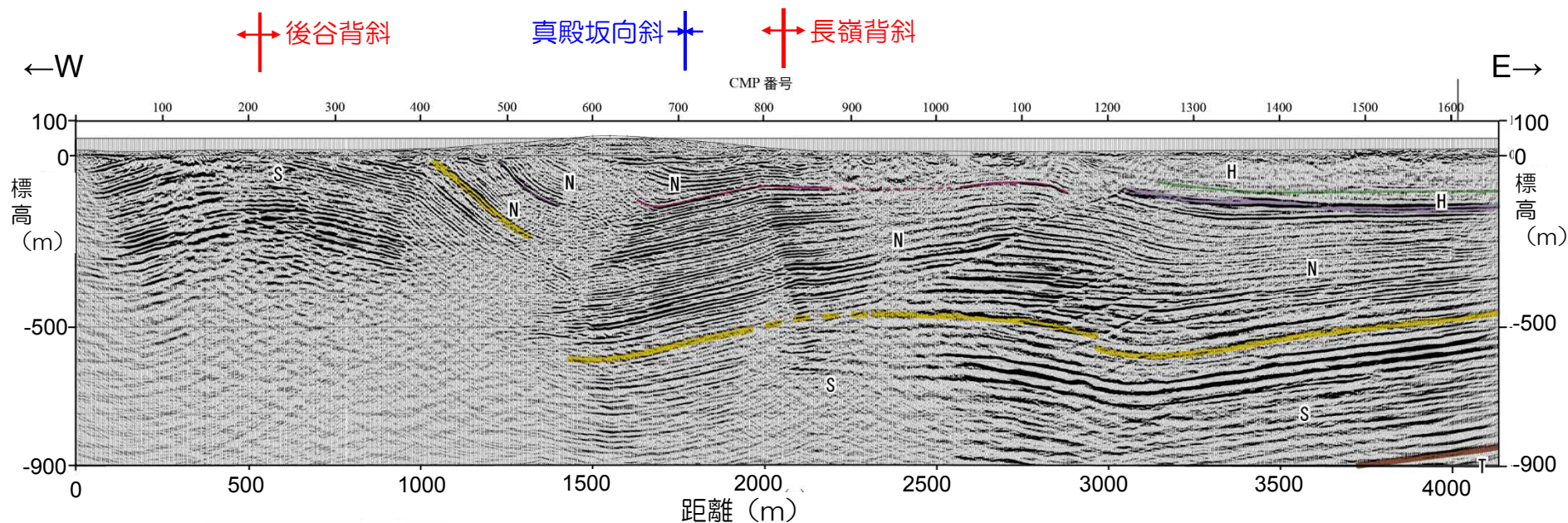
- 北-2測線及びKK-T2測線は、敷地の北方約2.5kmに位置し、後谷背斜，真殿坂向斜，長嶺背斜を横断する測線であり，油圧インパクト1台で反射法地震探査を実施した。
- ML08-1線は，敷地の北側に位置し，後谷背斜，真殿坂向斜，長嶺背斜を横断する測線である。バイブレーター4台とエアガンで反射法地震探査及び海上音波探査を実施した。
- KK-T4測線及びKK-T3測線は，敷地の南方約2.5kmに位置し，高町背斜を横断する測線である。油圧インパクト1台で反射法地震探査を実施した。
- 南-1測線は，敷地の南方約3.5kmに位置する測線である。バイブレーター1台で反射法地震探査を実施した。
- これら調査結果もふまえ，敷地近傍に分布する褶曲構造及び断層については，震源として考慮する活動層が否かについて，検討を行うこととする。



敷地近傍陸域の地質図

4. 敷地近傍の地質構造（反射法地震探査結果（北-2測線+KK-T2測線）統合解析結果）

- 長嶺背斜の東側において、西山層以下の地層は、大局的には緩やかな向斜構造を示し、西山層以下の地層に、数本の西傾斜の逆断層が認められるが、それらは深部まで連続しない。（当該断層に関する評価をP.73～P.79に示す。）



凡例	テフラ
灰爪層 (H)	Az
西山層 (N)	Nt16 Zn
椎谷層 (S)	
寺泊層 (T)	

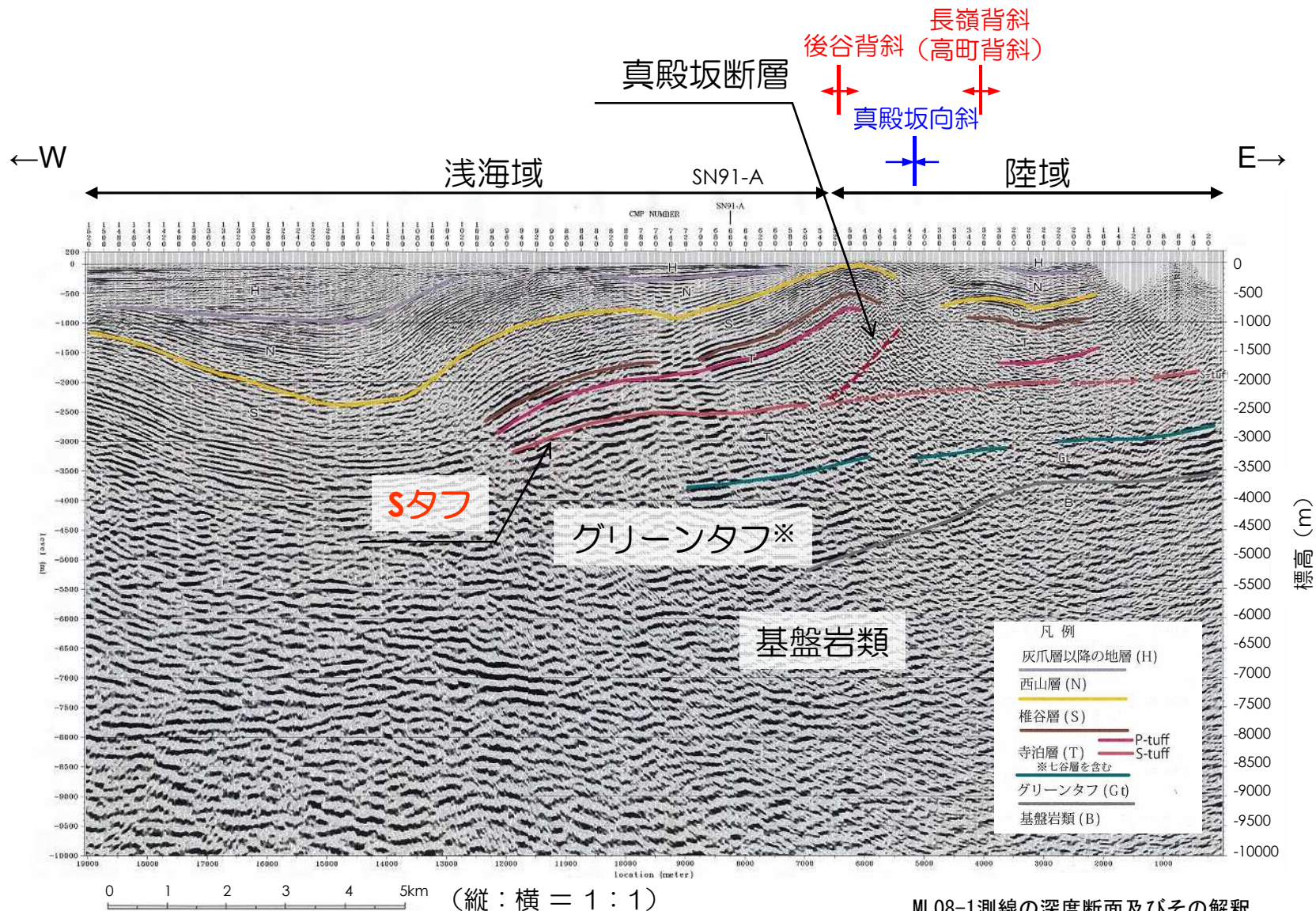
(註) テフラ名は、敷地内調査結果、岸ほか(1996)による

(縦：横 = 1 : 1)

北-2 測線及びKK-T2測線の深度断面及びその解釈

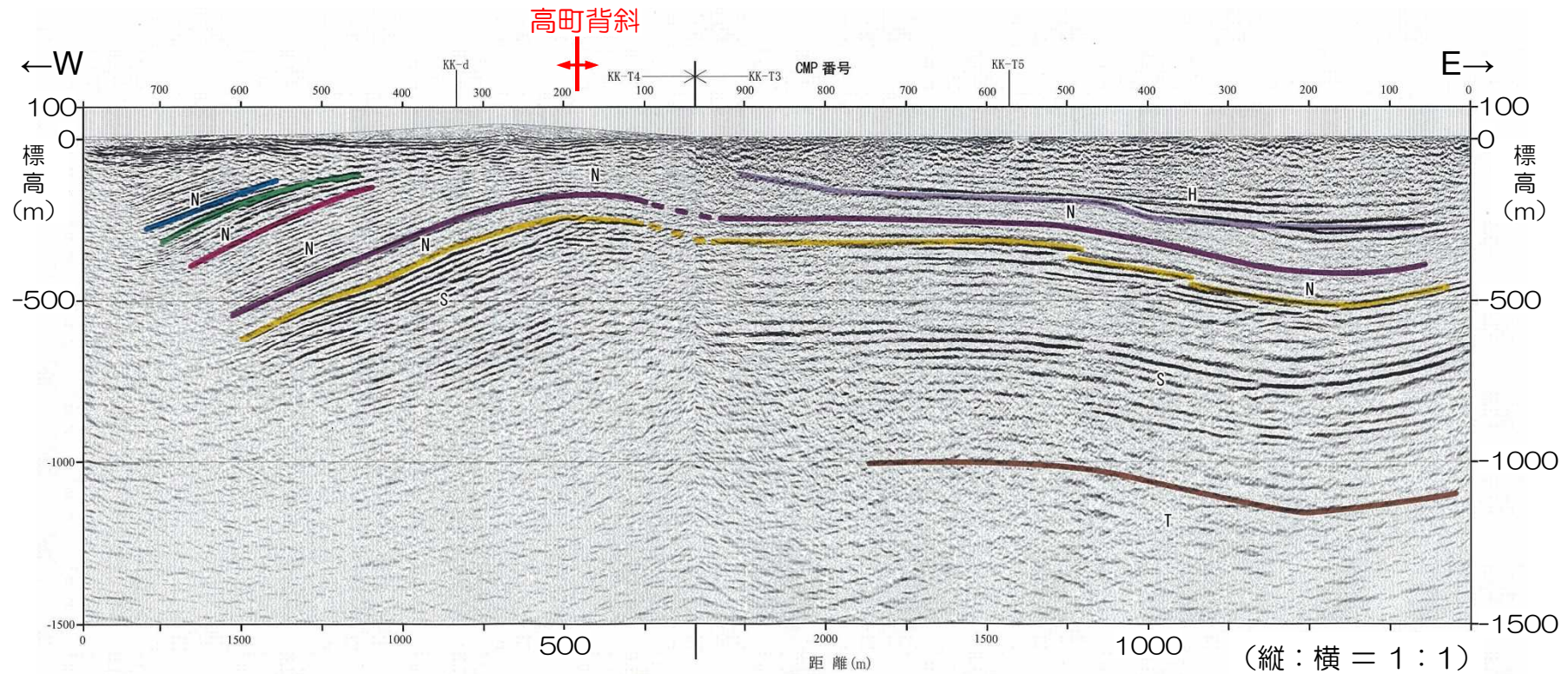
4. 敷地近傍の地質構造（反射法地震探査結果（ML08-1測線））

- 後谷背斜，真殿坂向斜，長嶺背斜（高町背斜）に対応する褶曲構造が認められる。



4. 敷地近傍の地質構造 (KK-T4測線+KK-T3測線)

- 高町背斜の東側においては、西山層以下の地層は緩やかな向斜構造を示す。

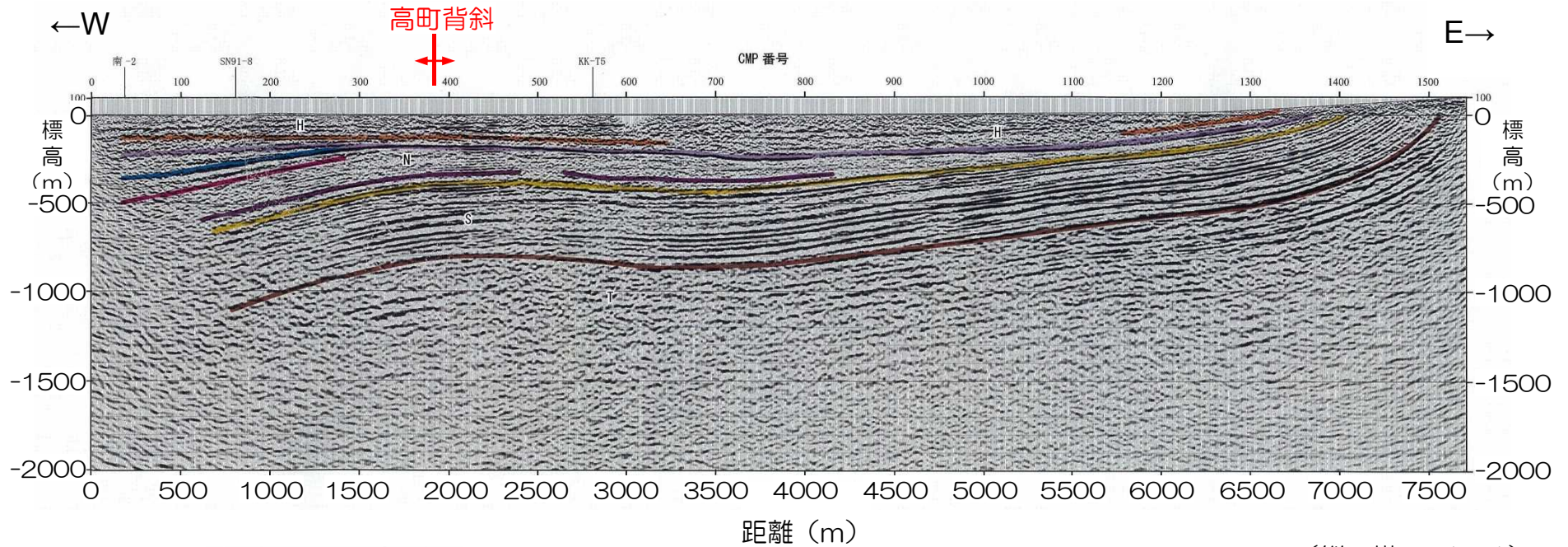


(註) テフラの名称は敷地内調査結果、
岸ほか(1996)による

KK-T3測線及びKK-T4測線の深度断面及びその解釈

4. 敷地近傍の地質構造（反射法地震探査結果（南-1測線））

■ 西山層以下の地層は、平野内はやや波状を呈するものの、西傾斜の緩やかな同斜構造を示す。



(縦：横 = 1 : 1)

- 凡例
- テフラ
 - 灰爪層 (H) ———— lz
 - Fup
 - 西山層 (N) ———— Nt16
 - Zn
 - 椎谷層 (S) ————
 - 寺泊層 (T) ————

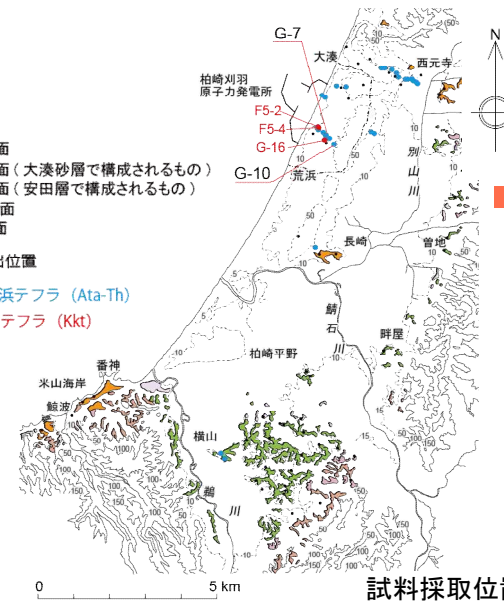
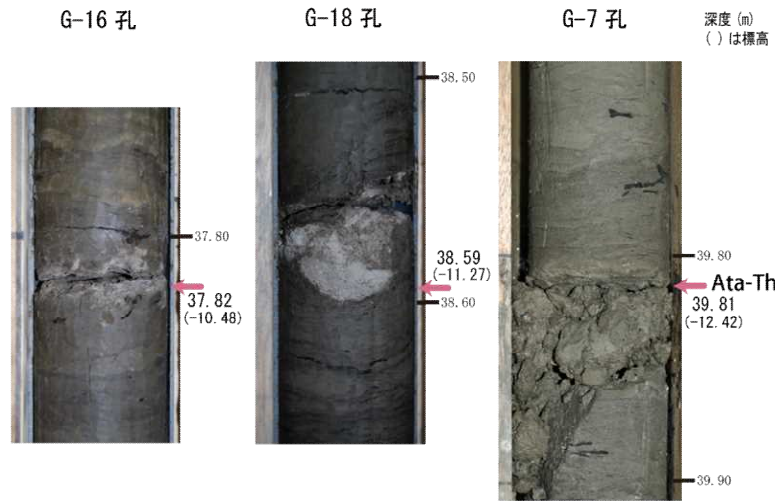
テフラの名称は敷地内調査結果、岸ほか (1996) による

南-1 測線の深度断面及びその解釈

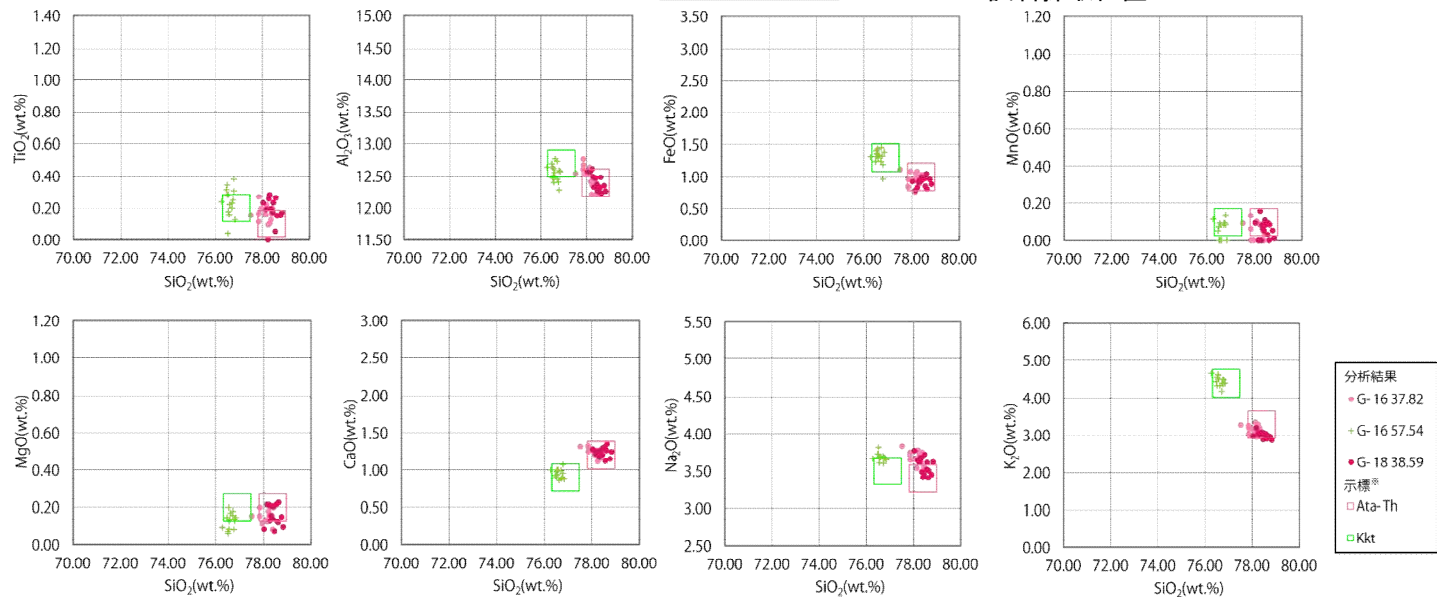
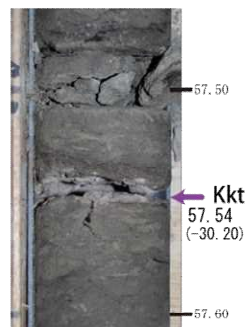
-
- 1 敷地近傍の地形
 - 2 敷地近傍の地質
 - 3 敷地近傍の変動地形
 - 4 敷地近傍の地質構造
 - 5 古安田層の年代に関する評価
 - 6 真殿坂断層に関する評価
 - 7 寺尾付近の断層に関する評価
 - 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
 - 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
 - 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

5. 古安田層の年代に関する評価 (加久藤テフラ・阿多鳥浜テフラ)

敷地内の調査結果



■ 白色ガラス質細粒テフラが標高-10m付近と標高-30m付近に確認され、火山ガラスの主成分分析結果によると、それぞれ阿多鳥浜テフラと加久藤テフラに対比される。



※Kkt及びAta-Thは新編火山灰アトラス(2003)による。

5. 古安田層の年代に関する評価 (加久藤テフラ及び阿多鳥浜テフラの年代評価)

文献調査結果

新編「火山灰アトラス」(2011)に追記

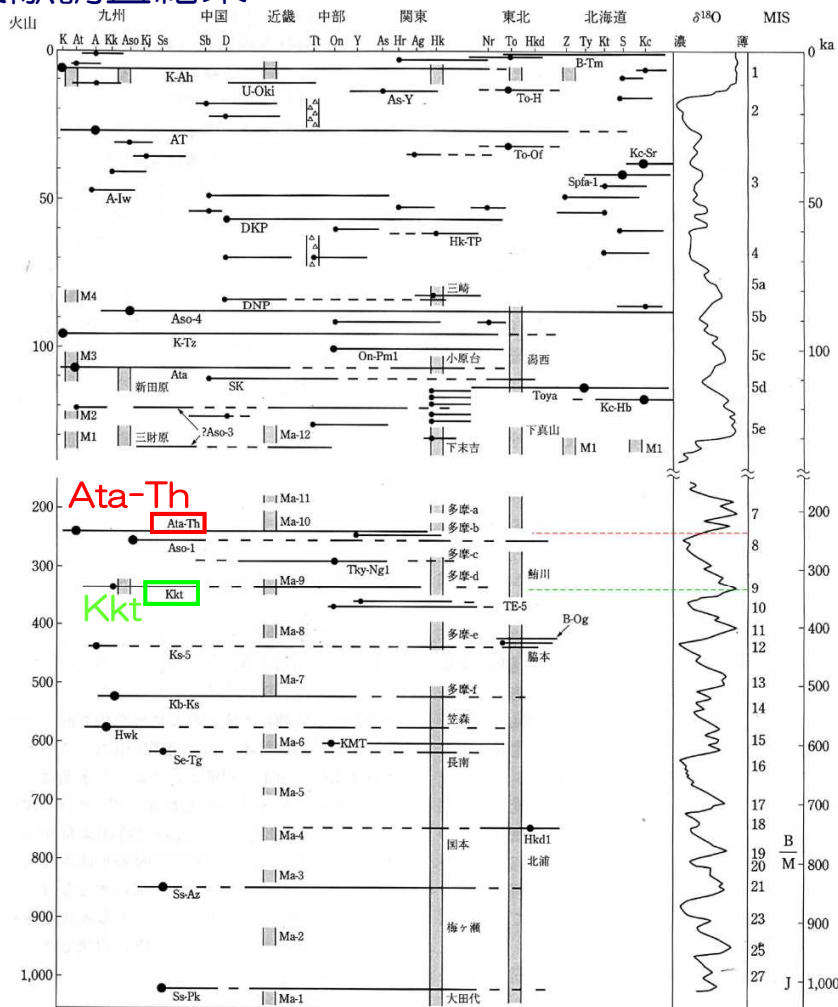


図10 過去約100万年間の日本地域の主な広域テフラと第四紀海成層の層序・編年図。[Machida (1999)を補訂]

テフラ略号は第II編参照。網掛けのコラムは海成層と海成段丘、△印の入るコラムは氷成層。

火山名: K 鬼界, At 阿多, A 始良, Kk 加久藤・霧島, Aso 阿蘇, KJ 九重, Ss 猪牟田, Sb 三瓶, D 大山, Tt 立山, On 御嶽, Y 八ヶ岳, As 浅間, Hr 榛名, Ag 赤城, Hk 箱根, Nr 鳴子, To 十和田, Hkd 八甲田, Z 銭亀, Ty 洞爺, Kt クッタラ, S 支笏, Kc クッチャロ。

B/M ブリュンネ・マツヤマ地磁気境界, J ハラミヨサブクロン。

広域テフラとその年代

- 加久藤テフラ (Kkt) については、「新編火山灰アトラス」(2011)によると、MIS9海進期に噴出したものとされ、同文献ではその年代に幅をもたせて330ka~340kaと推定している。
- 阿多鳥浜テフラ (Ata-Th) については、「新編火山灰アトラス」(2011)によると、南関東の海成堆積物及び日本海の海底コアとの層位関係などから、その噴出年代として約240kaが採用されている。

5. 古安田層の年代に関する評価 (加久藤テフラ及び阿多鳥浜テフラの年代評価)

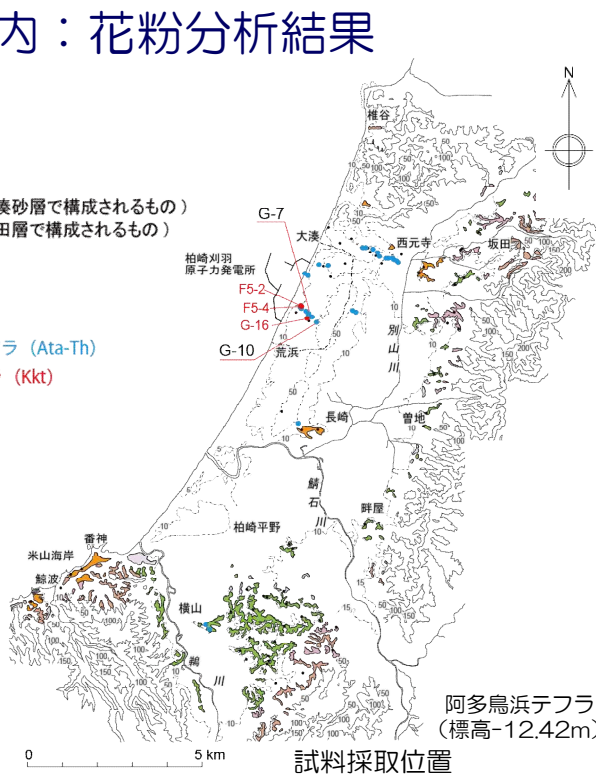
敷地内：花粉分析結果

凡例

- M₁₁面
- M₁₀面 (大湊砂層で構成されるもの)
- M₉面 (安田層で構成されるもの)
- M₈面
- H面

テフラ産出位置

- 阿多鳥浜テフラ (Ata-Th)
- 加久藤テフラ (Kkt)

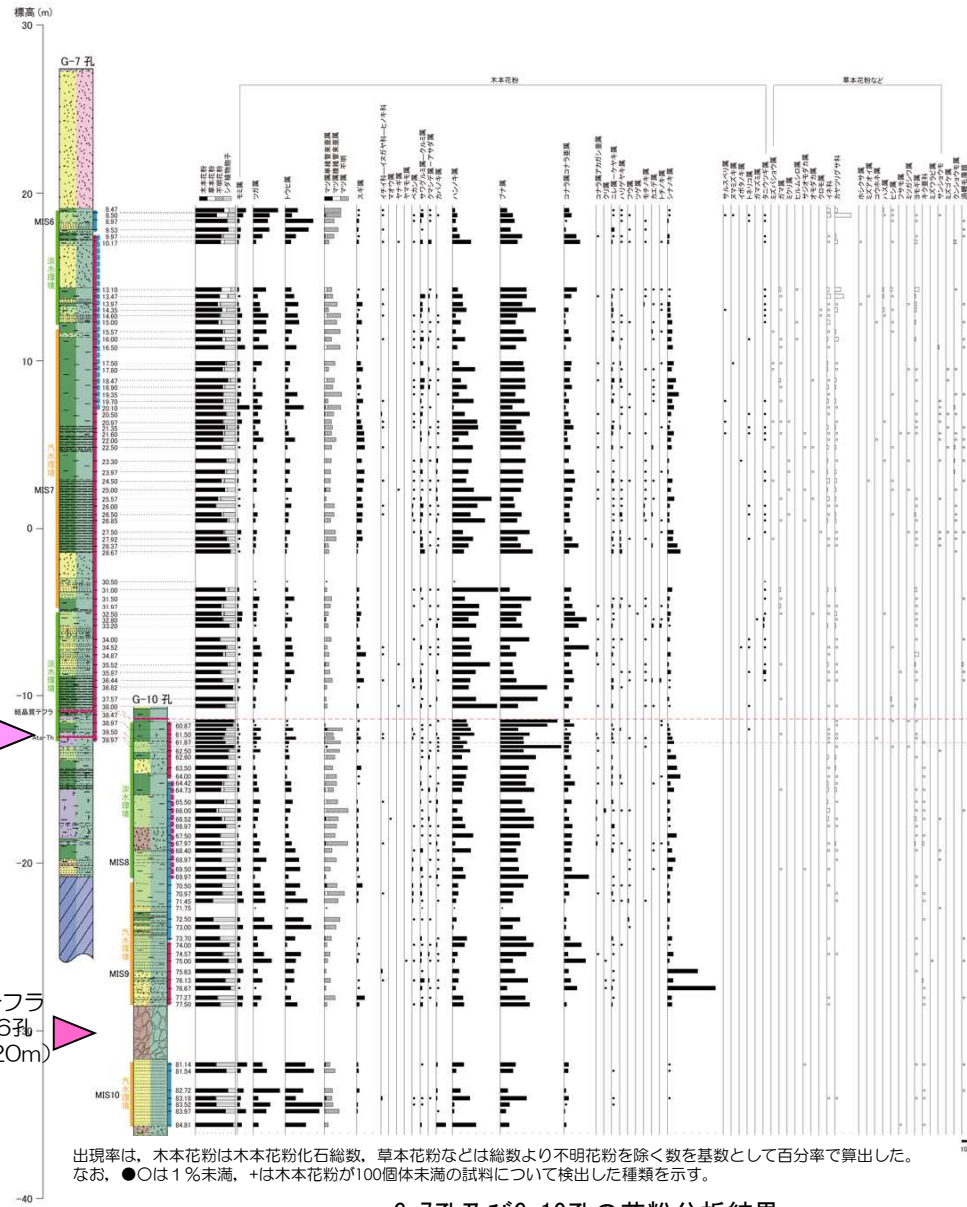


阿多鳥浜テフラ (標高-12.42m)

試料採取位置

- 阿多鳥浜テフラ (Ata-Th) の降灰年代についてはMIS7初期, 加久藤テフラ (Kkt) の降灰年代についてはMIS9初期とされており, 発電所敷地内で実施した花粉分析結果からもこれらのテフラ層準の下位には寒冷期, 上位には温暖期の古気候が推定され, 概ね整合している。

加久藤テフラ (G-16孔 標高-30.20m)

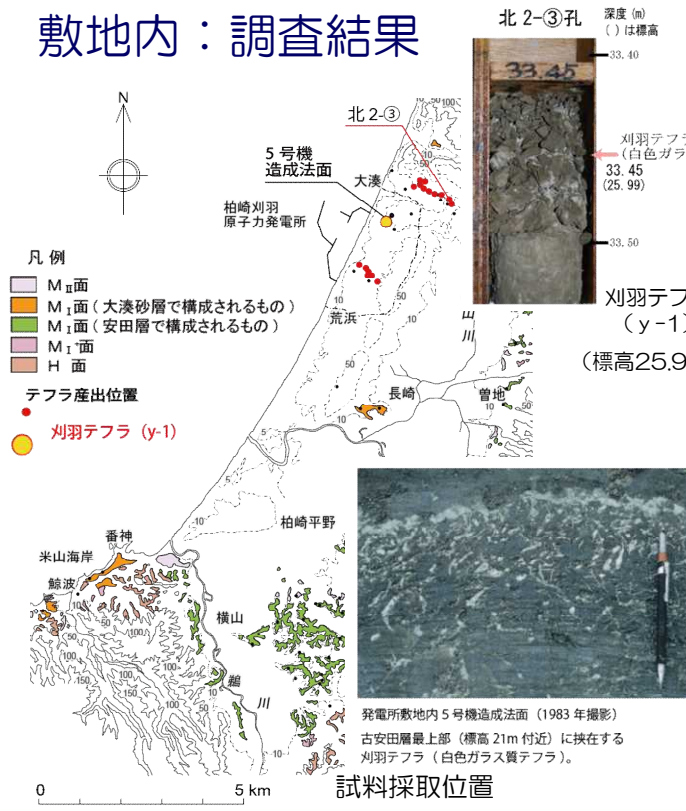


出現率は、本花粉は本花花粉化石総数、草本花粉などは総数より不明花粉を除く数を基数として百分率で算出した。なお、●○は1%未満、+は本花花粉が100個体未満の試料について検出した種類を示す。

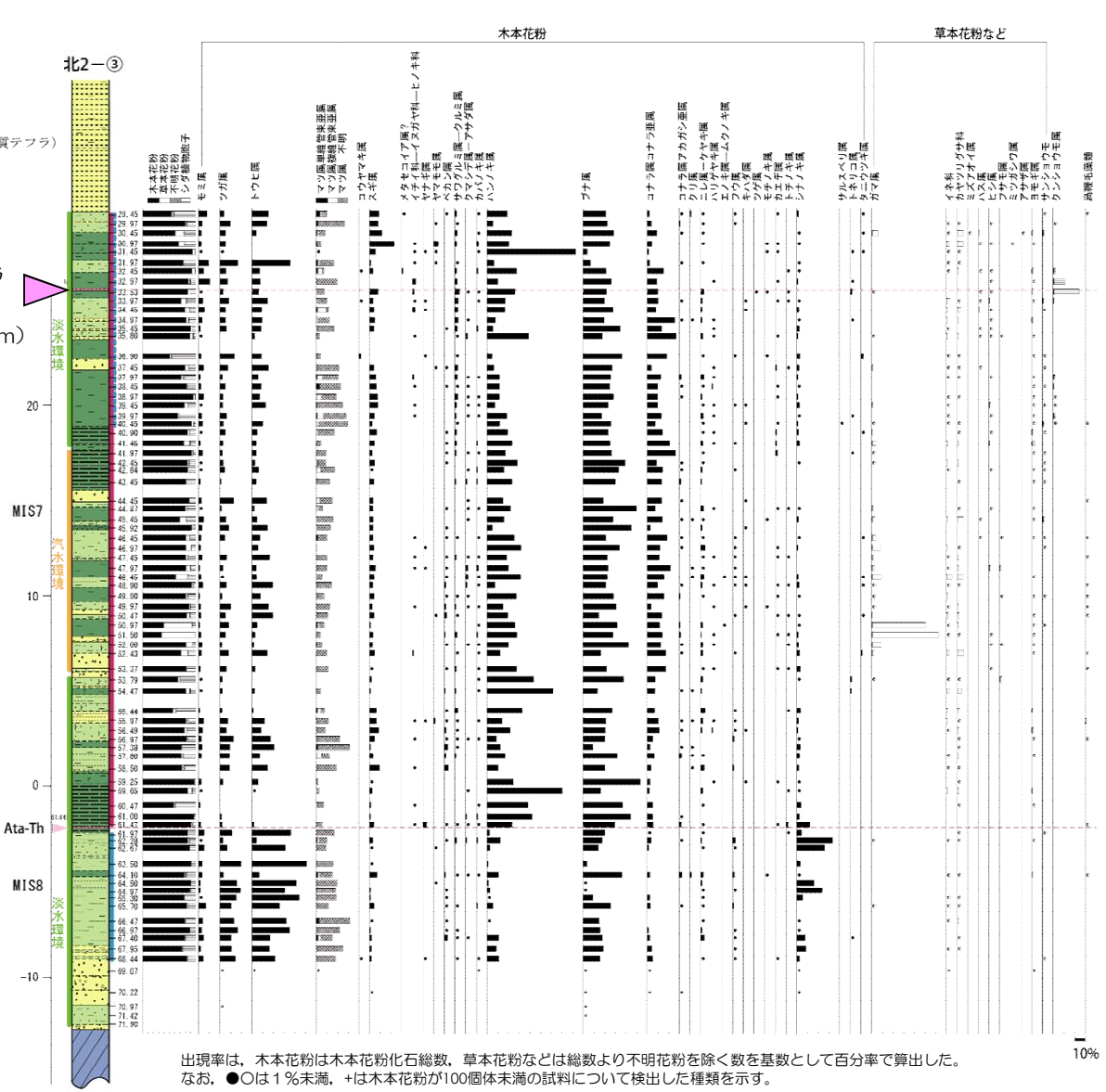
G-7孔及びG-10孔の花粉分析結果

5. 古安田層の年代に関する評価 (刈羽テフラの年代評価)

敷地内：調査結果



■ 発電所敷地内及びその周辺においては、従来から安田層とされていた堆積物 (古安田層) の最上部に白色ガラス質細粒テフラが挟在することが報告されている (岸ほか, 1996)。なお, 本テフラを刈羽テフラ (y-1) と仮称する。



北2-③孔の花粉分析結果

5. 古安田層の年代に関する評価 (刈羽テフラの年代評価)

G10テフラとの対比

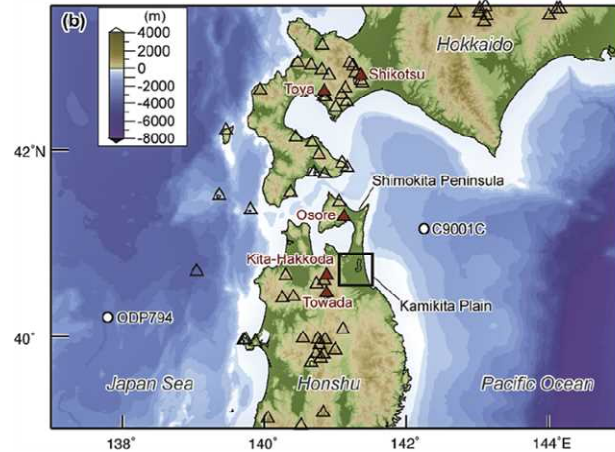


Fig. 1. Map showing locations of volcanoes and ocean drilling sites (a) in and around Japan and (b) near the Kamikita Plain.

- 火山ガラスの主成分分析によると、刈羽テフラは下北東方沖のC9001C孔におけるG10テフラ (Matsu'ura et al.(2014)) に対比される。

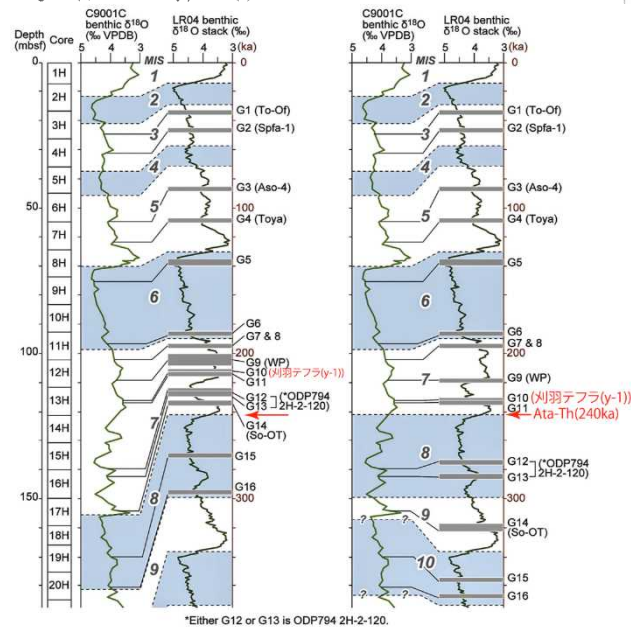
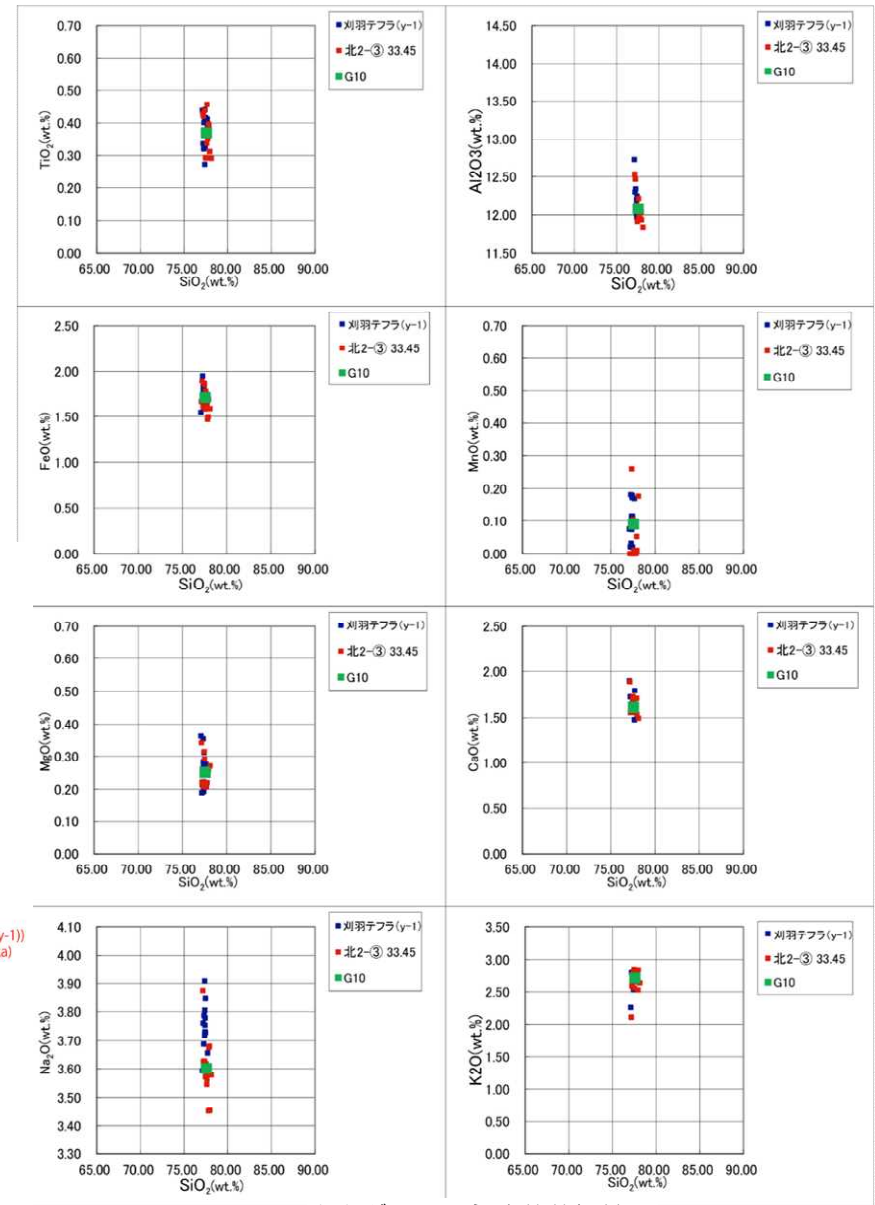


Fig. 10. Tephrostratigraphy of C9001C core correlated with oxygen isotopic record. Stratigraphic positions of tephra are correlated with the MIS assigned by Domitsov et al. (2011) (left) and with the refined MIS assignments of this study (right).

(Matsu'ura et al.2014)



火山ガラスの主成分分析結果

5. 古安田層の年代に関する評価 (刈羽テフラの年代評価)

G10テフラの年代検討

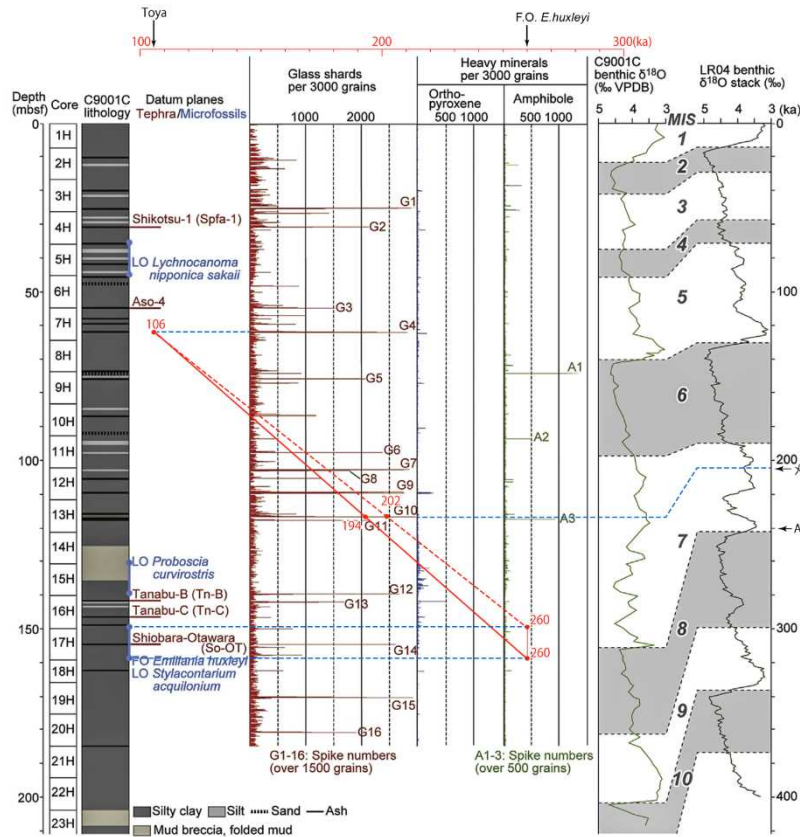
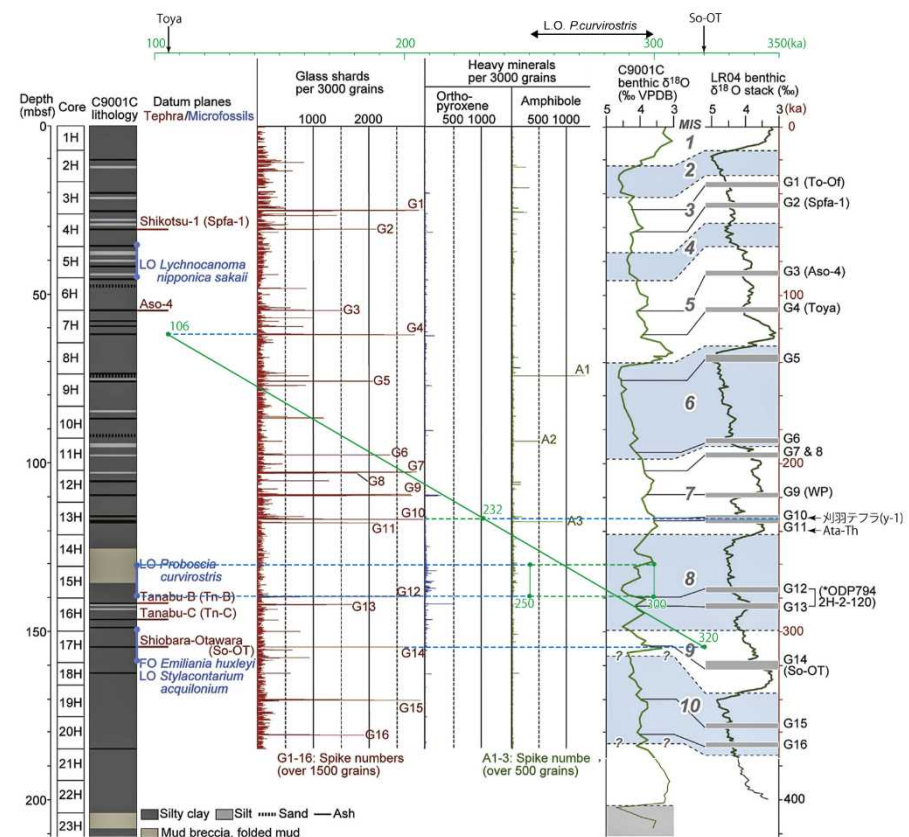


Fig. 2. Stratigraphy, datum planes, tephra grain components, and oxygen isotopic record in C9001C cores. Core lithology, datum planes, and the oxygen isotopic record are from Ito et al. (2011). LR04 benthic $\delta^{18}O$ stack is from Lisiecki and Raymo (2005). In datum planes, stratigraphic positions of tephras Tn-B, Tn-C, and So-OT are from Suzuki et al. (2012); FO and LO denote first and last occurrences, respectively.



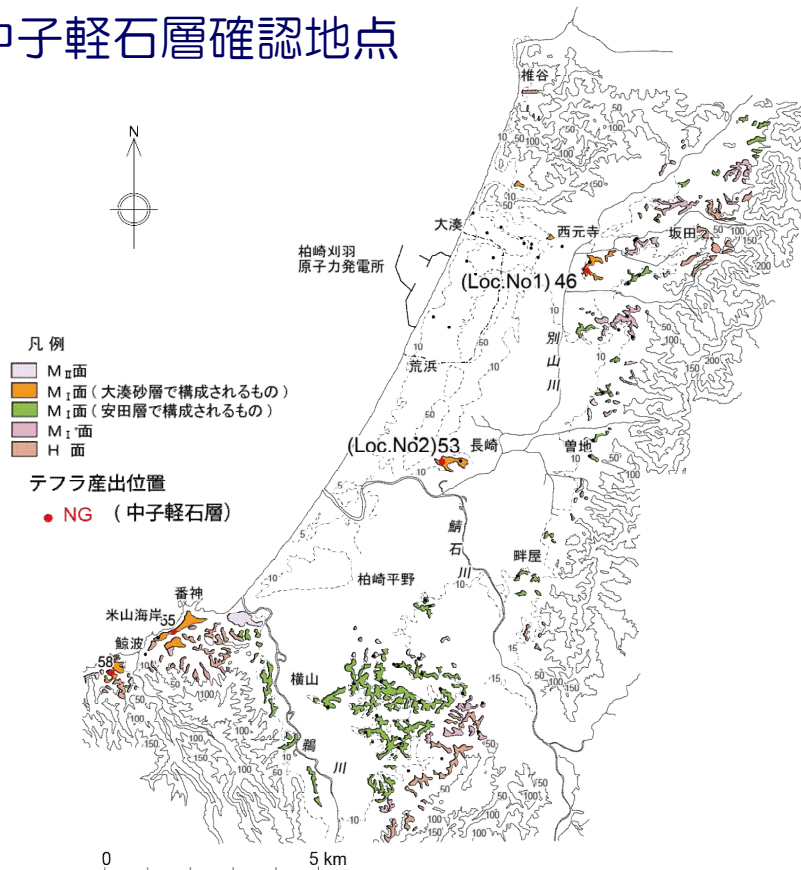
Matsu'ura et al. (2014)に基づく刈羽テフラ (y-1) の年代
(Matsu'ura et al., 2014のFig. 2及びFig. 10を合成・加筆して作成)

堂満ほか (2010) に基づく刈羽テフラ (y-1) の年代
(Matsu'ura et al., 2014に加筆)

- 刈羽テフラの降灰年代は約230ka~約200kaと推定され、同テフラと阿多鳥浜テフラ（約24万年前）との層間厚さ（発電所北側で約28m）を考慮すると、約200kaあるいはそれに近い年代の可能性が高いと考えられ、ここではこの年代値を採用する。

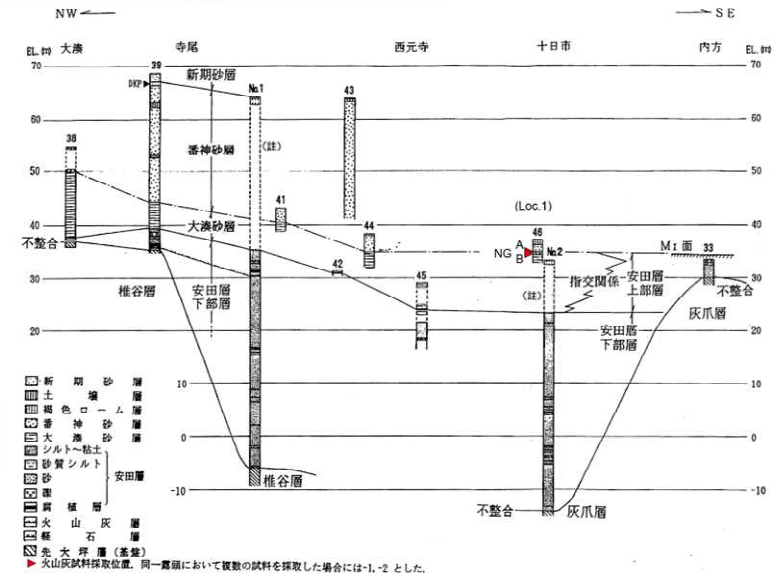
5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)

中子軽石層確認地点

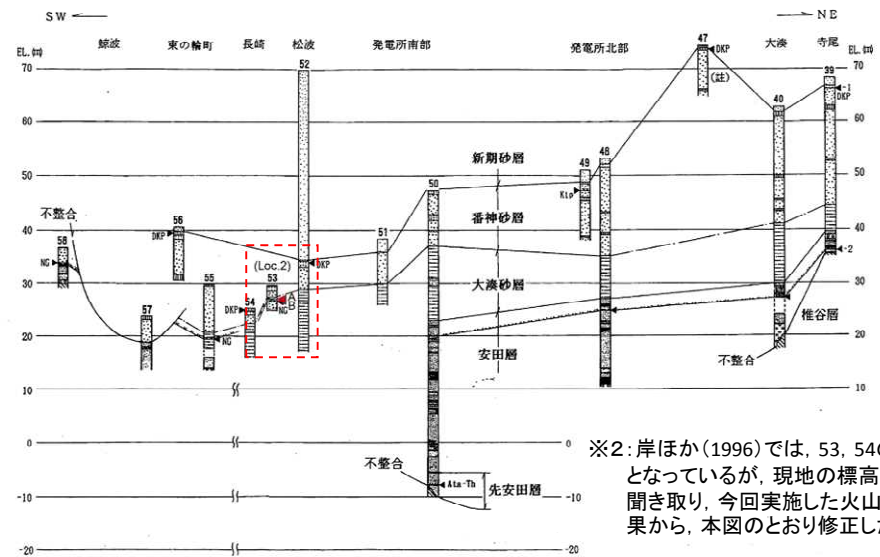


柏崎平野及びその周辺の段丘分布図・調査位置図

- 大湊砂層に、中子軽石層が挟在することが岸ほか(1996)により報告されている。



柏崎平野北部(海岸-内陸)における露頭柱状対比



※2: 岸ほか(1996)では、53, 54の柱状が逆となっているが、現地の標高、著者への聞き取り、今回実施した火山灰の分析結果から、本図のとおり修正した。

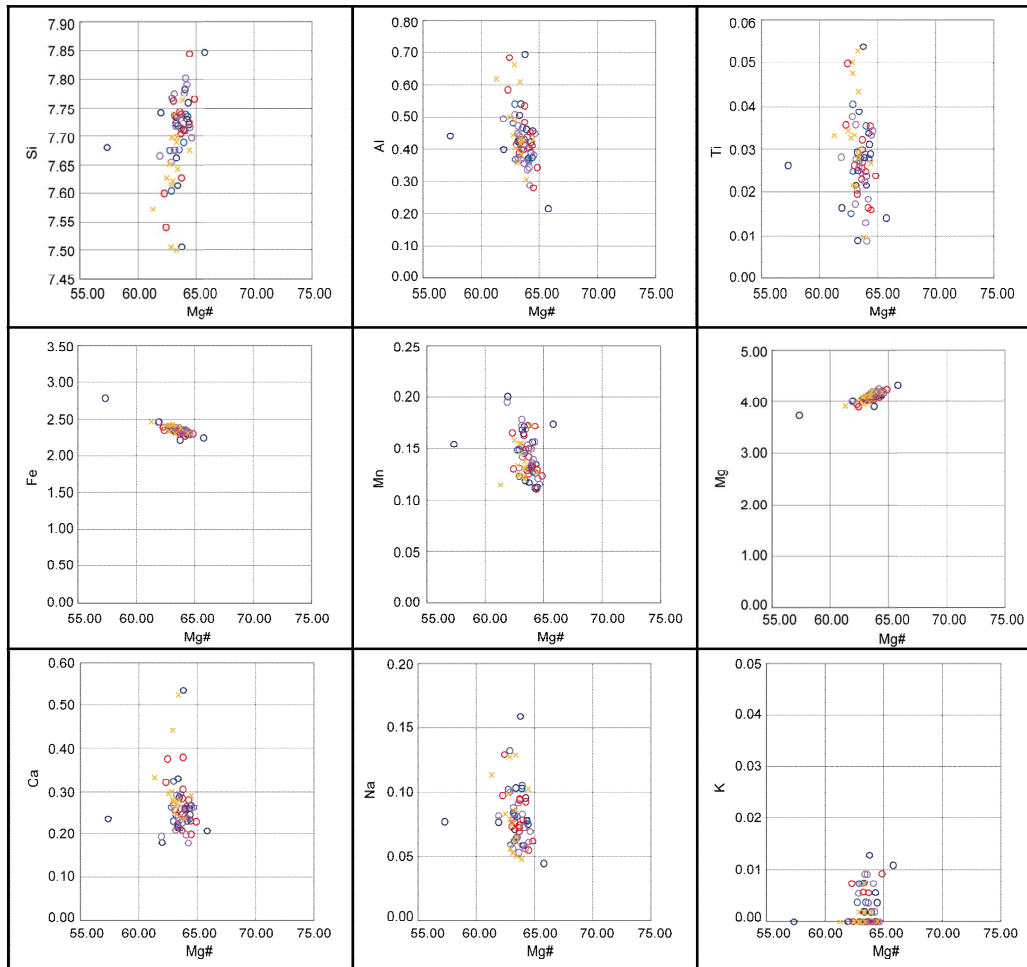
(岸・宮脇.1996)

柏崎平野海岸部における露頭柱状対比

5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)

分析結果

- Loc. No1 (五日市地点:岸・宮脇 (1996) による露頭番号46) 及びLoc. No2 (長崎地点:岸・宮脇 (1996) による露頭番号53) に中子軽石層が確認され, 同層はカミングトン閃石のMg#と陽イオンとの比より, 飯縄上樽cテフラ (Iz-KTc) に対比される。



※: 鈴木 (2001) の飯縄上樽テフラ群の標識地 (長野県信濃町高山のLoc.No1) の飯縄上樽cテフラ (Iz-KTc) の分析値

Loc. No1及びLoc. No2の中子軽石層に含まれるカミングトン閃石の化学分析結果

表3 柏崎平野およびその周辺における中・上部更新統のテフラの諸特徴

テフラの名称	地点名 【1】	試料 番号	ガラスの形態【2】 重鉱物組成【3】	ガラス・鉱物の屈折率【4】内は主範囲		
				火山ガラス(n)	斜方輝石(γ)	普通角閃石(n ₂) 斜方閃石(n ₁)
大山倉吉軽石層 (DKP)	刈羽村寺尾西	39-1	opx>>ho	—	1.702-1.707	1.674-1.684
	柏崎市西元寺西	47	opx>>ho	—	1.702-1.707	1.674-1.682
	柏崎市松波	51	opx>>ho	—	1.702-1.707 [1.703-1.706]	1.674-1.682
	柏崎市長崎	52	opx>>ho	—	1.703-1.707	1.674-1.682
	柏崎市東の輪町	56	opx>>ho	—	1.702-1.707 [1.703-1.706]	1.674-1.684
湯町軽石層 (Ktp)	発電所敷地内	49	opx>cpx>ho	—	1.708-1.714	—
中子軽石層 (NG)	刈羽村十日市	48	ho>>cm>opx	—	—	1.674-1.680 1.662-1.667
	柏崎市長崎	53	ho>opx>cm	—	—	1.674-1.680 1.662-1.667
	柏崎市東の輪町	55	ho>>cm>opx	—	—	1.675-1.680 1.662-1.669
	柏崎市松波	58	ho>>cm>opx	—	—	1.675-1.681 1.662-1.667
未記載	刈羽村寺尾西	39-2	sb>str>bw>>spg>fib opx>ho>cpx	1.504-1.506	1.707-1.714	1.680-1.690
	柏崎市大湊	40	sb>str>bw>>spg>fib opx>ho	1.503-1.505	1.707-1.713	1.685±
	発電所敷地内	48	sb>str>bw>>spg>fib opx>ho	1.503-1.505	1.705-1.714	1.685-1.688
阿多島浜火山灰層 (sta-Th)	発電所敷地内	50	bw>sb>>str>>spg>fib ho>>opx	1.498-1.500	1.714-1.719	1.671-1.674

【1】 試料採取地点は図2, 層準は図7, 図8参照。
 【2】 形態の分類は岸・宮脇(1996)参照。bw: パブルワール型 sb: スモール・パブル型 str: 平行型
 fib: 繊維型 spg: スポンジ型
 【3】 鉱物種の記号。opx: 斜方輝石 cpx: 単斜輝石 ho: 普通角閃石 cm: カミングトン閃石
 量比 >: 等量-1.2倍, >>: 1.2倍-5倍, >>>: 5倍以上

(岸・宮脇, 1996)

分析結果
 × Iz-KTc
 ○ Loc. 1-A
 ○ Loc. 1-B
 ○ Loc. 2-A
 ○ Loc. 2-B
 Mg#=100*Mg/(Mg+Fe)

5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)

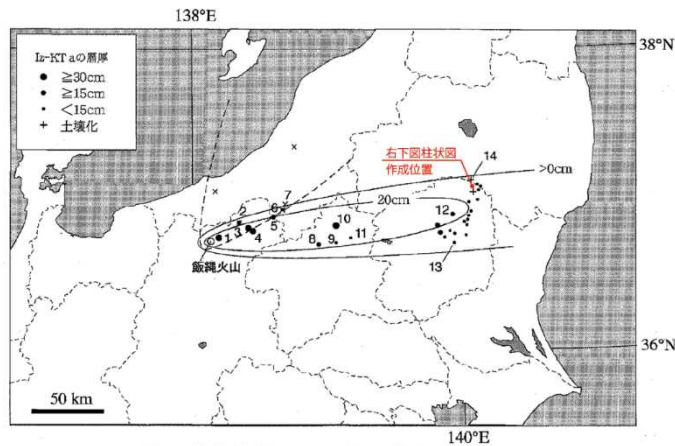
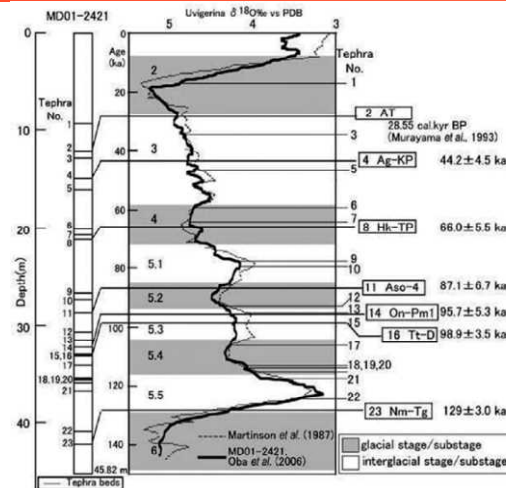


図1 飯縄上樽テフラ群の分布
 実線はIz-KT aの層厚等値線(cm), 破線は早津・新井(1982b, c)によるIz-KT cの分布域を示し, ×はIz-KT cが確認されている地点を示す。ゴシックの数字は地点番号。



青木ほか(2008)による田頭テフラ(TG)の年代

■ 青木ほか(2008)は、飯縄上樽テフラ群のうち最上部の飯縄上樽aテフラの上位に分布する田頭テフラ(TG)の年代を 129 ± 3 kaとしている。

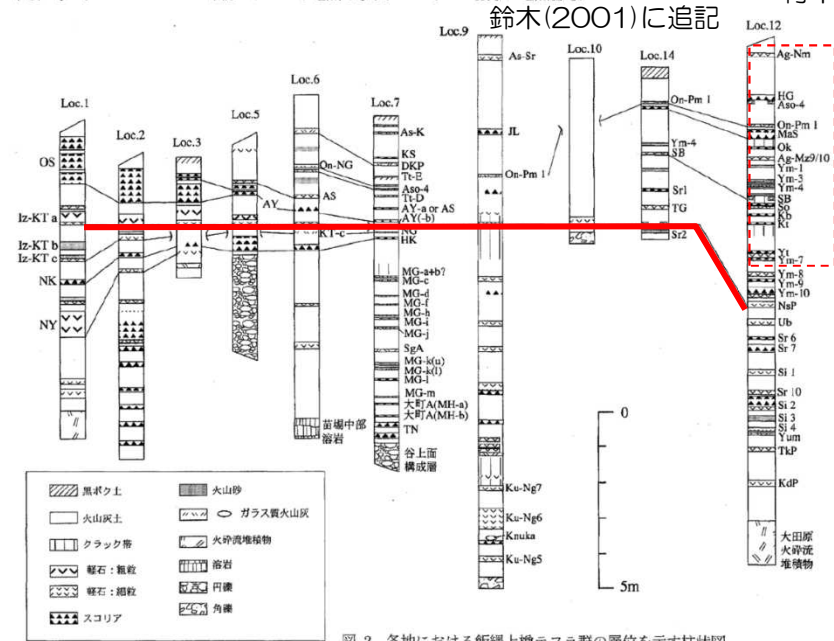
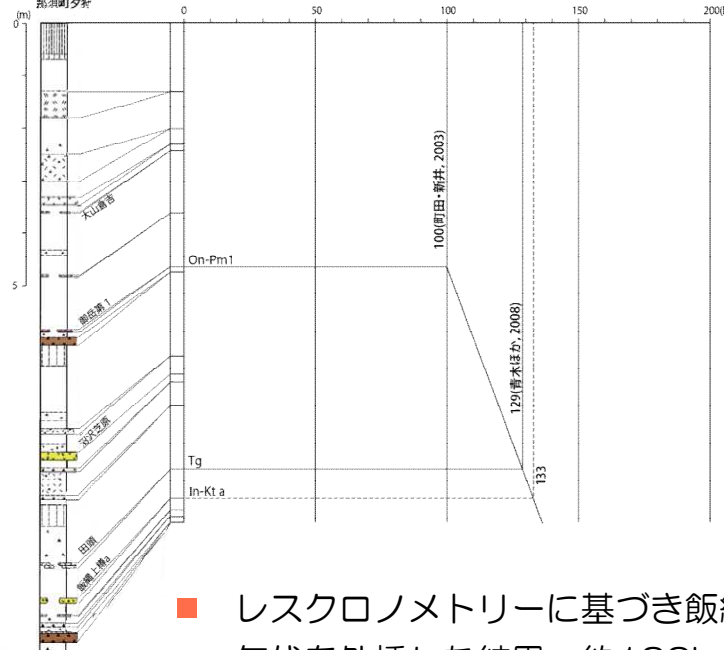


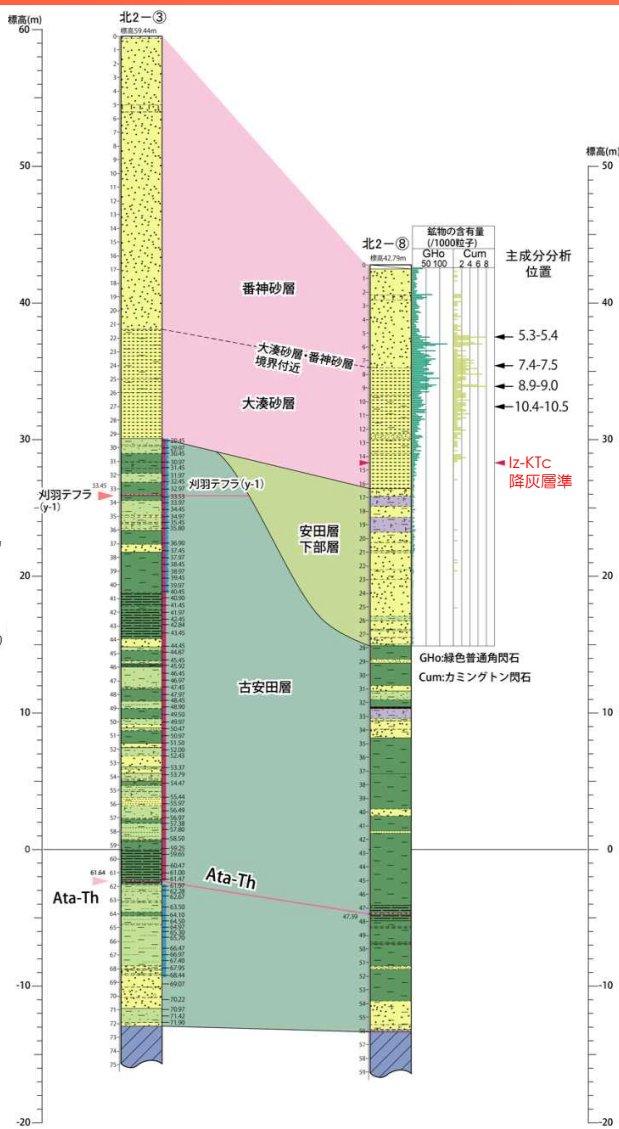
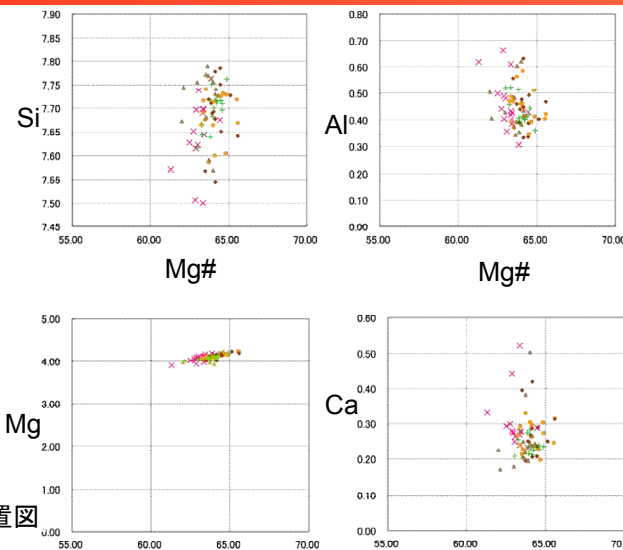
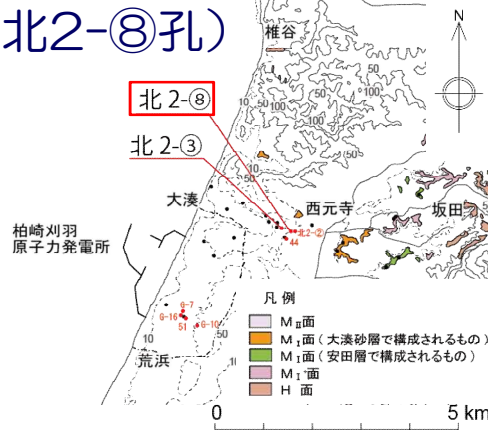
図2 各地における飯縄上樽テフラ群の層位を示す柱状図
 地点は図1を参照。テフラ層の名称は、本文または以下の文献を参照, Loc.7(早津・新井, 1981; 早津, 1985), Locs.14, 12(鈴木, 1992, 1993)。



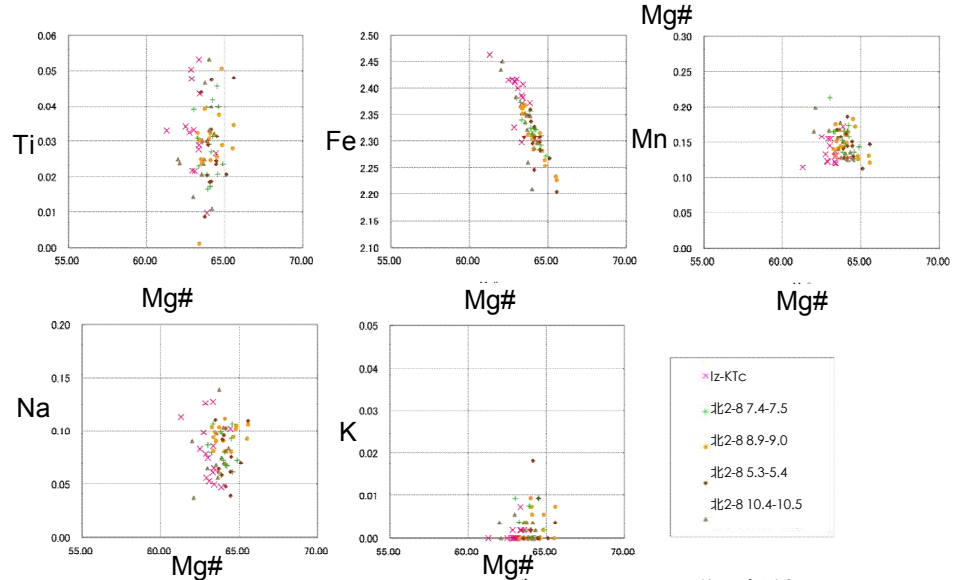
■ レスクロノメトリーに基づき飯縄上樽aテフラの年代を外挿した結果、約133kaの値が得られた。

5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)

敷地近傍調査結果 (北2-⑧孔)



柏崎平野及びその周辺の段丘分布図・調査位置図



カミングトン閃石の化学分析結果

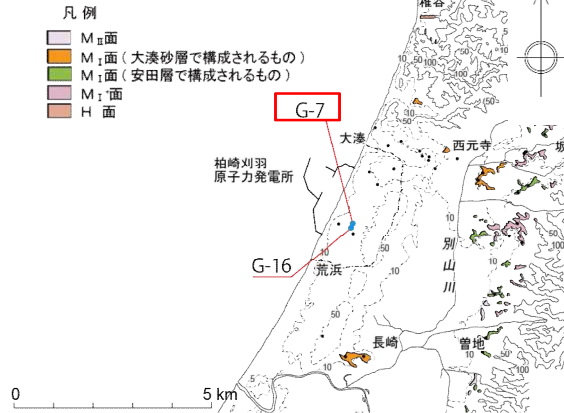
- 北2-⑧孔の大湊砂層最下部付近から連続的に産出するカミングトン閃石はMg#と陽イオンとの比より、飯縄上層cテフラに対比される。

北2-③孔及び北2-⑧孔の火山灰分析及び花粉分析結果

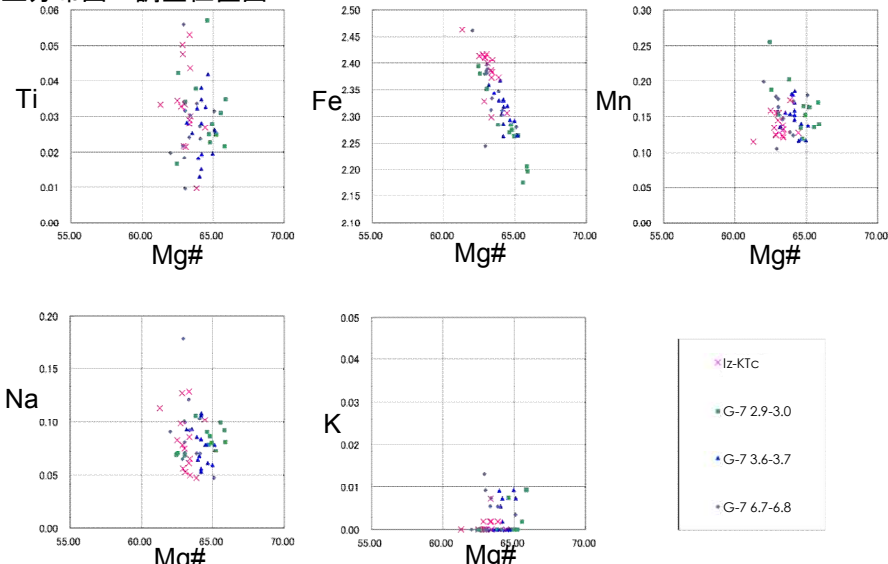
5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)

敷地近傍調査結果

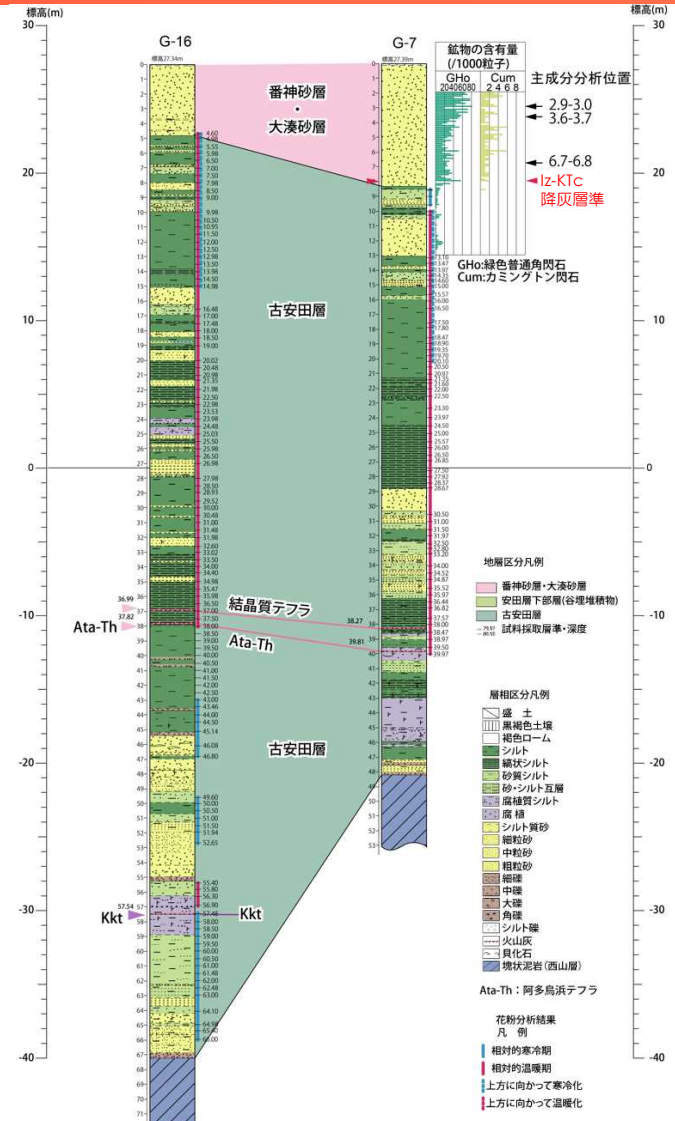
(G-7孔)



柏崎平野及びその周辺の段丘分布図・調査位置図



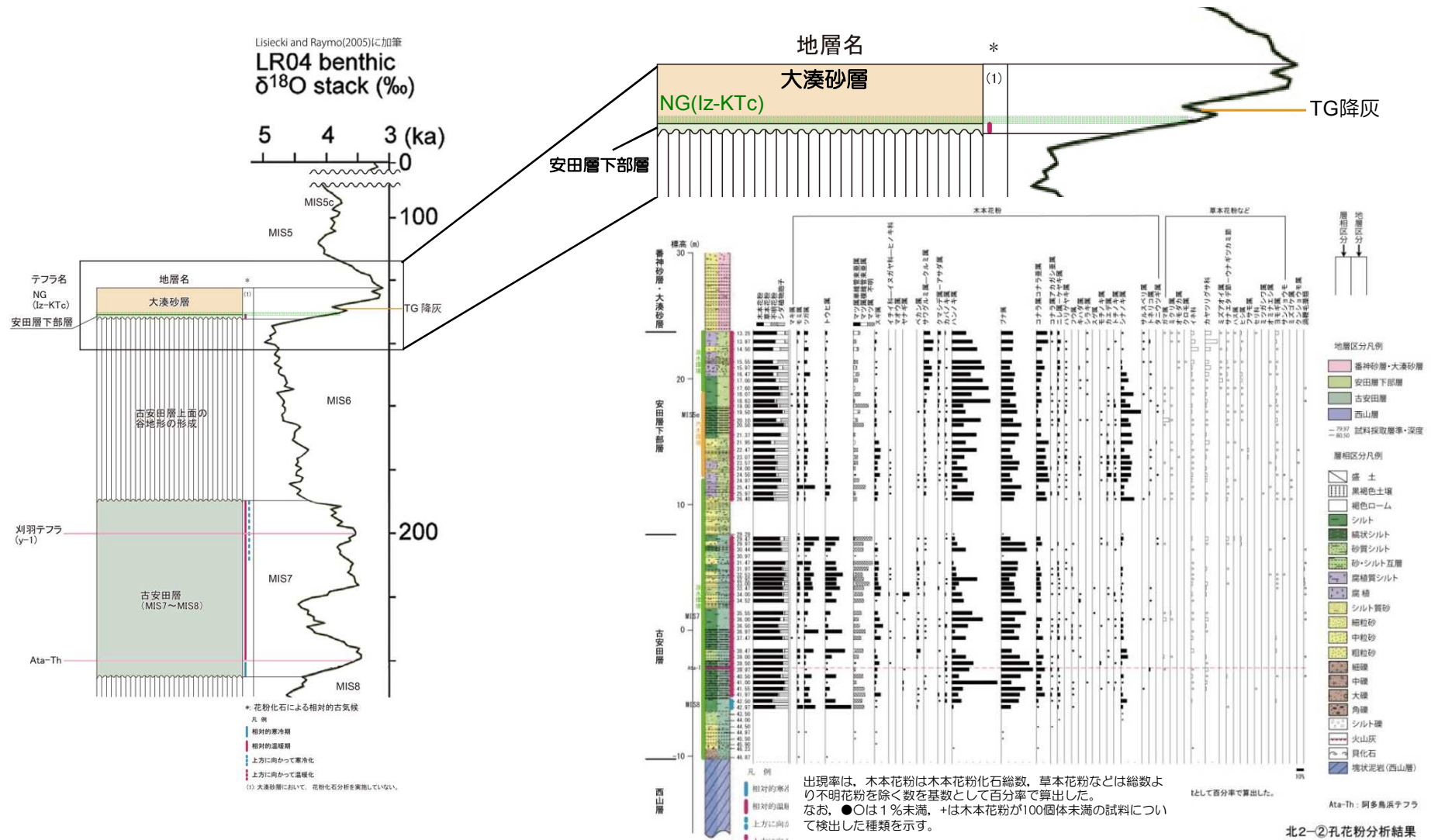
カミングトン閃石の化学分析結果



G-7孔及びG-16孔の火山灰分析及び花粉分析結果

- 北2-⑧孔の大湊砂層最下部付近からカミングトン閃石が連続的に産出し、カミングトン閃石の化学分析結果によると、飯縄上樽cテフラに対比される。

5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)



- 飯縄上層cテフラは、文献によると田頭テフラ（129±3ka）の下位層準にあること、安田層下部層は花粉分析結果より温暖期の堆積物と考えられることを踏まえると、詳細な堆積年代は得られないものの、同テフラの年代はMIS6とMIS5eの境界付近と評価される。
- 従って、飯縄上層cテフラを含む大湊砂層はMIS5e海進期の堆積物と判断される。

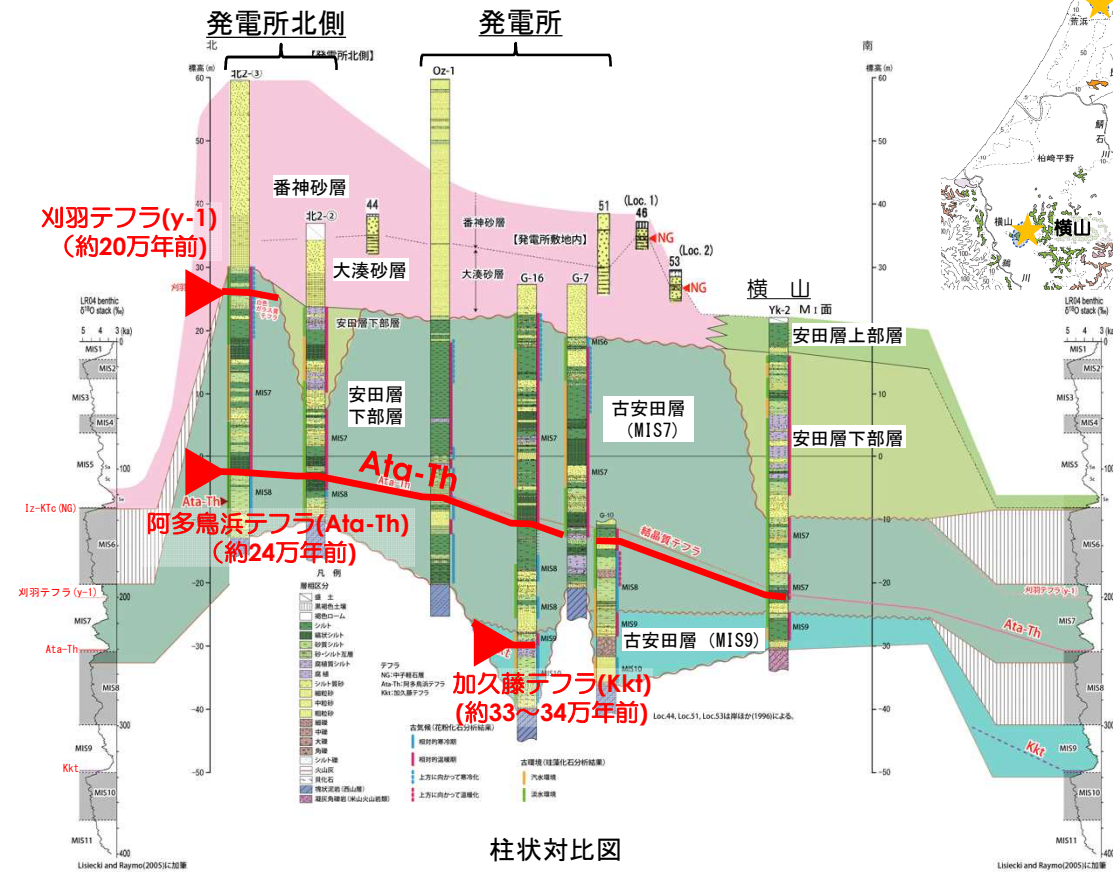
5. 小活（古安田層の年代に関する評価）



敷地近傍の地質層序

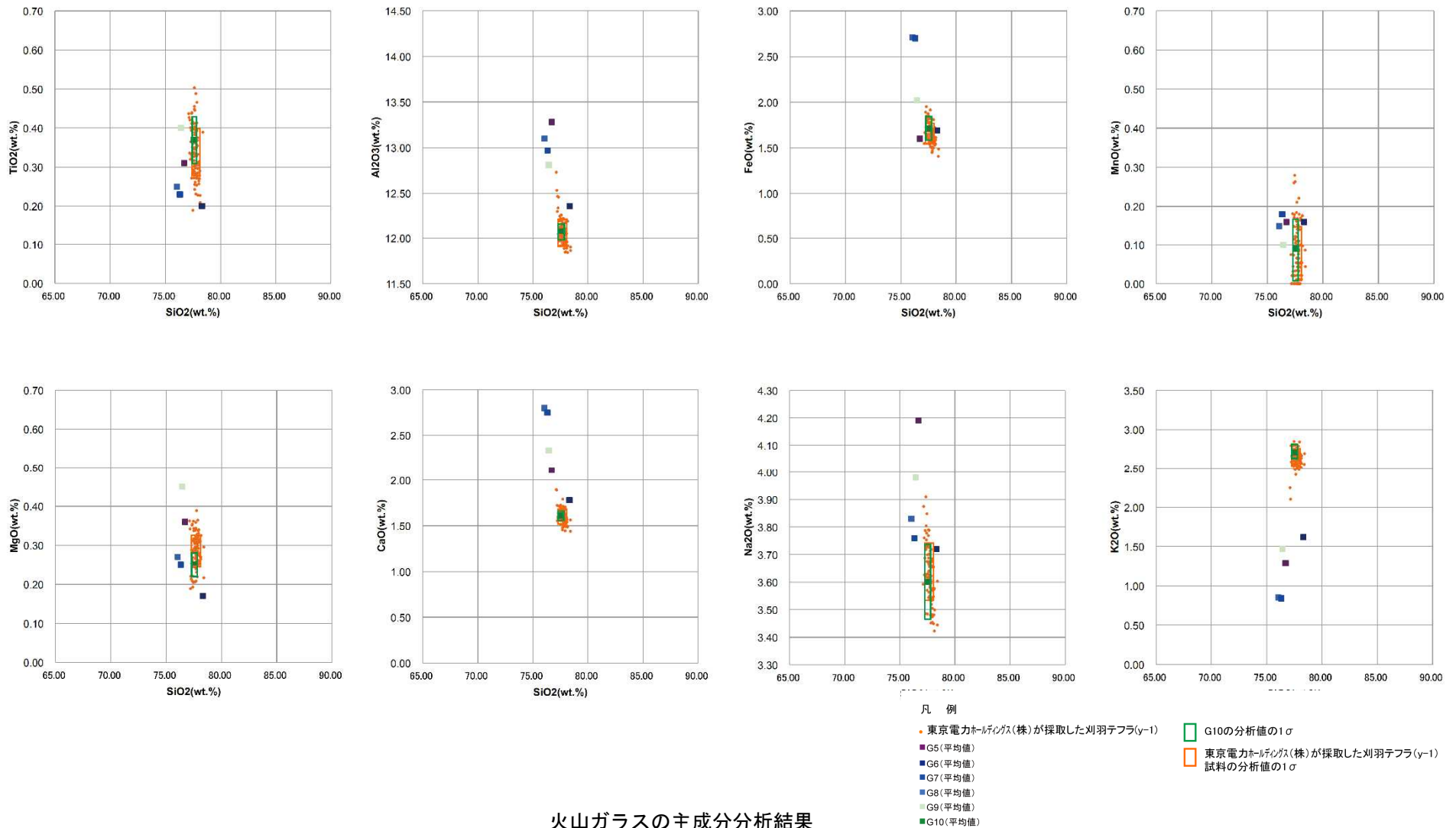
時代	*1 テフラ	陸域の層序区分 [寺泊・西山丘陵] [中央丘陵南部]	海域の層序区分	
更新世	完新世	新期砂層・沖積層	A層	
	後期	On-Kt	番神砂層	Bu層
		NG	大湊砂層 安田層	
	中期	Ata-Th	古安田層 青海川層	B層
		Kkt	大坪層	
		Iz	灰爪層	C層
		Tz	新川不整合	
	鮮新世	Fup	古井不整合	D層
		Az		
		Nt16		E層
Mm II		西山層		
Ar II		(下部は浜忠層)		
第三紀	Zn	推谷層		
	Km	寺泊層		

*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。



- 古安田層最上位に刈羽テフラ，中位に阿多鳥浜テフラが，発電所ではさらに下位に加久藤テフラが確認された。
- 刈羽テフラは，下北半島東方沖で確認されたテフラG10に対比され，約20万年前と評価される。
- 町田・新井（2011）より阿多鳥浜テフラは約24万年前，加久藤テフラは約33～34万年前とされている。
- 以上のことから，古安田層は中期更新世の堆積物（30数～約20万年前）と判断される。
- 大湊砂層中に含まれる中子軽石層（NG）は飯縄上樽cテフラに対比され，文献や下位層準の安田層下部層が温暖期の堆積物と考えられることから，同軽石層の年代はMIS6とMIS5eの境界付近と評価される。
- 以上のことから，大湊砂層はMIS5e海進期の堆積物と判断される。

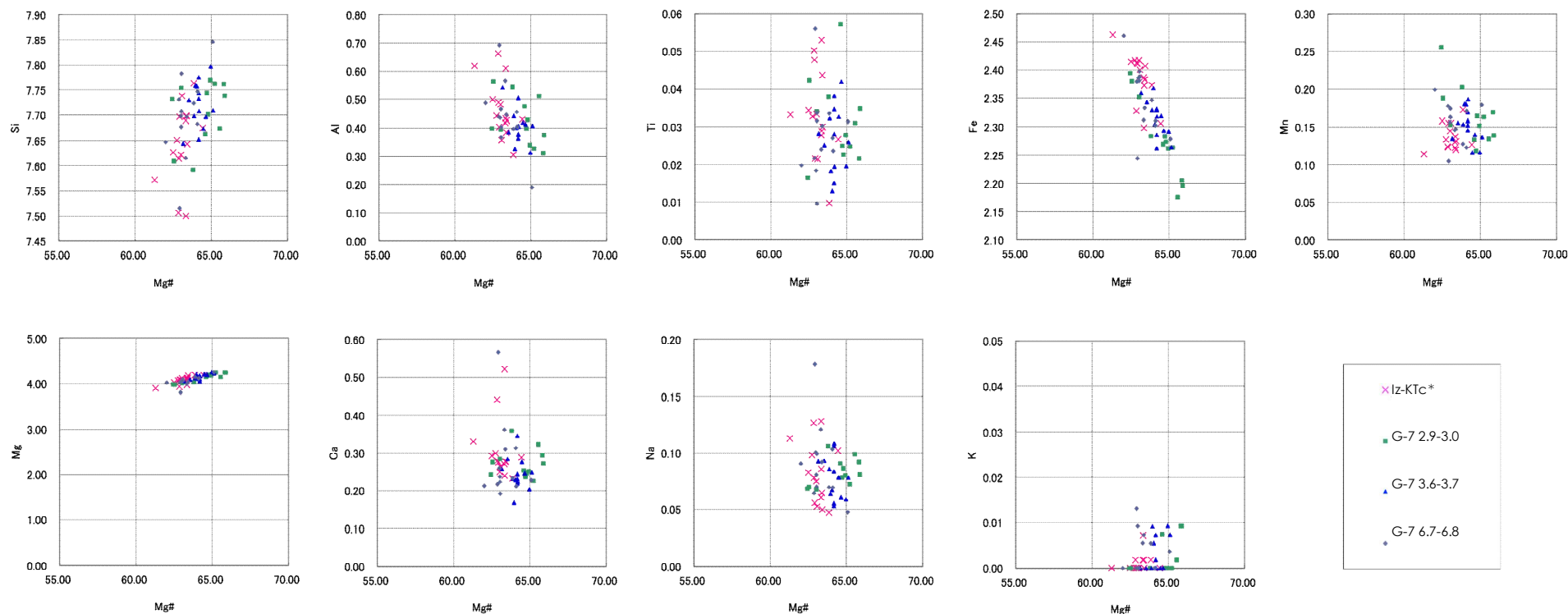
＜参考＞刈羽テフラと下北半島東方沖のテフラの対比



火山ガラスの主成分分析結果

- 火山ガラスの主成分分析によると、刈羽テフラは（Matsu'ura et al. (2014)）で示されたテフラのうち、G10テフラに対比される。

<参考>大湊砂層中の中子軽石層と飯縄上樽cテフラの対比の例



*: 鈴木 (2001) の飯縄上樽テフラ群の標識地 (長野県信濃町高山の Loc.1) の飯縄上樽 c テフラ (Iz-KTc) の分析値

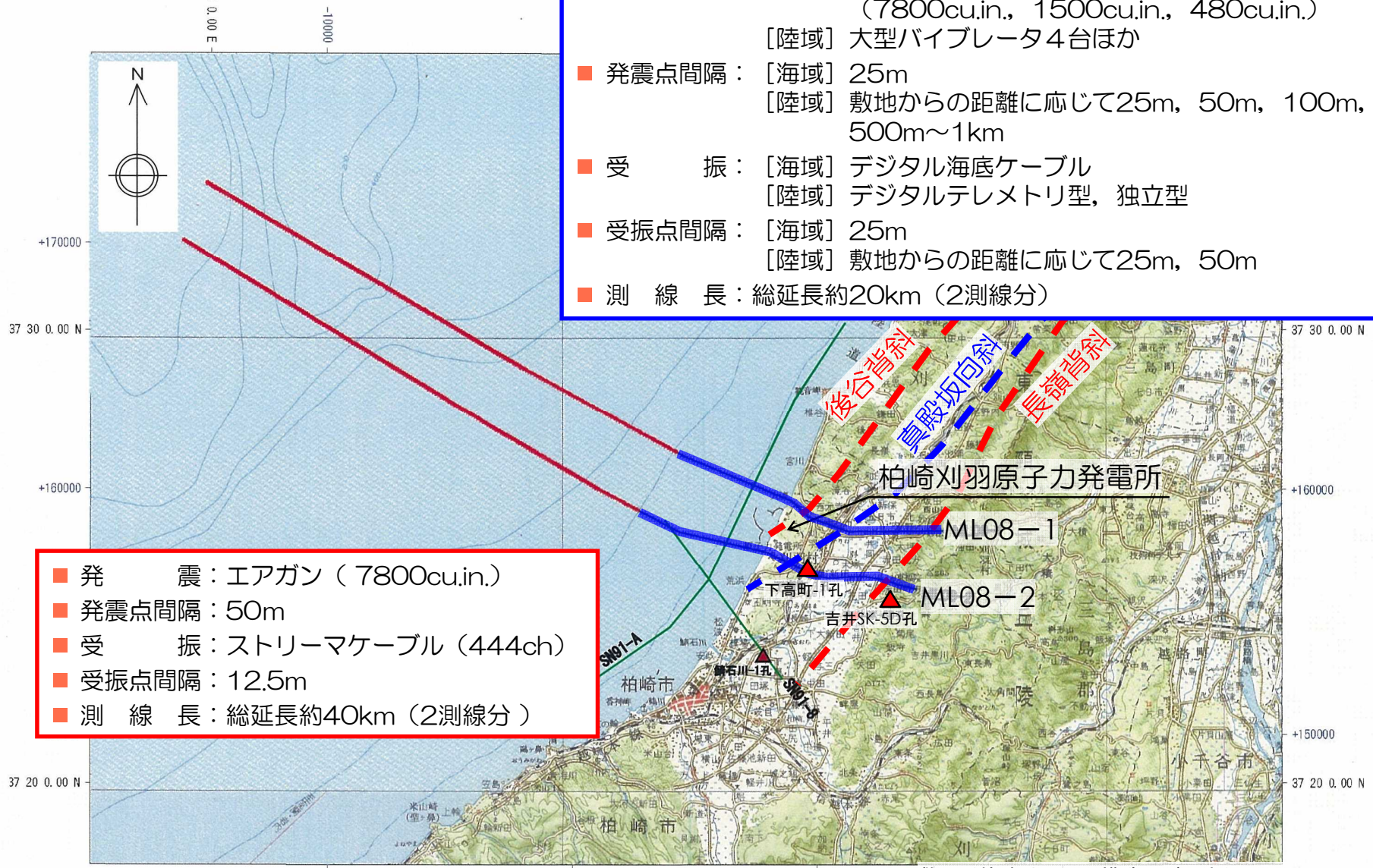
カミングトン閃石の化学分析結果

- カミングトン閃石のMg#と陽イオンとの比より，中子軽石層（NG）は飯縄上樽cテフラ（Iz-KTc）に対比される。

-
- 1 敷地近傍の地形
 - 2 敷地近傍の地質
 - 3 敷地近傍の変動地形
 - 4 敷地近傍の地質構造
 - 5 古安田層の年代に関する評価
 - 6 真殿坂断層に関する評価
 - 7 寺尾付近の断層に関する評価
 - 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
 - 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
 - 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

6. 真殿坂断層に関する評価（反射法地震探査結果）

陸域～海域の測線位置図



- 発震： [海域] エアガン
(7800cu.in., 1500cu.in., 480cu.in.)
[陸域] 大型バイブレータ4台ほか
- 発震点間隔： [海域] 25m
[陸域] 敷地からの距離に応じて25m, 50m, 100m, 500m~1km
- 受振： [海域] デジタル海底ケーブル
[陸域] デジタルテレメトリ型, 独立型
- 受振点間隔： [海域] 25m
[陸域] 敷地からの距離に応じて25m, 50m
- 測線長： 総延長約20km (2測線分)

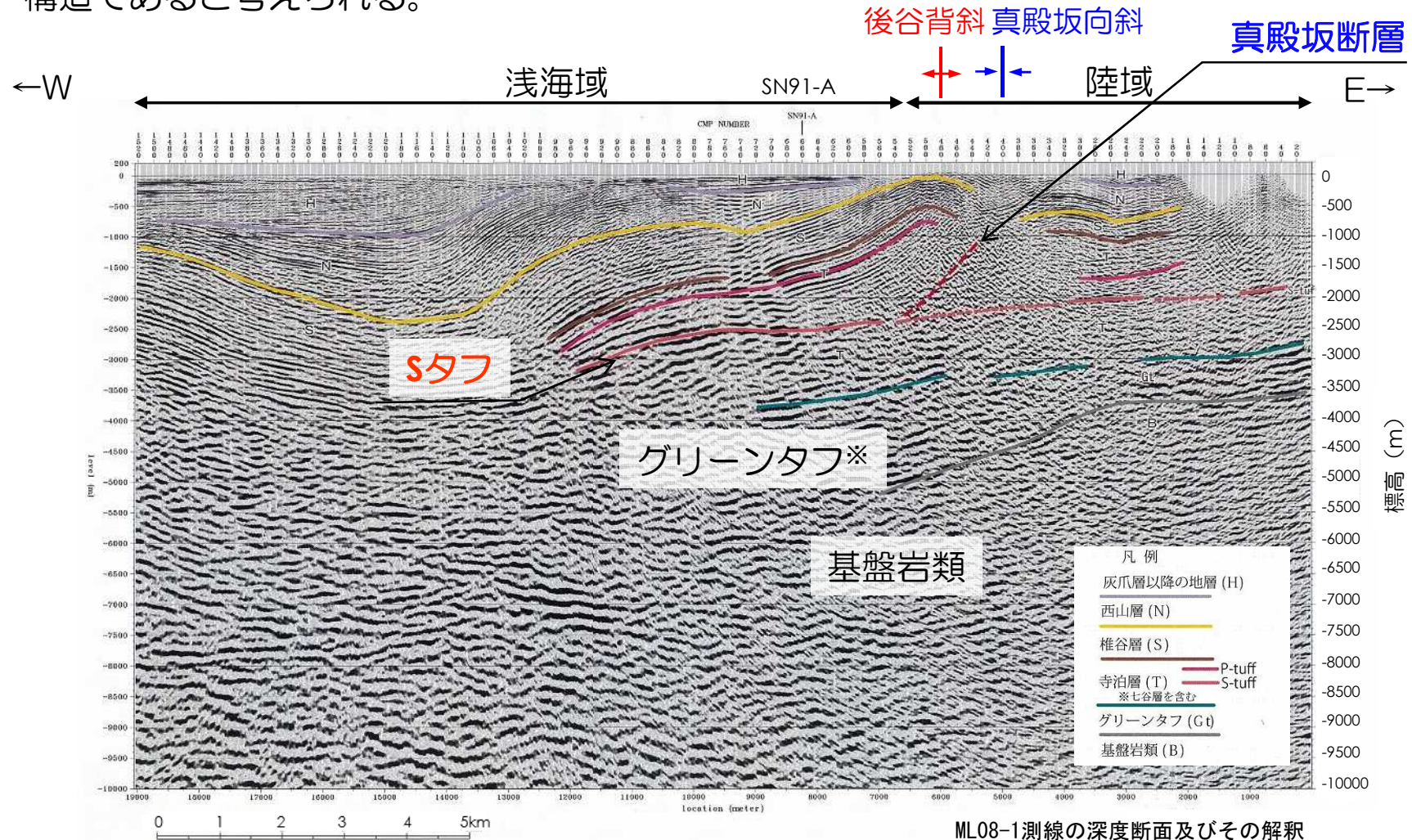
- 発震： エアガン (7800cu.in.)
- 発震点間隔： 50m
- 受振： ストリーマケーブル (444ch)
- 受振点間隔： 12.5m
- 測線長： 総延長約40km (2測線分)

敷地近傍陸域の地質構造及び調査位置図

6. 真殿坂断層に関する評価（反射法地震探査結果）

ML08-1測線

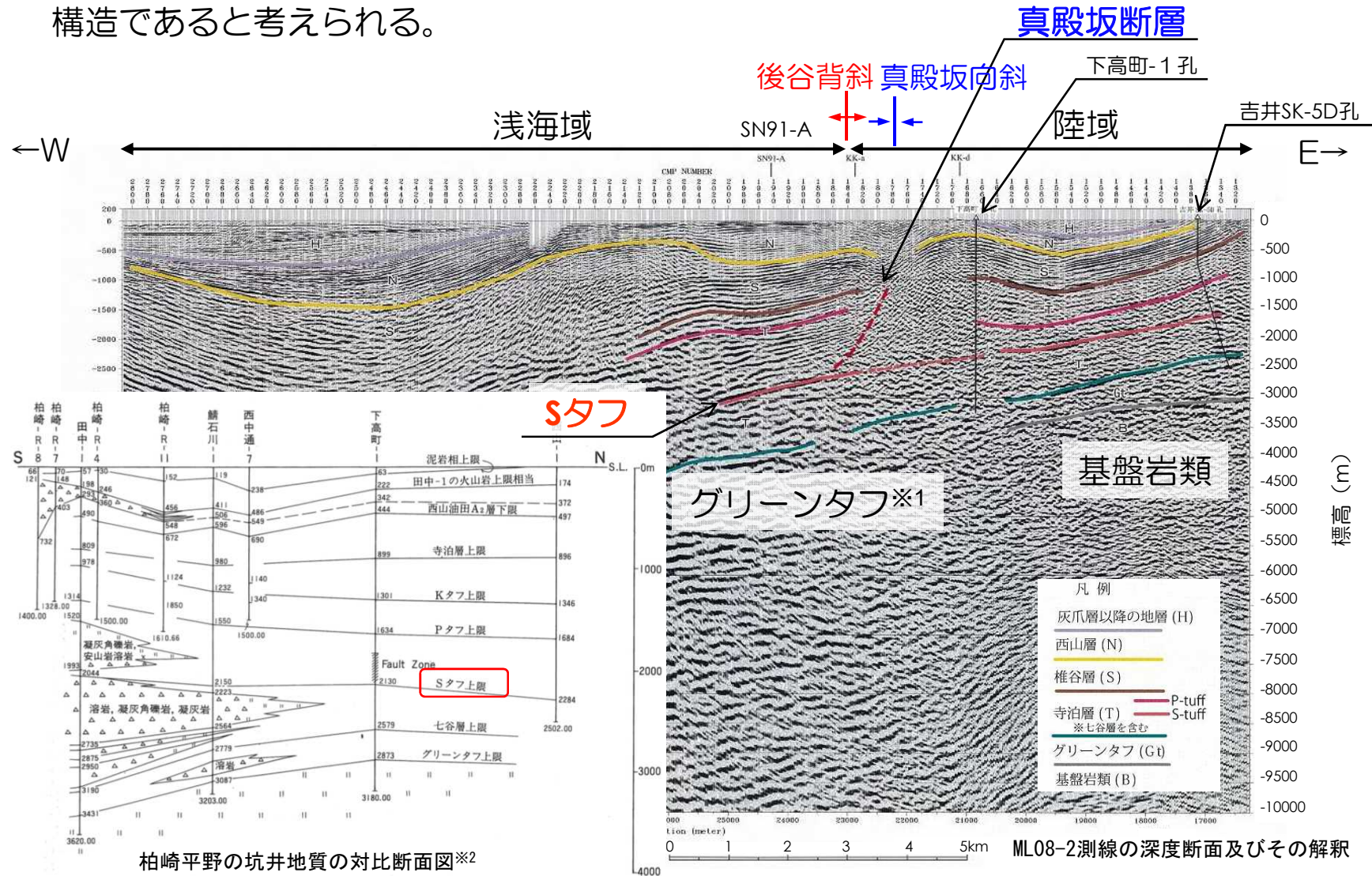
- 真殿坂向斜の深部に想定される真殿坂断層は、緩やかに西へ傾斜するSタフに収斂する構造であると考えられる。



6. 真殿坂断層に関する評価（反射法地震探査結果）

ML08-2測線

- 真殿坂向斜の深部に想定される真殿坂断層は、緩やかに西へ傾斜するSタフに収斂する構造であると考えられる。



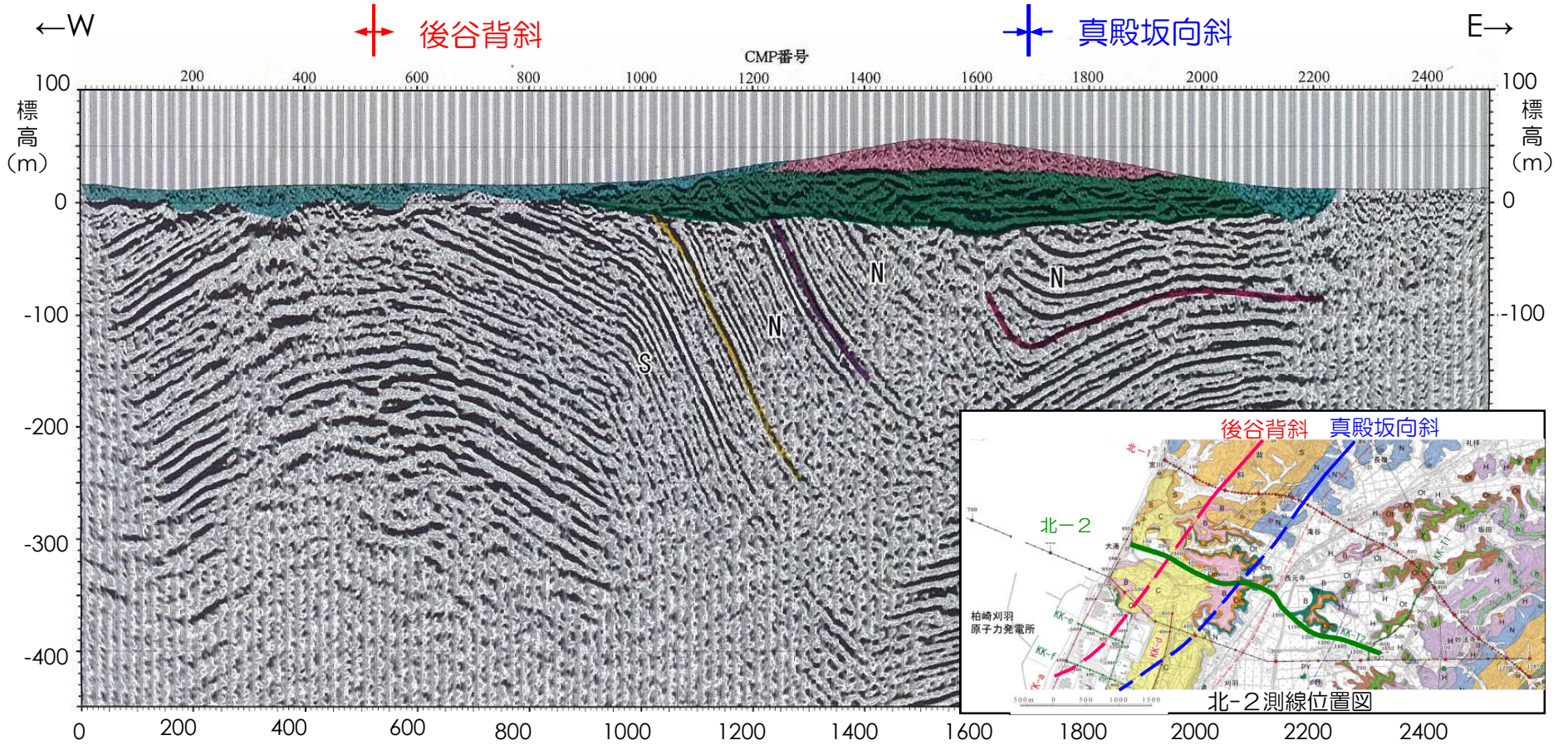
TEPCO ※1 天然ガス鉱業会ほか編(1992)による

※2 小林ほか(1995)に追記

6. 真殿坂断層に関する評価（反射法地震探査結果）

北-2測線

- 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。

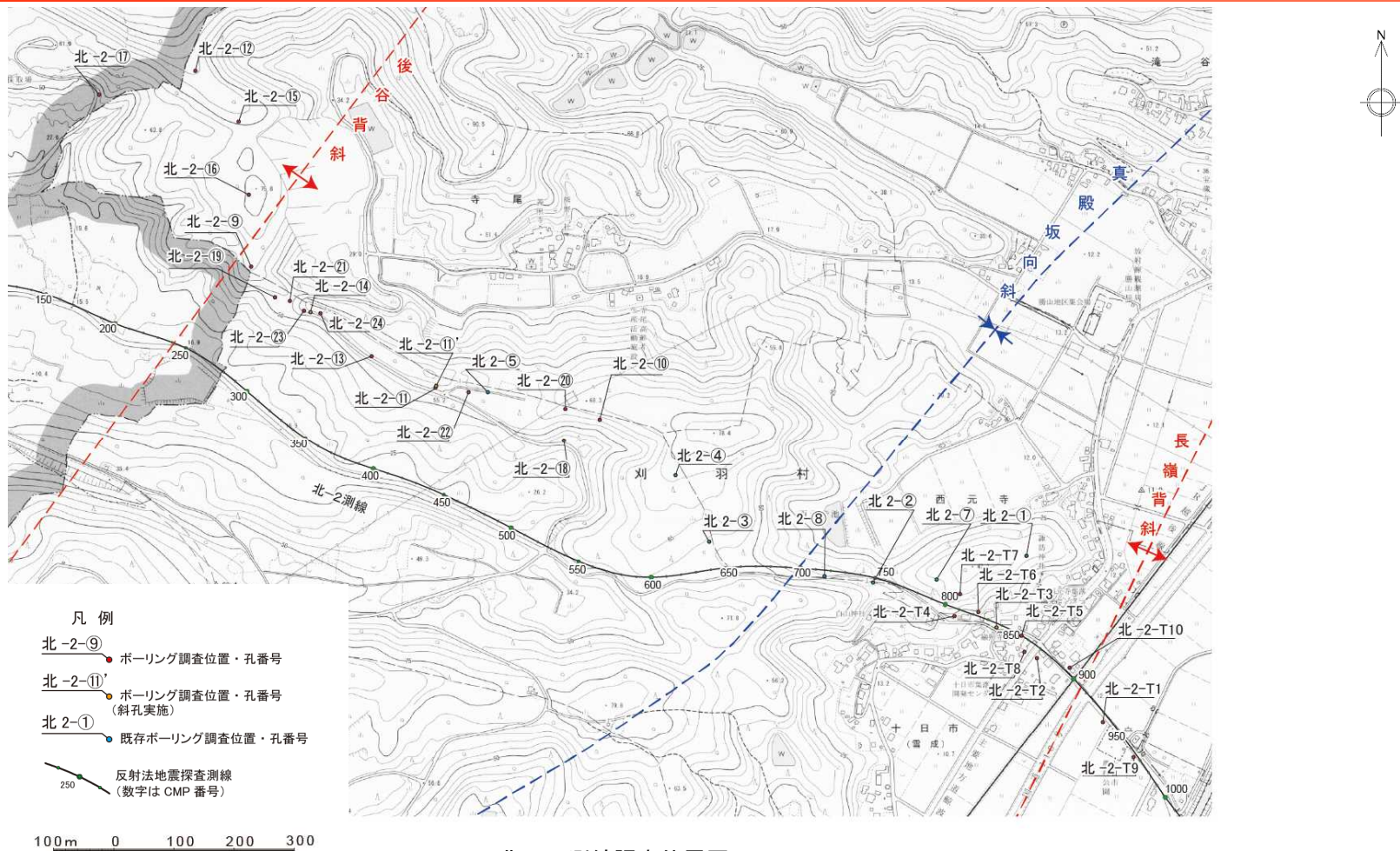


北-2 測線の深度断面及びその解釈

- 凡 例
- 沖積層
 - 大湊砂層・番神砂層
 - 古安田層・安田層下部層
 - テフラ (縦:横 = 2:1)
 - 西山層 (N)
 - 椎谷層 (S)
 - Nt16
 - Zn

(註) テフラ名は、敷地内調査結果、岸ほか(1996)による

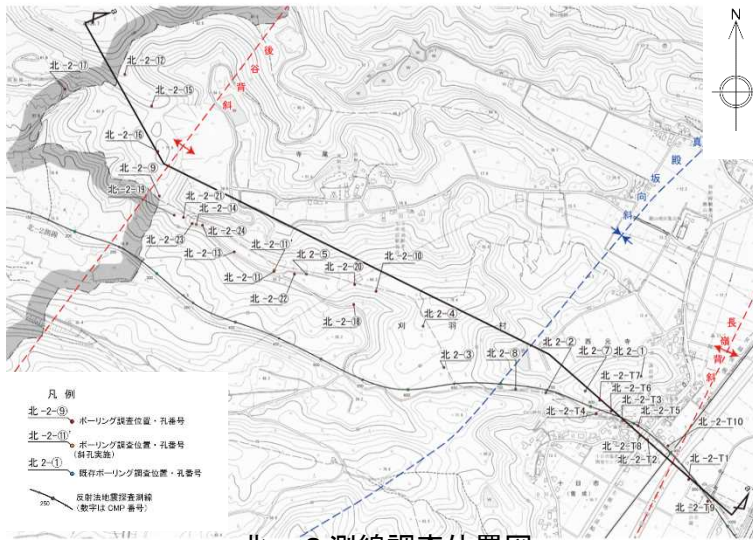
6. 真殿坂断層に関する評価（ボーリング調査結果）



北-2 測線調査位置図

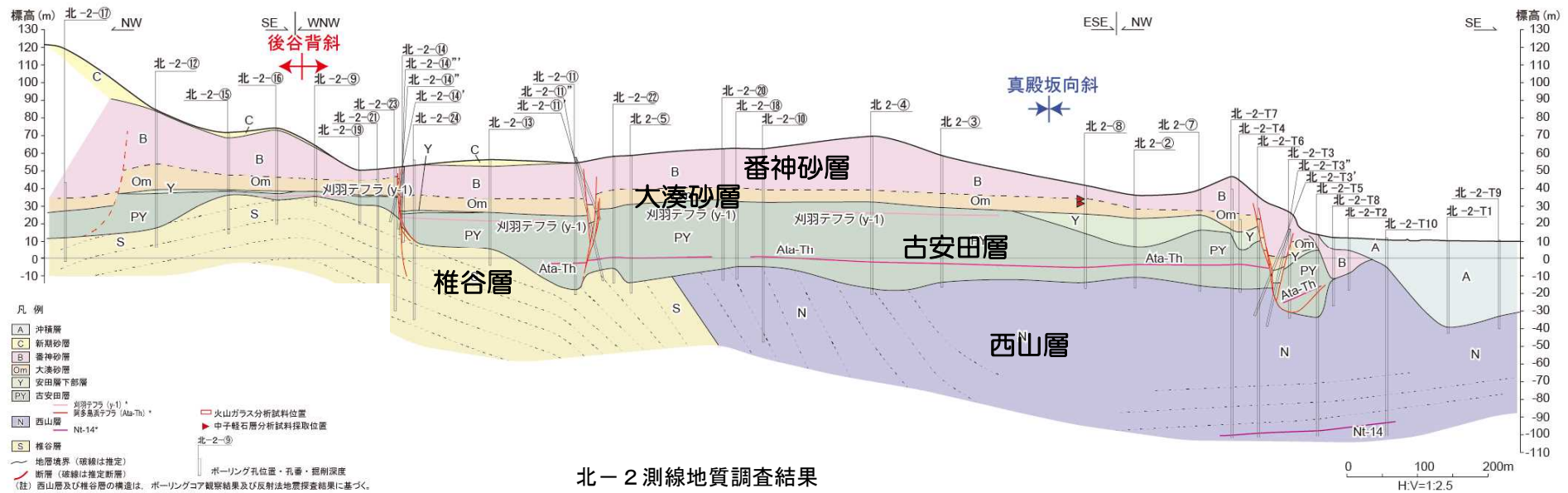
- 反射法地震探査の結果、後谷背斜を形成しているのは真殿坂断層であることが確認され、その活動性評価については、最も変形量大きい真殿坂向斜部を横断する範囲を中心に後谷背斜西方までボーリング調査を実施し、上載層との関係を確認した。

6. 真殿坂断層に関する評価（ボーリング調査結果）



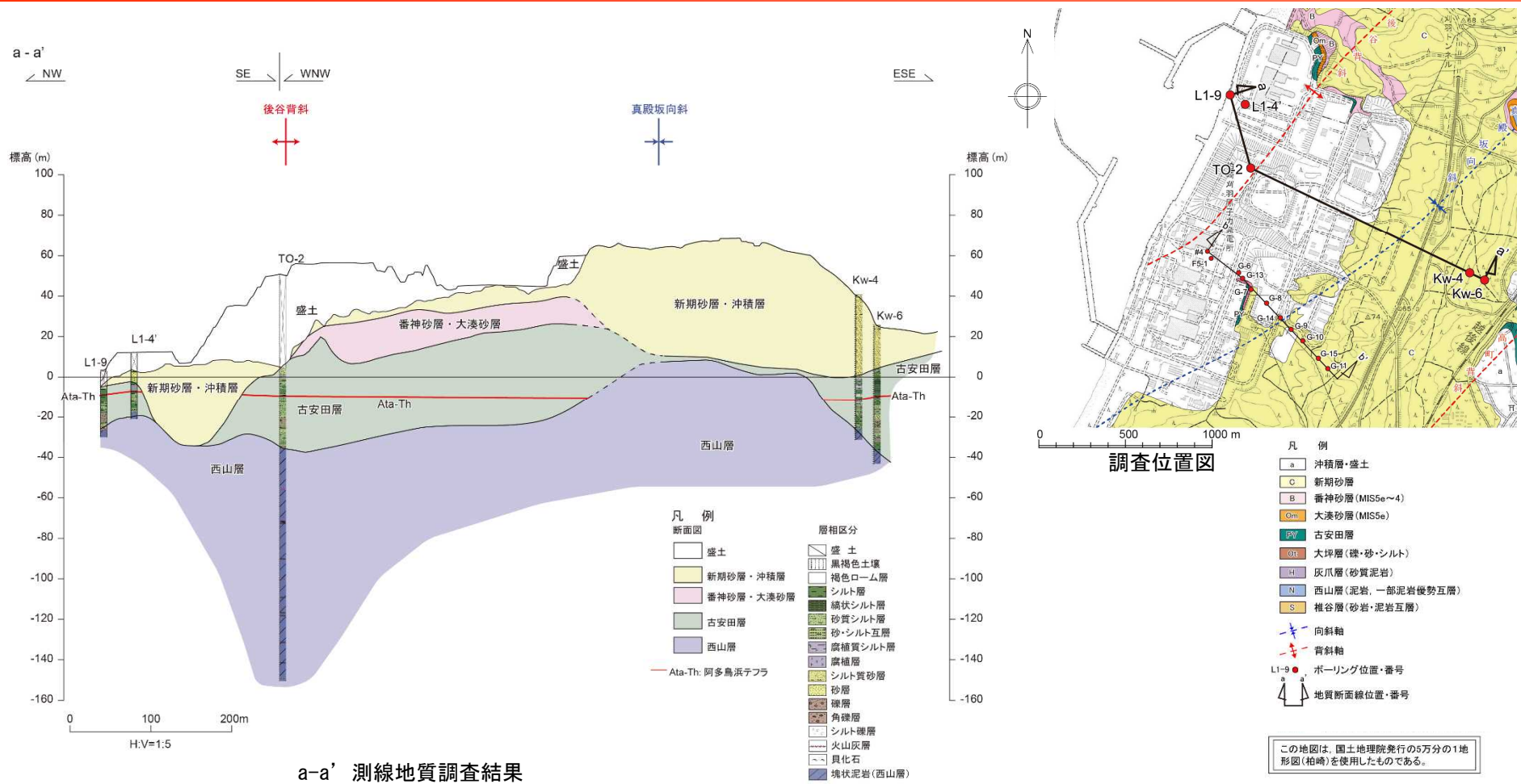
北-2 測線調査位置図

- 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。



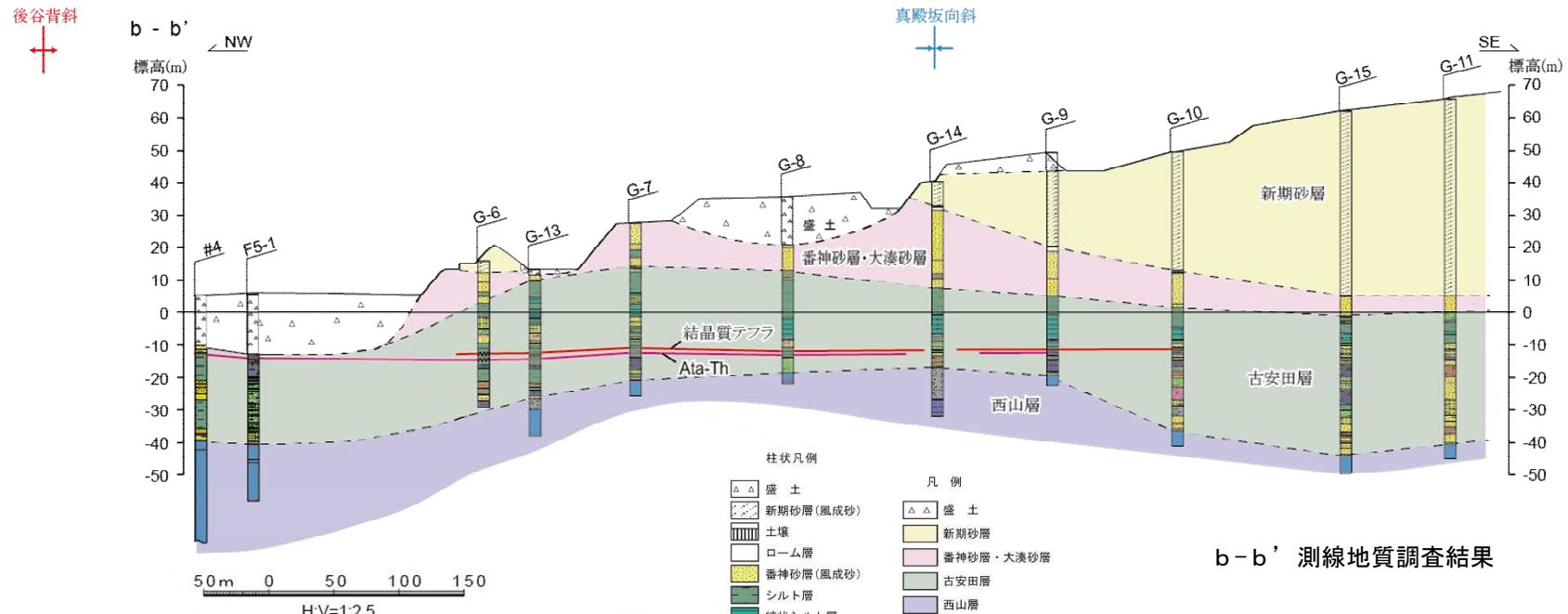
北-2 測線地質調査結果

6. 真殿坂断層に関する評価（ボーリング調査結果）

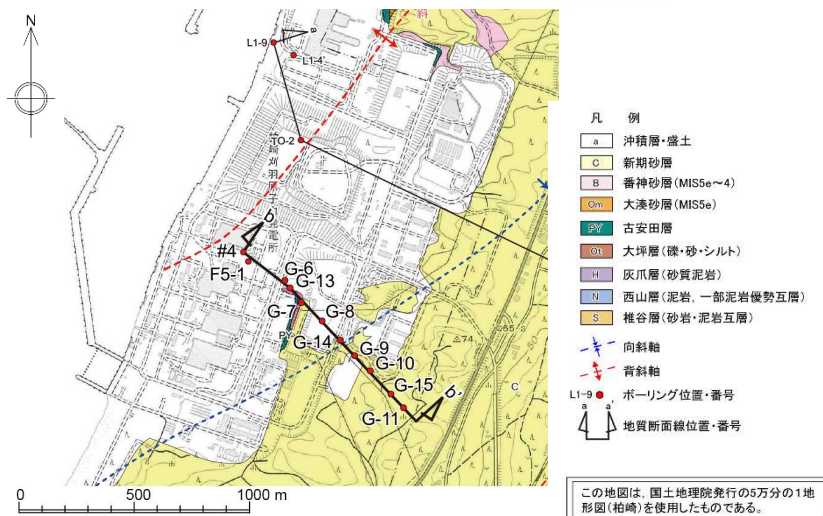


- 真殿坂向斜及び後谷背斜を横断して分布する古安田層以上の地層に、西山層以下の地層に認められる褶曲構造に調和的な構造は認められない。

6. 真殿坂断層に関する評価（ボーリング調査結果）



b-b' 測線地質調査結果



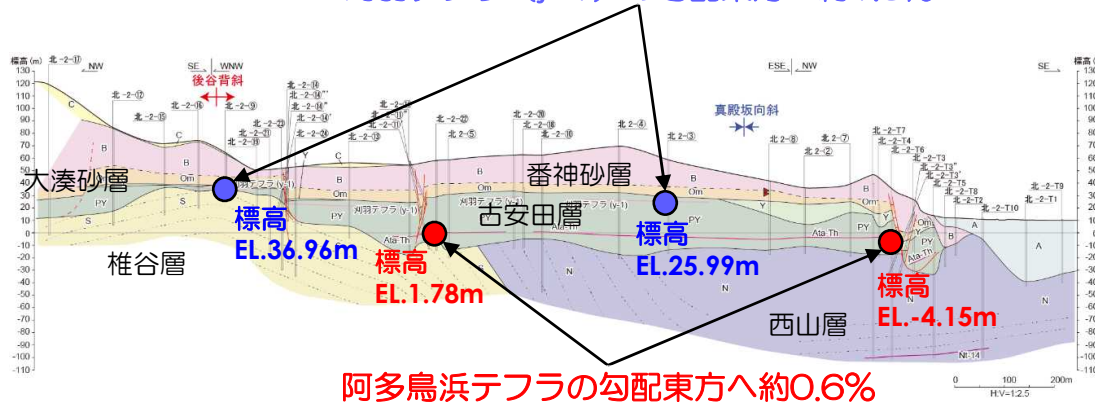
調査位置図

- 柱状凡例
- △△ 盛土
 - 新期砂層(風成砂)
 - 土壌
 - ローム層
 - 番神砂層(風成砂)
 - シルト層
 - 綿状シルト層
 - 砂質シルト層
 - 砂・シルト互層
 - シルト質砂層
 - 砂層
 - 礫層
 - シルト礫混含む砂層
 - 弱腐植質シルト層
 - 腐植質シルト層
 - 腐植質砂層
 - 角礫状風化泥岩
 - 塊状泥岩
 - 綿状泥岩
 - 極細粒火山灰層
 - 細粒~中粒火山灰層
 - 軽石層
 - 軽石質ラピリ層
 - 貝化石
- 凡例
- △△ 盛土
 - 新期砂層
 - 番神砂層・大湊砂層
 - 古安田層
 - 西山層
 - 結晶質テフラ
 - 阿多鳥浜テフラ (Ata-Th)

■ 真殿坂向斜を横断し、後谷背斜の東翼周辺に分布する古安田層以上の地層に、西山層以下の地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。

6. 真殿坂断層に関する評価 (北-2測線地質調査結果と柏崎平野周辺のM_I面の比較)

刈羽テフラ (y-1) の勾配東方へ約1.3%



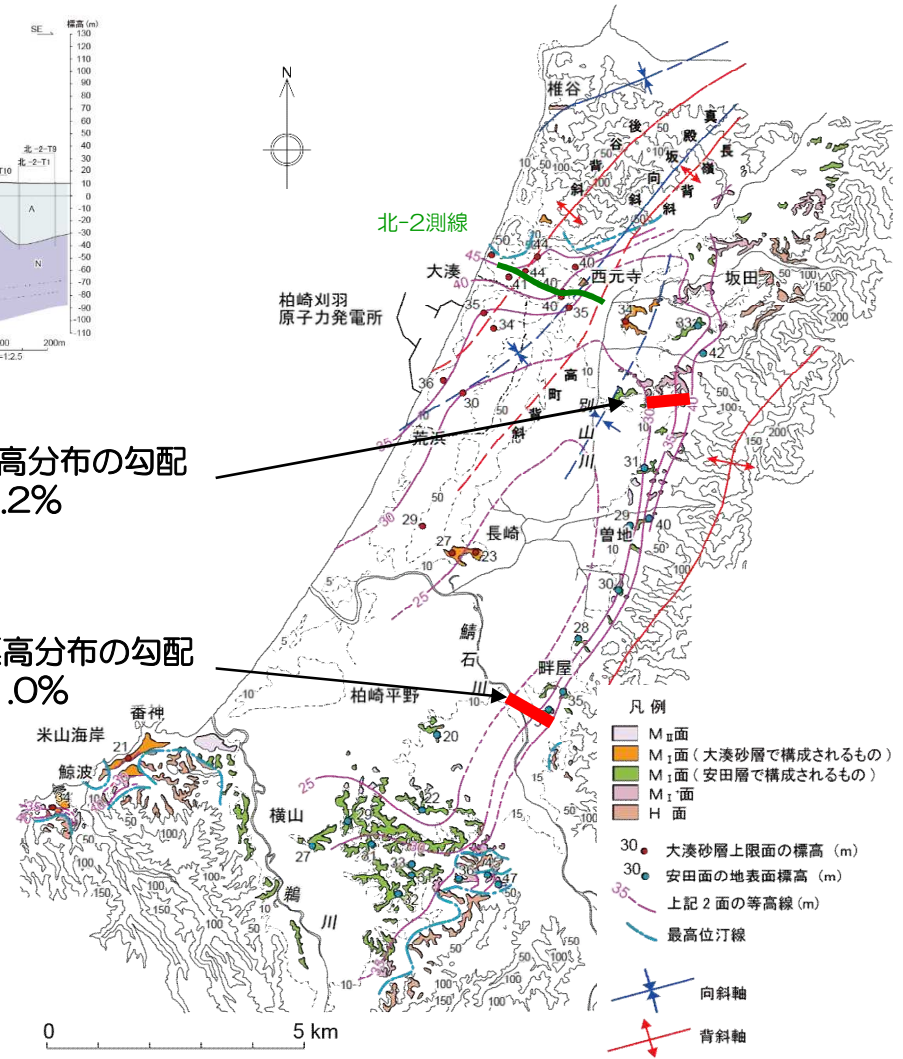
阿多鳥浜テフラの勾配東方へ約0.6%

北-2測線地質調査結果

- 褶曲構造を横断する古安田層中の刈羽テフラ及び阿多鳥浜テフラの標高分布の勾配は、周囲のM_I面標高分布の勾配と同程度であり、後谷背斜及び真殿坂向斜の後期更新世以降の成長を示唆するものではない。

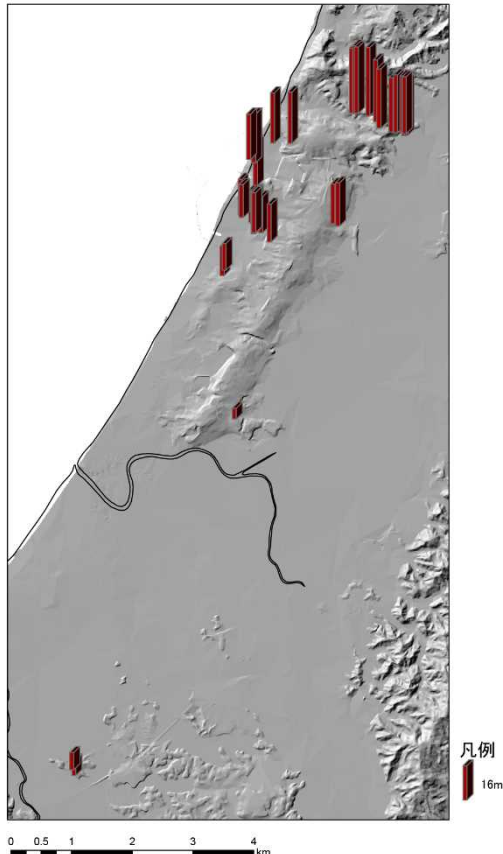
M_I面標高分布の勾配
西方へ1.2%

M_I面標高分布の勾配
西方へ1.0%



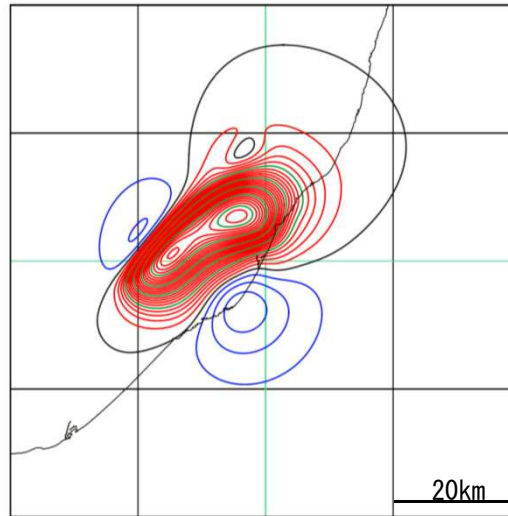
柏崎平野及びその周辺における下末吉離水面の地形※

6. 真殿坂断層に関する評価 (阿多鳥浜テフラの標高分布と新潟県中越沖地震の地殻変動の比較)



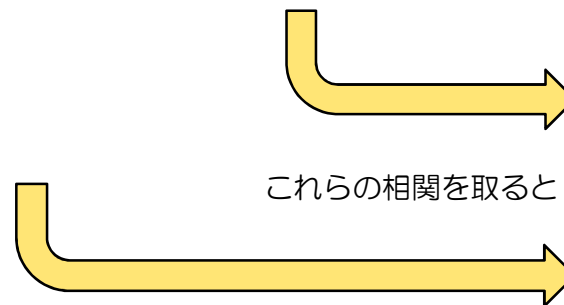
棒グラフは標高-30mからの高さ

阿多鳥浜テフラの標高分布平面図

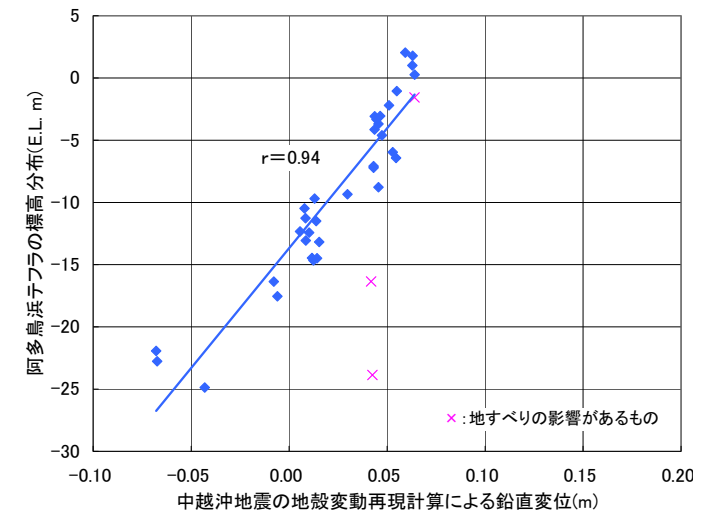


Wangの方法による隆起沈降分布
(赤：隆起，青：沈降，黒：±0cm, 2cm刻み)

国土地理院（2008）モデルによる新潟県中越沖地震の地殻変動再現計算による鉛直変位分布図



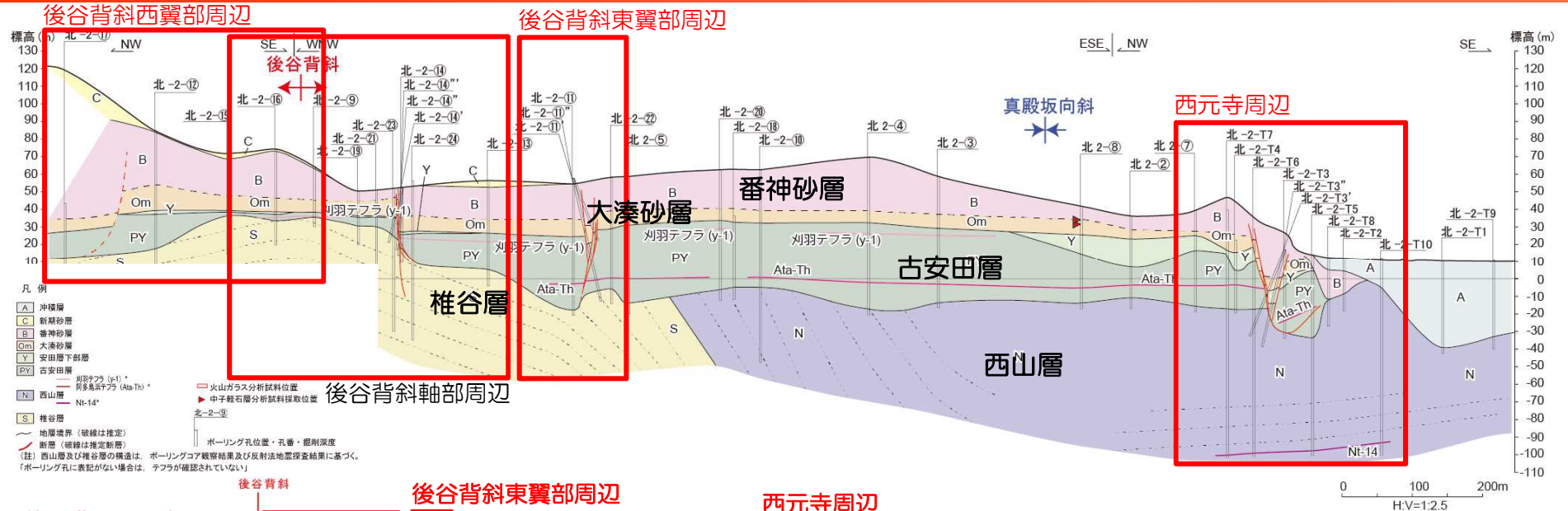
- 新潟県中越沖地震による地殻変動と阿多鳥浜テフラの標高分布は、相関係数が0.9程度と高い相関が認められる。
- このことは、阿多鳥浜テフラの標高分布は、同地震の地殻変動量の累積によって説明できることを示唆している。



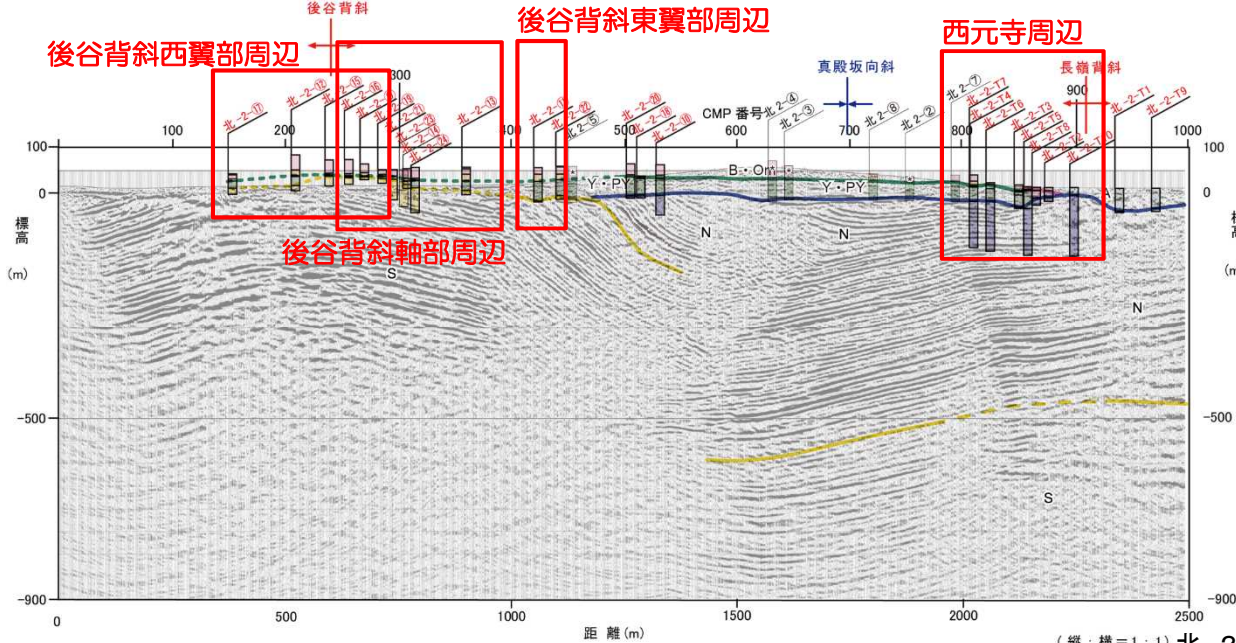
小括（真殿坂断層に関する評価）

- 空中写真判読結果によると、寺泊・西山丘陵の全域において、リニアメントは認められない。
- 反射法地震探査結果によると、真殿坂向斜の深部に想定される真殿坂断層は寺泊層下部に挟在するSタフに収斂し地下深部に連続しない。
- 褶曲構造を呈する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）（約24万年前）及び刈羽テフラ（y-1）（約20万年前）を挟在することから、中部更新統の古安田層である。
- 後谷背斜を横断する群列ボーリング調査結果によると、古安田層中に分布する刈羽テフラ（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、椎谷層に認められる背斜構造に調和しない。
- 褶曲構造を横断する北-2測線及び敷地内の2断面において、褶曲構造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はほぼ水平に分布し、西山層に認められる褶曲構造に調和しない。
- 褶曲構造を横断する古安田層中の刈羽テフラ及び阿多鳥浜テフラの標高分布の勾配は、周囲のM_I面標高分布の勾配と同程度であり、後谷背斜及び真殿坂向斜の後期更新世以降の成長を示唆するものではない。
- 新潟県中越沖地震による地殻変動と阿多鳥浜火山灰の標高分布は、相関係数が0.9程度と高い相関が認められる。このことは、阿多鳥浜テフラの標高分布は、同地震の地殻変動量の累積によって説明できることを示唆している。
- 以上のことから、後谷背斜及び真殿坂向斜を形成する褶曲構造は、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。

6. 真殿坂断層に関する評価（北-2測線で確認された断層）



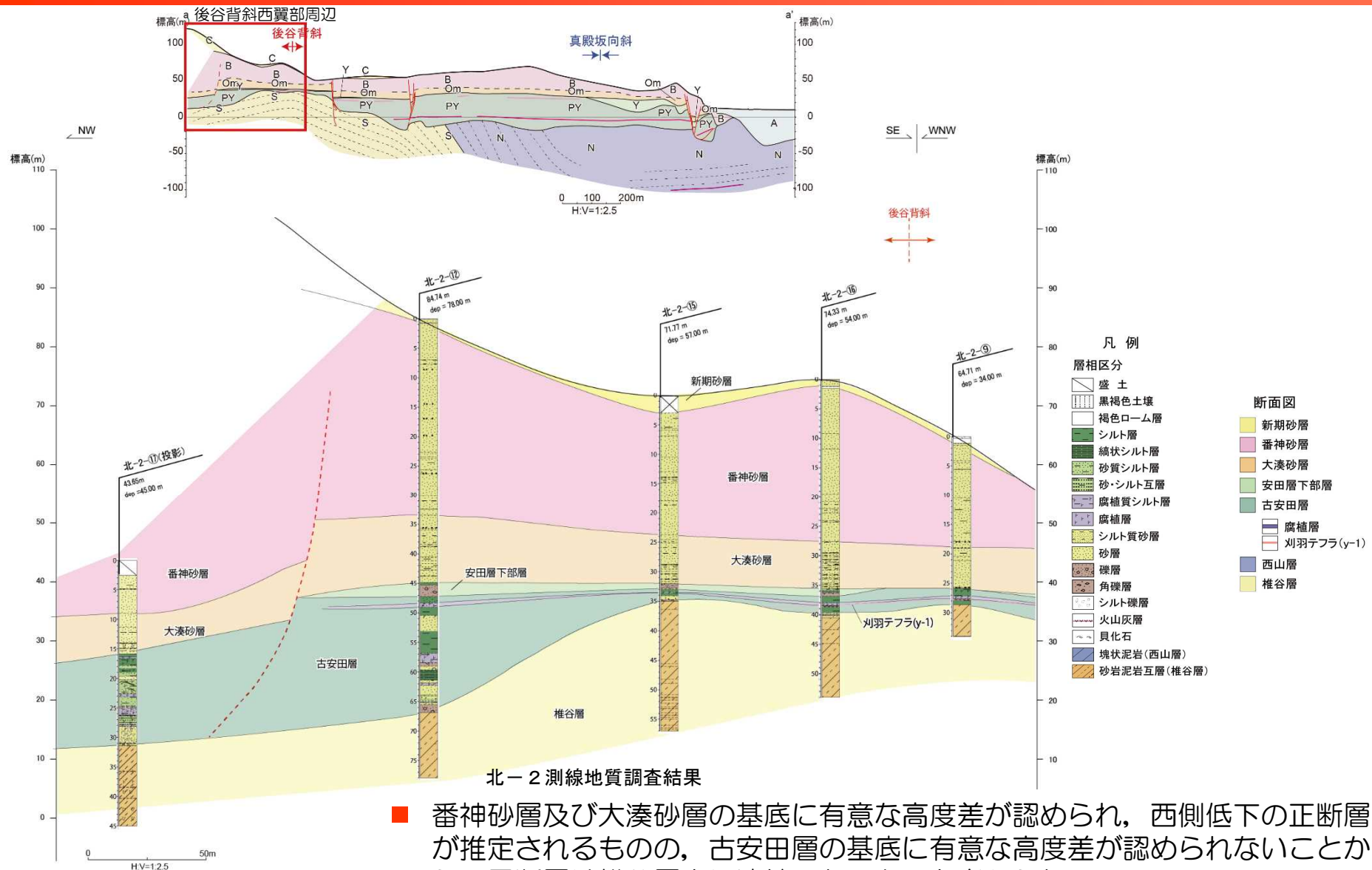
北-2 測線地質調査結果



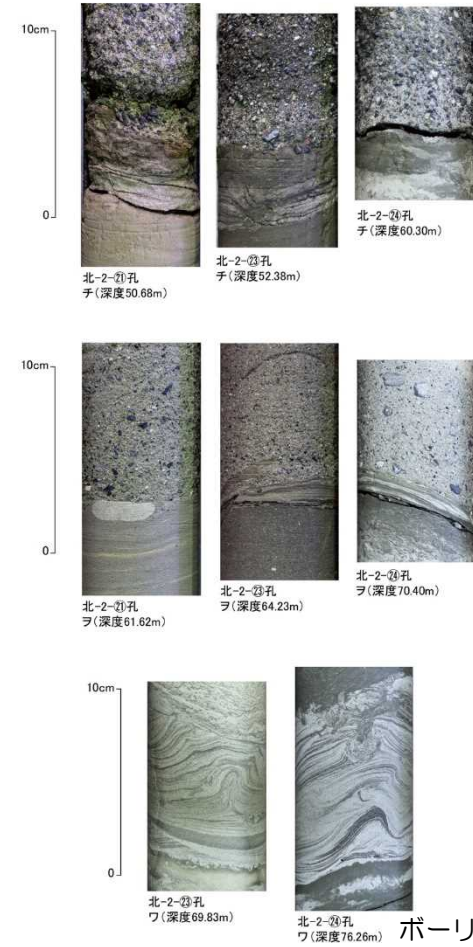
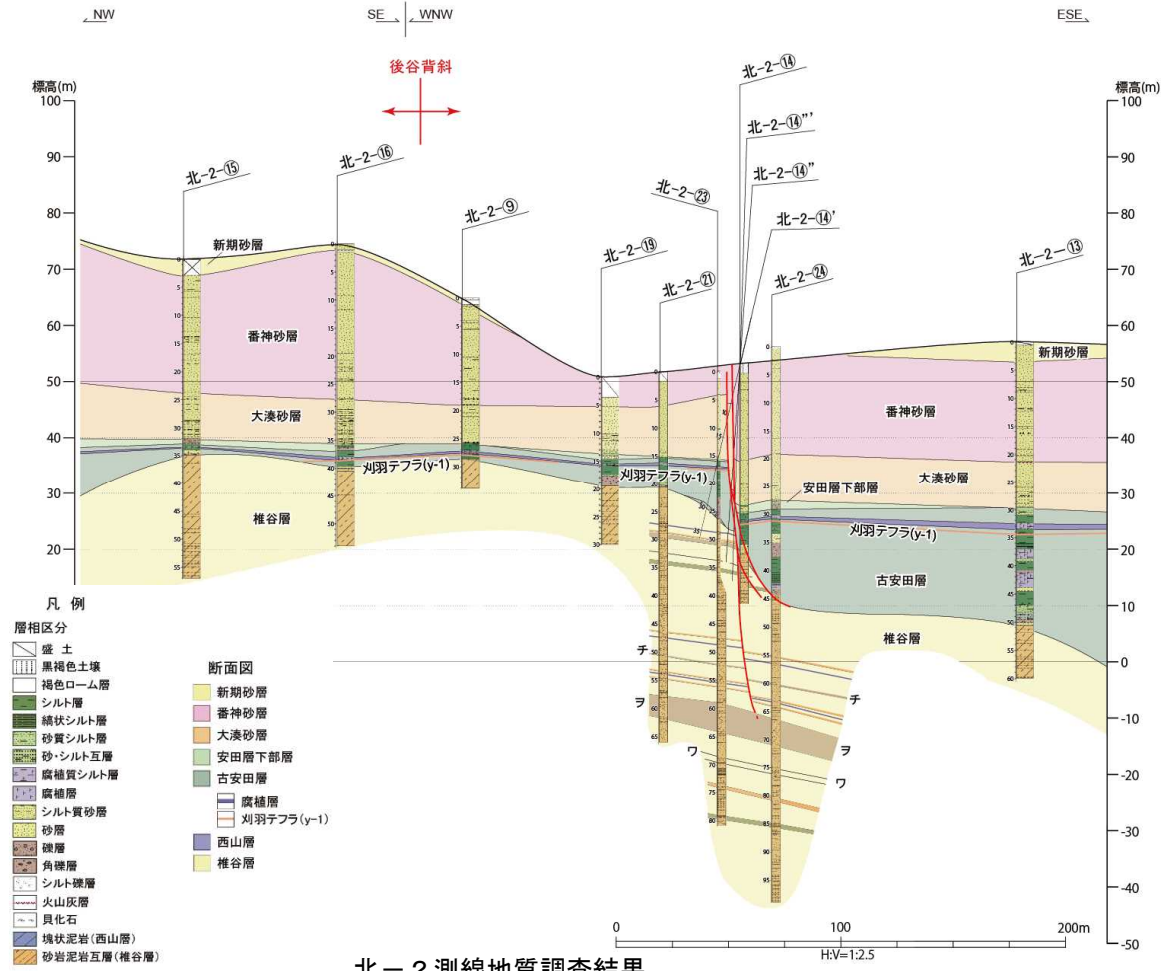
(縦:横=1:1) 北-2 測線深度断面及びその解釈

- ボーリング調査結果によると、古安田層以上の地層は、後谷背斜軸部、急傾斜を示す同背斜東翼部及び真殿坂向斜を横断して分布し、西山層以下の地層に示される褶曲構造に調和的な構造を示さない。
- 後谷背斜周辺及び西元寺周辺には、古安田層に変位を与える断層が推定される。

6. 真殿坂断層に関する評価（後谷背斜西翼部周辺の地質構造）

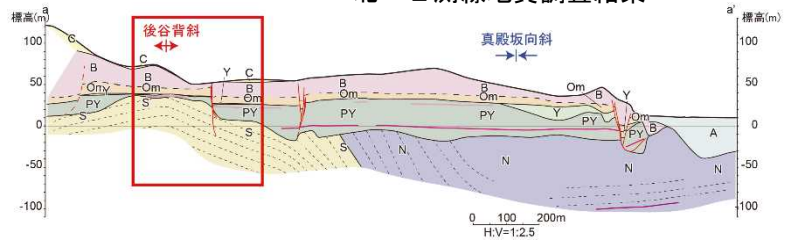


6. 真殿坂断層に関する評価（後谷背斜軸部周辺の地質構造）



ボーリングコア写真

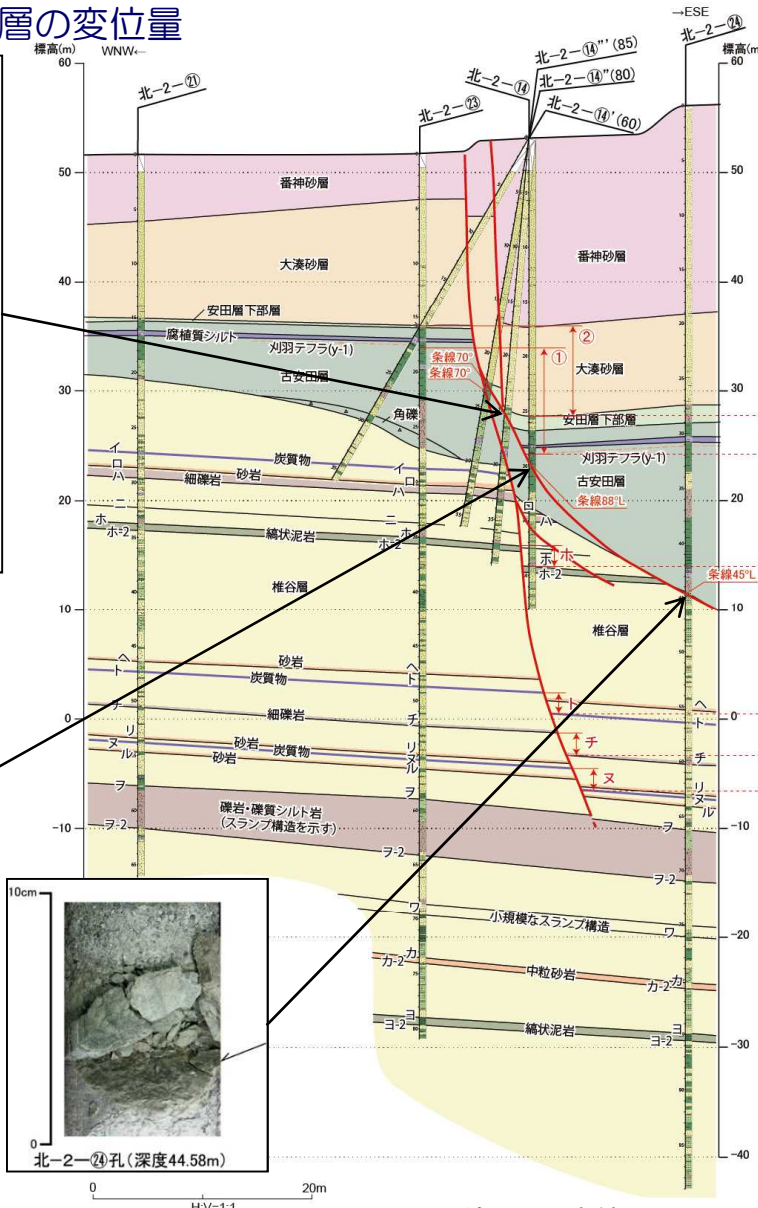
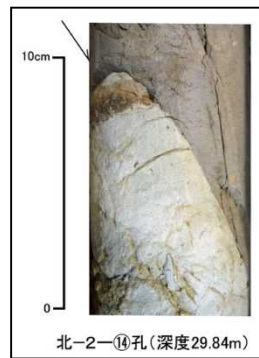
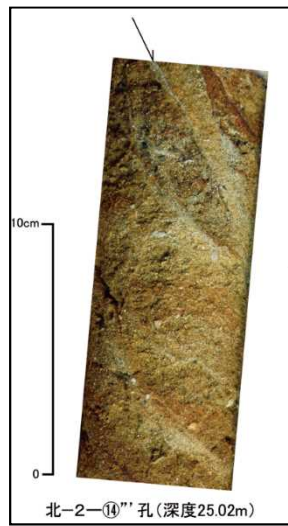
北-2 測線地質調査結果



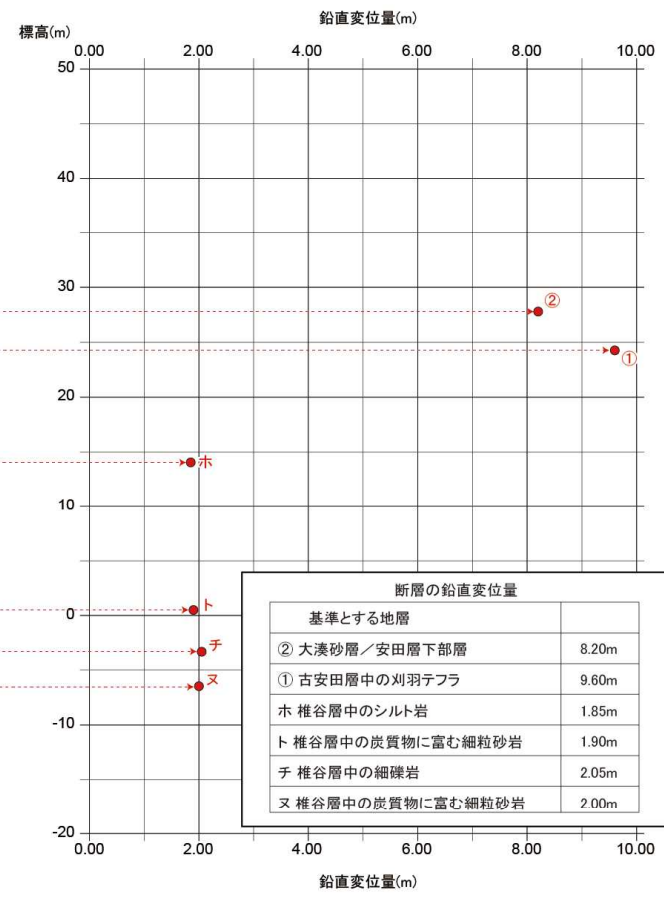
- 後谷背斜軸部を横断して、刈羽テフラ（y-1）及びその直上の腐植層は、ほぼ水平に分布する。
- 同背斜東方に、刈羽テフラ（y-1）に約10mの鉛直変位を与える正断層が認められる。
- 同断層は、椎谷層中の礫混じりシルト岩（ヲ）以下の地層に変位を与えていないことから、地下深部に連続しないと判断される。

6. 真殿坂断層に関する評価（後谷背斜軸部周辺の地質構造）

背斜東方の正断層の変位量



断層沿いの地層の鉛直変位量

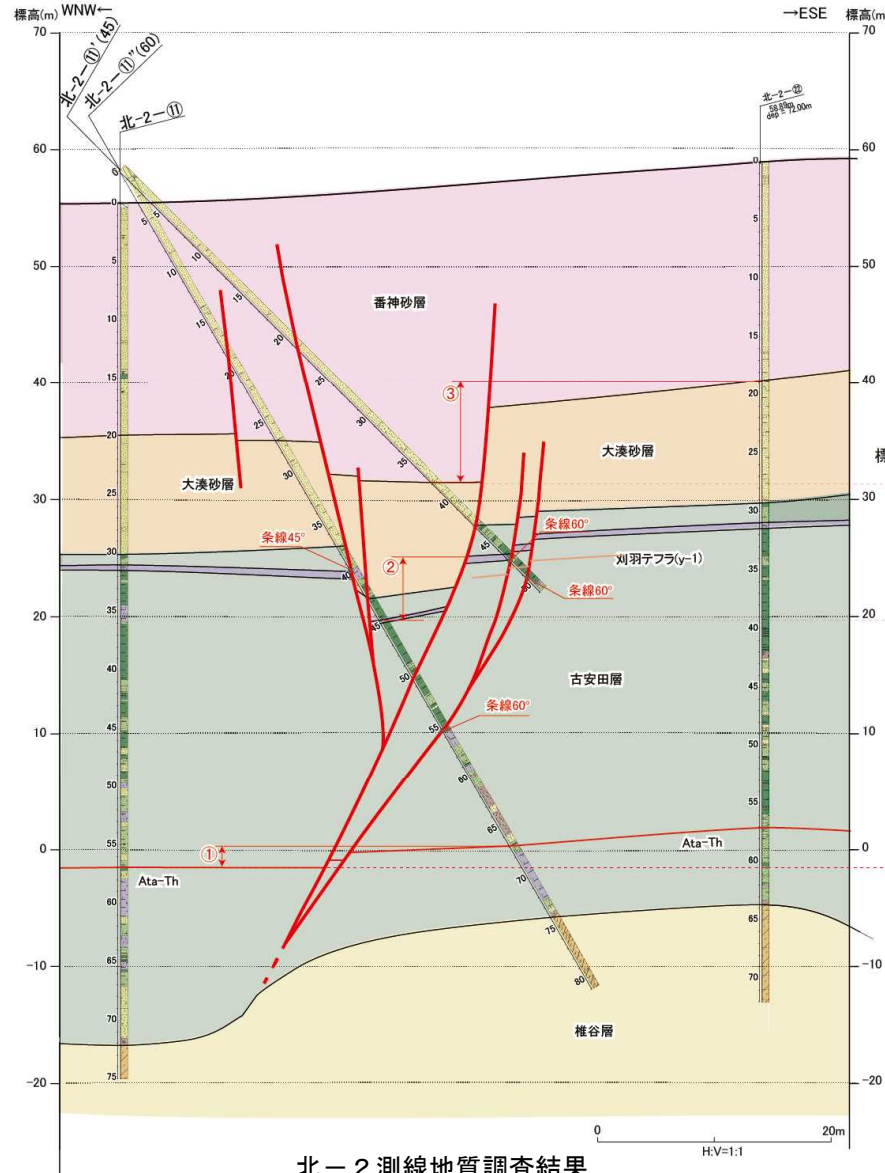


- 古安田層以上の地層に認められる断層変位量は、椎谷層中よりも大きい。
- 断層は、下位に向かって傾斜が緩やかになる傾向を確認した。

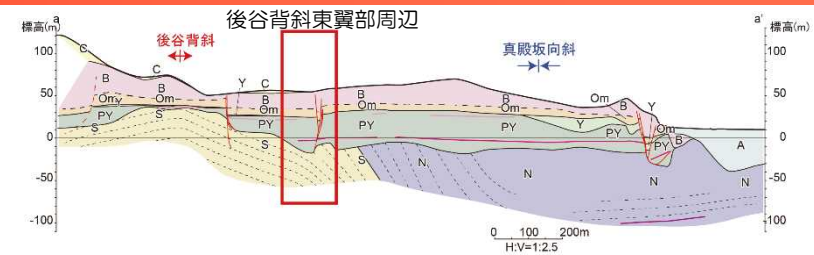
北-2 測線地質調査結果

6. 真殿坂断層に関する評価（後谷背斜東翼部周辺の地質構造）

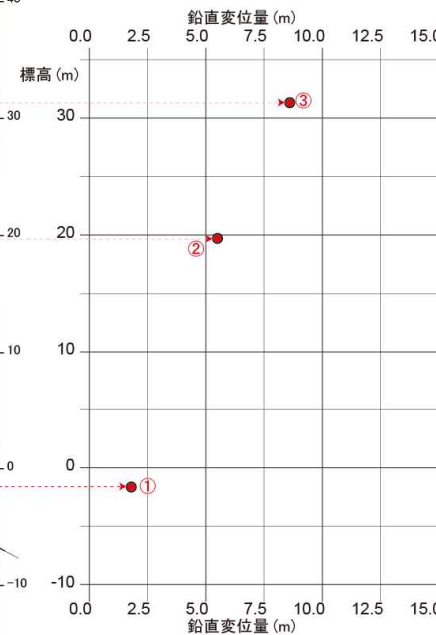
正断層の変位量



北-2 測線地質調査結果



基準とする地層	
③番神砂層／大湊砂層	8.6m
②古安田層中の腐植層	5.5m
①阿多鳥浜テフラ	1.6m

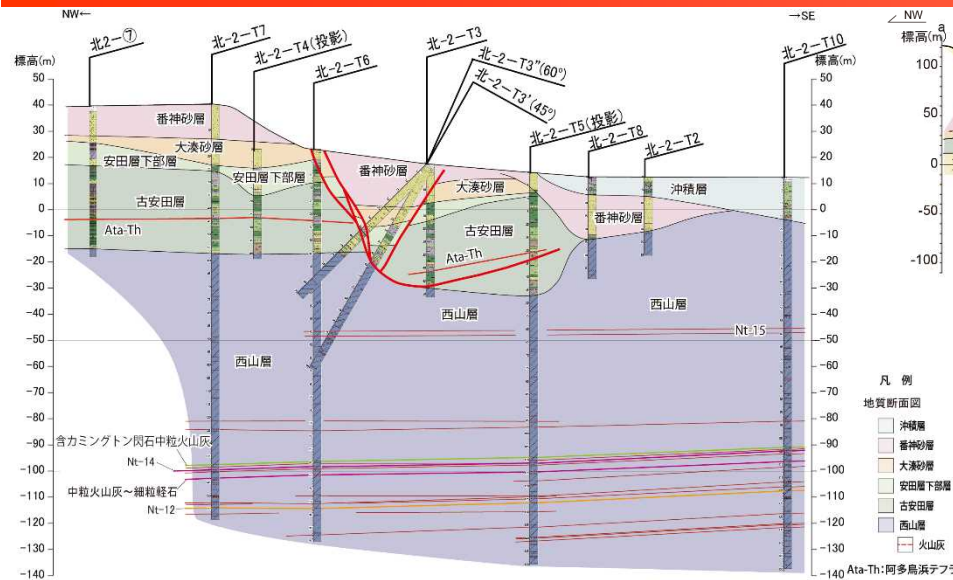


断層沿いの地層の鉛直変位量

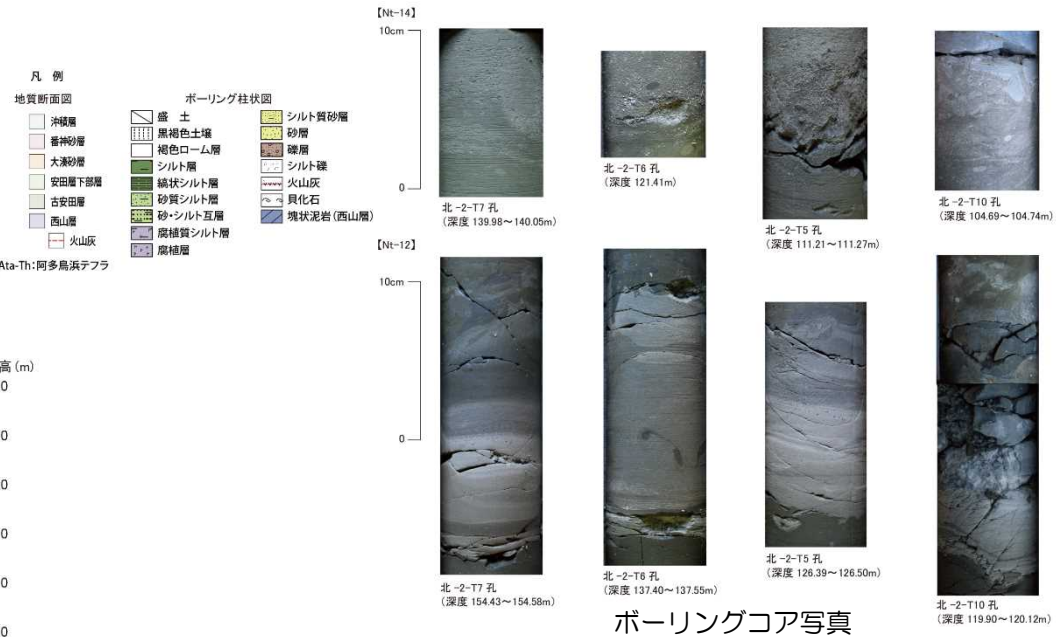
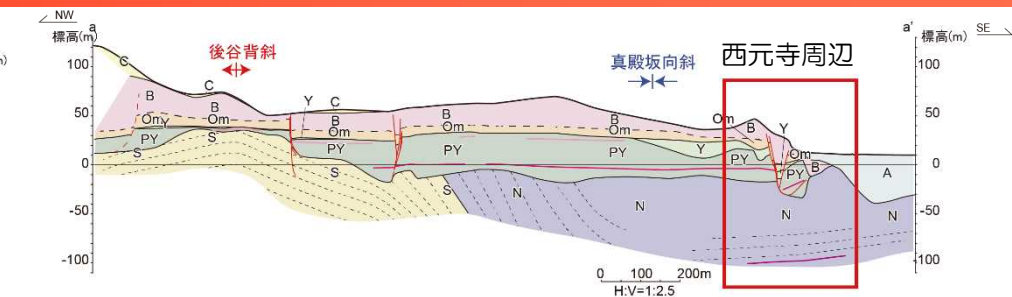
■ 番神砂層の基底に変位を与える西側低下の正断層は、下位に向かって鉛直変位量が減少しており、同断層は地下深部に連続しないと推定される。

- 凡例
- 層相区分
- 盛土
 - 黒褐色土壌
 - 褐色ローム層
 - シルト層
 - 綺状シルト層
 - 砂質シルト層
 - 砂・シルト互層
 - 腐植質シルト層
 - 腐植層
 - シルト質砂層
 - 砂層
 - 礫層
 - 角礫層
 - シルト礫層
 - 火山灰層
 - 貝化石
 - 塊状泥岩 (西山層)
 - 砂岩泥岩互層 (椎谷層)
- 断面図
- 新期砂層
 - 番神砂層
 - 大湊砂層
 - 安田層下部層
 - 古安田層
 - 腐植層
 - 刈羽テフラ(y-1)
 - 阿多鳥浜テフラ (Ata-Th)
 - 西山層
 - 椎谷層

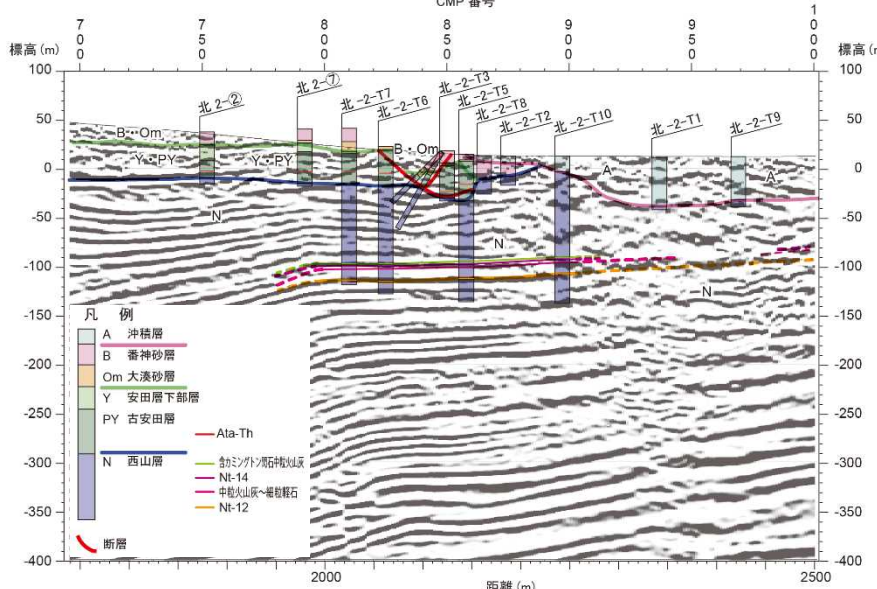
6. 真殿坂断層に関する評価（西元寺周辺の地質構造）



北-2 測線地質調査結果



ボーリングコア写真

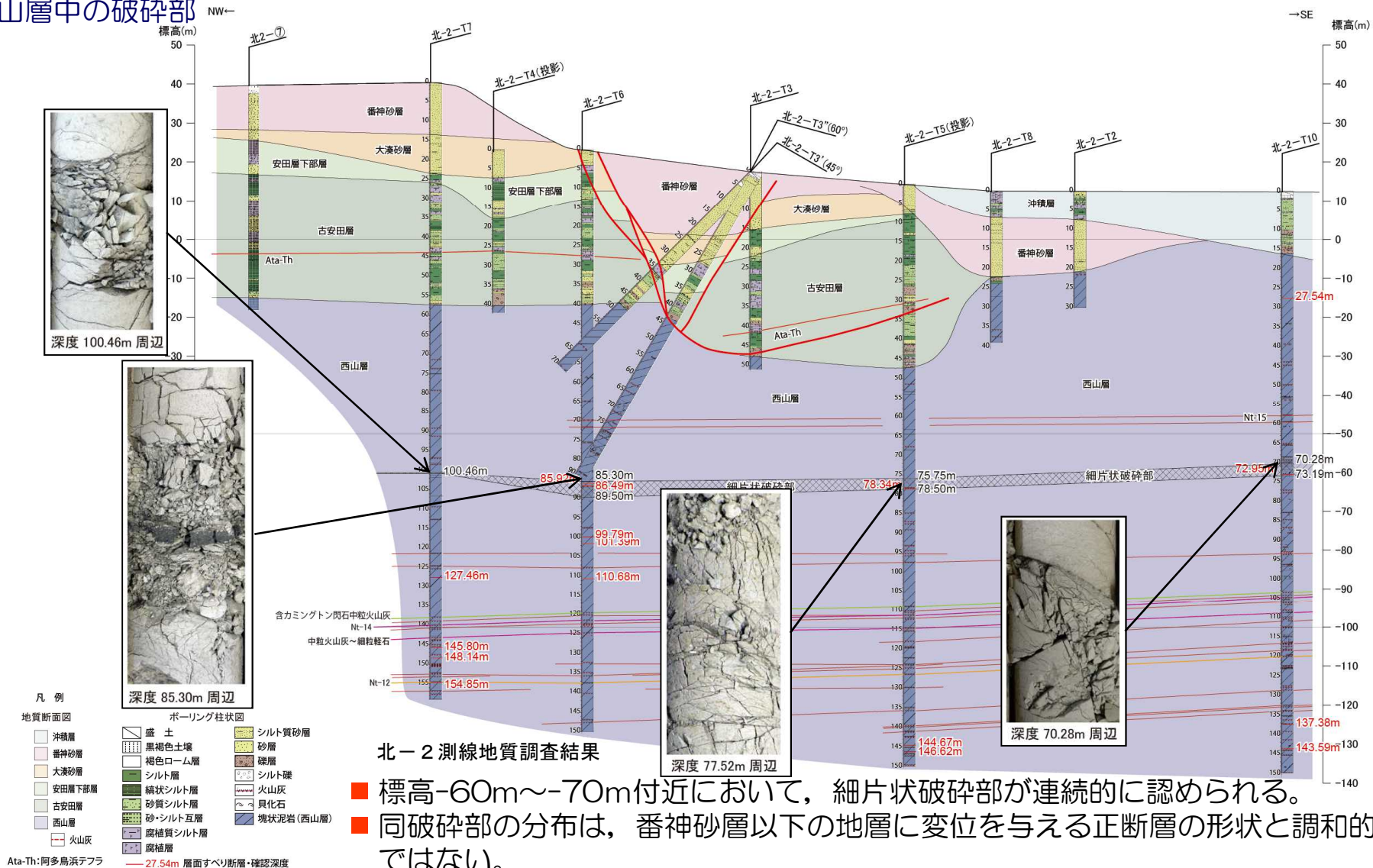


北-2 測線地質調査結果

- 古安田層以上の地層に連続する正断層が認められる。
- ボーリング調査結果によると、西山層中の火山灰層群が高度不連続なく分布する。
- 反射法地震探査結果からも、同断層は地下深部に連続しないと判断される。

6. 真殿坂断層に関する評価（西元寺周辺の地質構造）

西山層中の破碎部



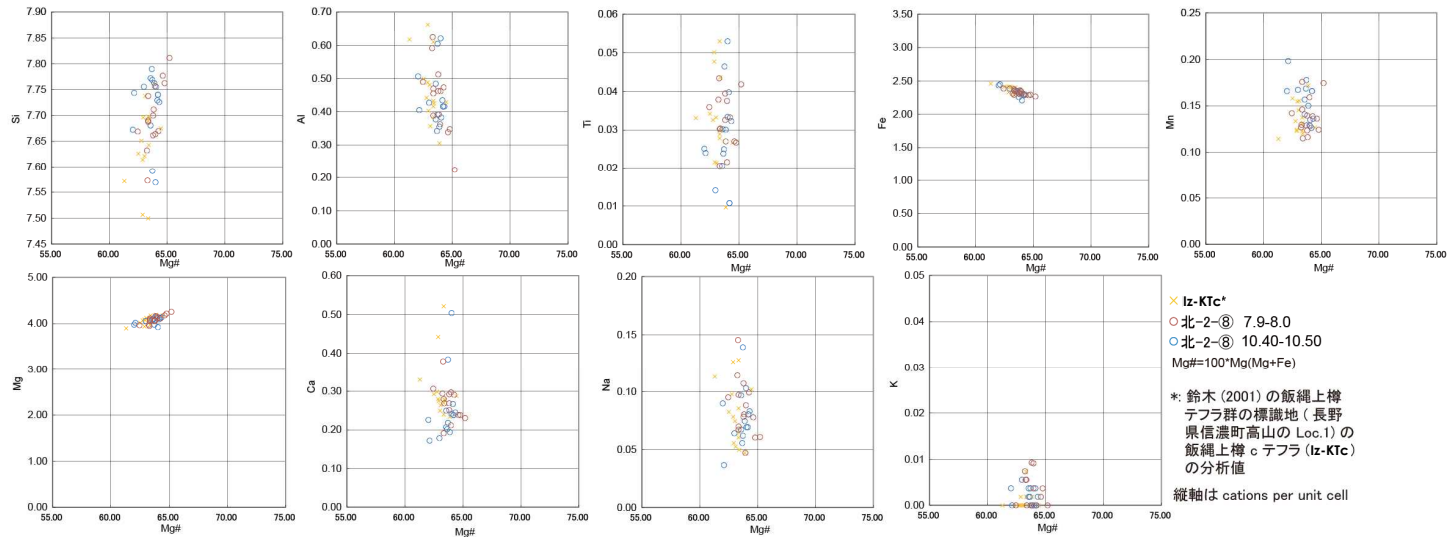
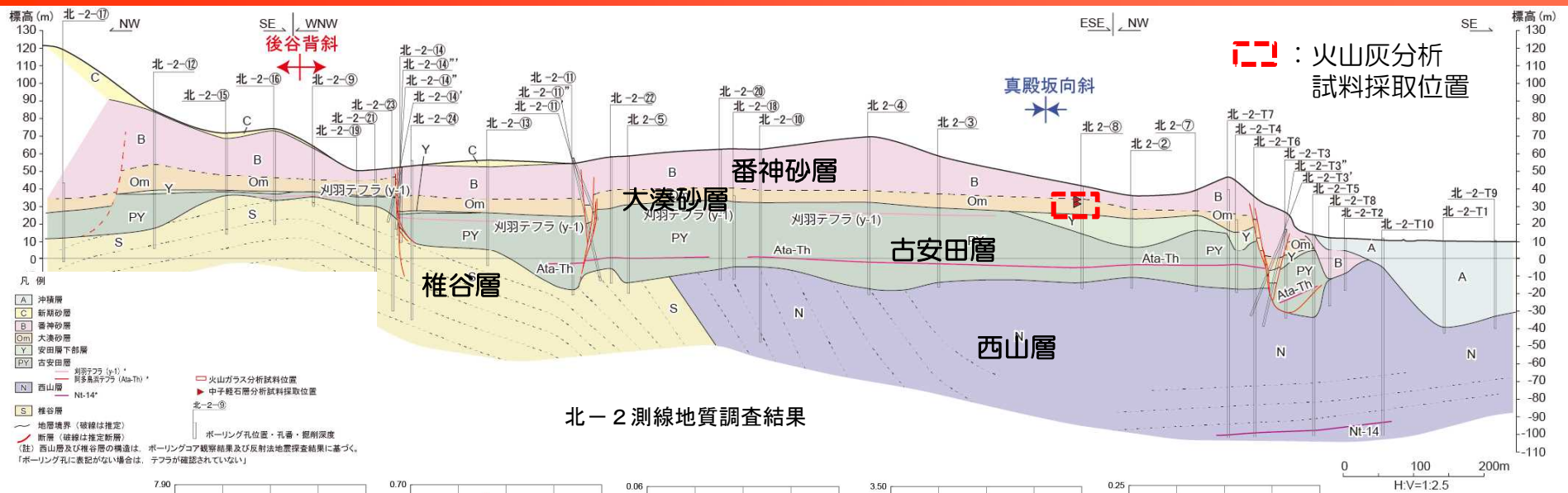
北-2 測線地質調査結果

- 標高-60m~-70m付近において、細片状破碎部が連続的に認められる。
- 同破碎部の分布は、番神砂層以下の地層に変位を与える正断層の形状と調和的ではない。
- 同破碎部の上下に分布する火山灰層に有意な高度不連続は認められないことから、同破碎部は地下深部に連続する断層ではないと判断される。

小括（北-2測線で確認された断層）

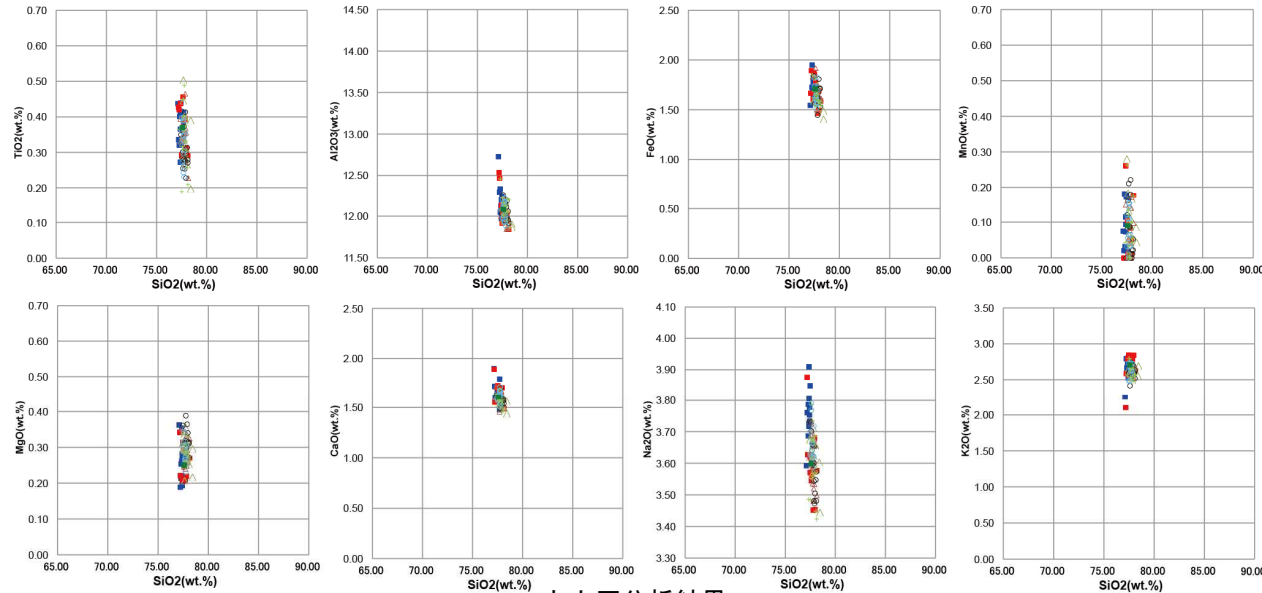
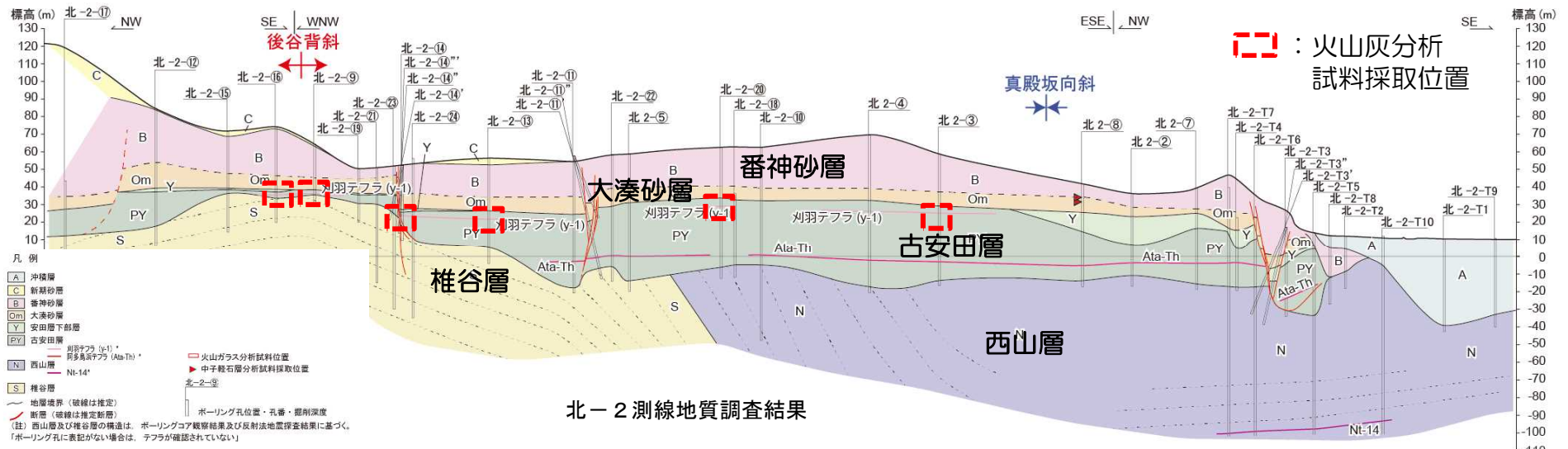
- ボーリング調査によると、後谷背斜軸部東方において古安田層に変位を与える断層が認められたものの、いずれも変位の累積性がなく、地下深部に連続しないことを確認した。
- 既往の反射法地震探査結果からも当該領域に地下に連続する断層は認められない。
- 以上のことから、これらの断層は震源として考慮する活断層ではないと判断される。

<参考>火山灰分析：中子軽石層



■ カミングトン閃石のMg#と陽イオンとの比より、大湊砂層中に中子軽石層 (NG) が確認され、飯縄上樽 c テフラ (Iz-KTc) に対比される。

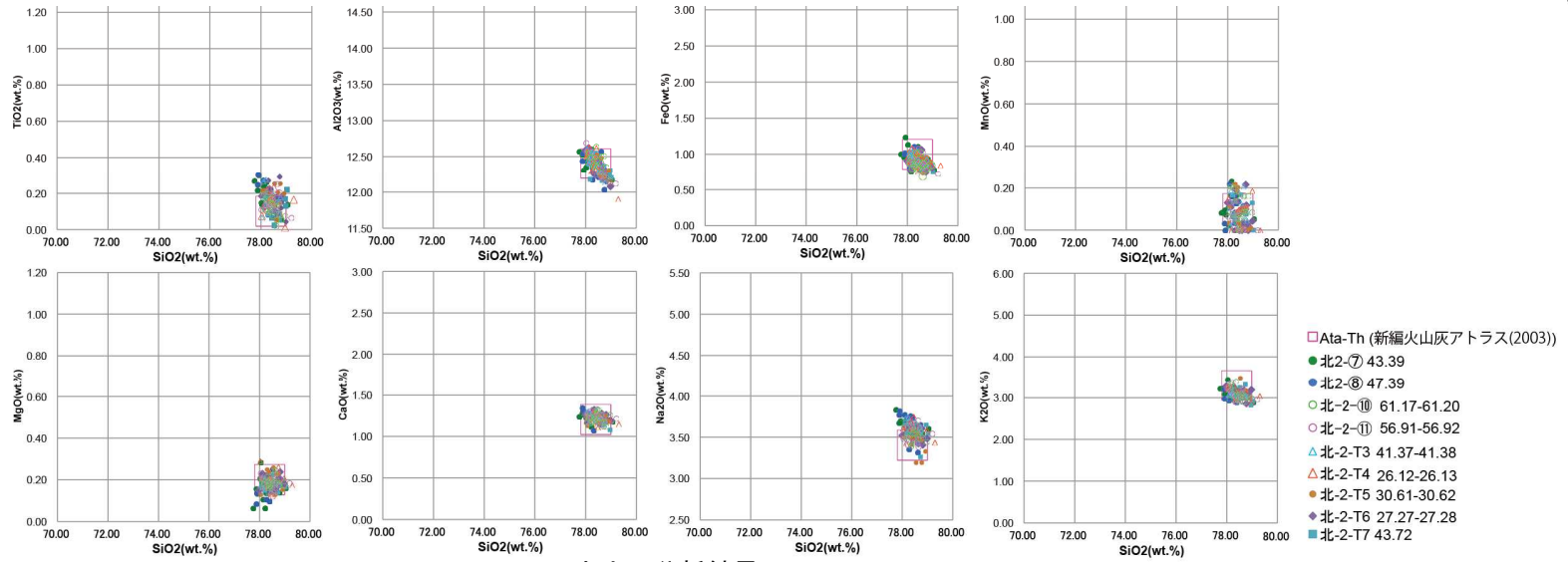
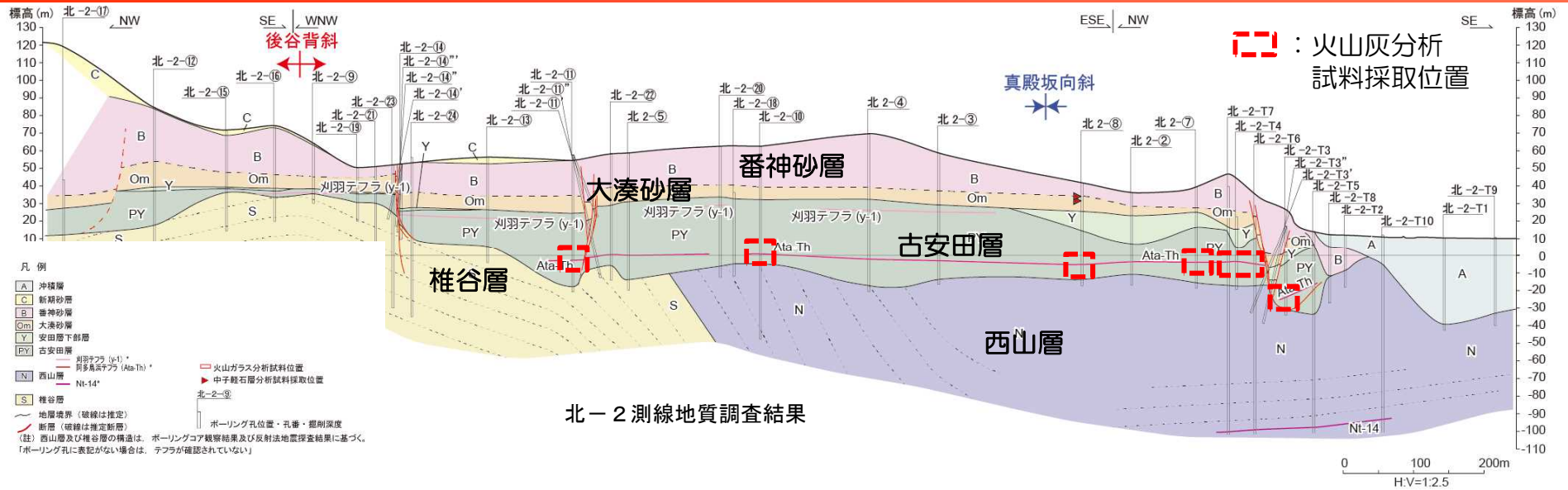
<参考>火山灰分析：刈羽テフラ



- G10
- 刈羽テフラ(y-1)
- 北2-3 33.45
- 北2-9 27.72-27.76
- 北2-13 34.35-34.36
- 北2-14 28.90
- 北2-16 38.54-38.61
- 北2-20 33.64-33.69

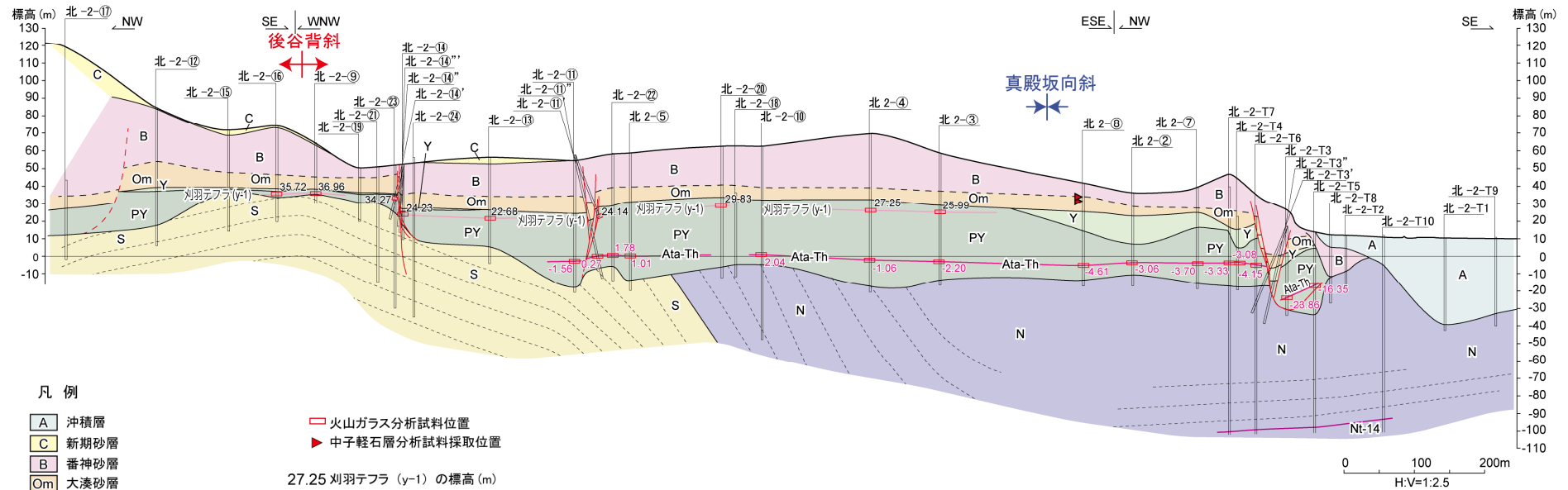
■ 火山ガラスの主成分分析結果によると、古安田層中の白色ガラス質テフラは、刈羽テフラ（y-1）に対比される。

＜参考＞火山灰分析：阿多鳥浜テフラ



■ 火山ガラスの主成分分析結果によると、古安田層中の白色ガラス質テフラは、刈羽テフラ（y-1）に対比される。

<参考>北-2測線における刈羽テフラ・阿多鳥浜テフラ標高



凡例

- [A] 沖積層
 - [C] 新期砂層
 - [B] 番神砂層
 - [Om] 大湊砂層
 - [Y] 安田層下部層
 - [PY] 古安田層
 - [N] 西山層
 - [S] 椎谷層
 - 地層境界 (破線は推定)
 - 断層 (破線は推定断層)
 - (註) 西山層及び椎谷層の構造は、ボーリングコア観察結果及び反射法地震探査結果に基づく。
 - * 「ボーリング孔に表記がない場合は、テフラが確認されていない」
- 火山ガラス分析試料位置
 - ▶ 中子軽石層分析試料採取位置
 - 27.25 刈羽テフラ (y-1) の標高 (m)
 - 1.06 阿多鳥浜テフラ (Ata-Th) の標高 (m)
 - 北-2-9
 - ボーリング孔位置・孔番・掘削深度

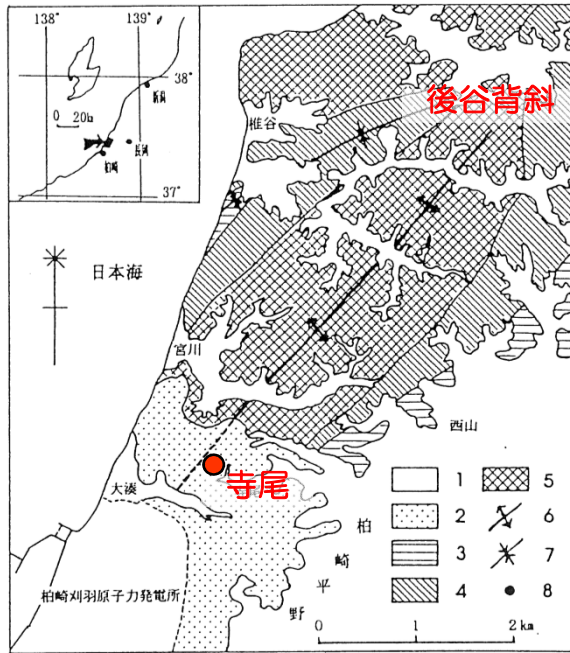
北-2測線地質調査結果

-
- 1 敷地近傍の地形
 - 2 敷地近傍の地質
 - 3 敷地近傍の変動地形
 - 4 敷地近傍の地質構造
 - 5 古安田層の年代に関する評価
 - 6 真殿坂断層に関する評価
 - 7 寺尾付近の断層に関する評価
 - 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
 - 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
 - 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

7. 寺尾付近の断層に関する評価 (荒浜砂丘団体研究グループ (1993) の評価)

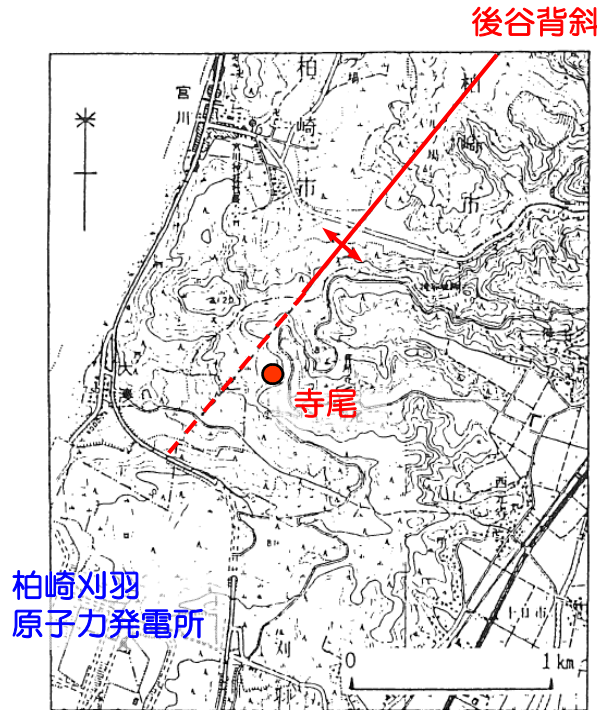
■ 荒浜砂丘団体研究グループ (1993)

「刈羽村寺尾で上部中新統の椎谷層から上部更新統の番神砂層下部までを通して切る断層を
発見した」
と報告している。



調査地点の位置および周辺地域の地質

- 1. 沖積層 2. 新期砂丘砂層 3. 西山層 4. 浜忠層
 - 5. 椎谷層 6. 後谷背斜 7. 向斜軸 8. 調査地点
- 破線は新期砂丘砂層下に覆在する後谷背斜



調査周辺位置図

地質時代		地層名	
完新世		新期砂丘砂層	
		柏崎層	
更新世	後期	雪成砂層	
		番神砂層	上部 * 下部 *
	中期	安田層	上部 下部 **
		青海川層	
	前期	大坪層	
		灰爪層	***
鮮新世	西山層		
中新世	浜忠層		
	椎谷層		

*4.6万年前 (橋本・葉葦, 1989)

**8.9~12.7万年前 (橋本・葉葦, 1989)

***130万年前 (村松, 1983)

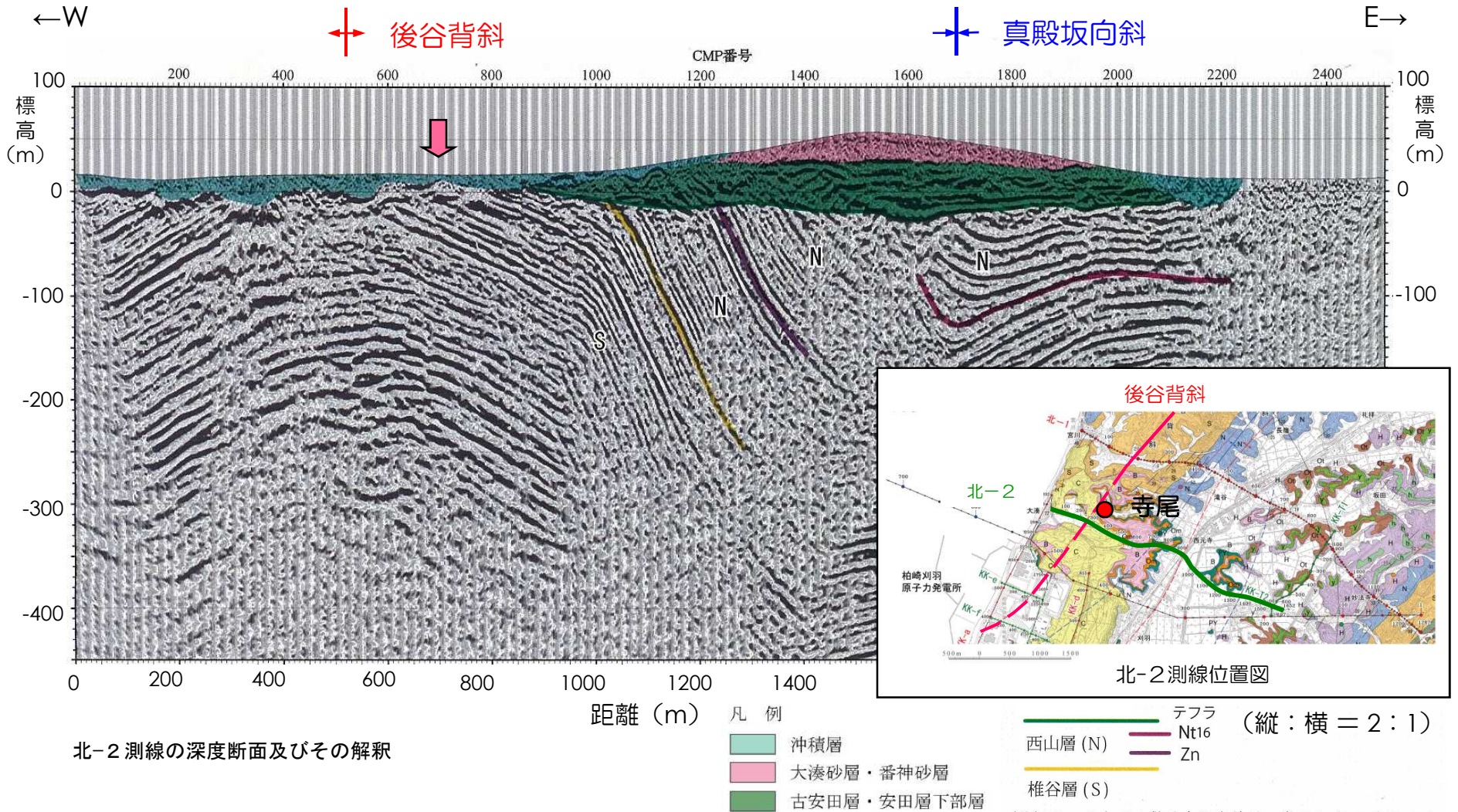
図は、荒浜団体研究グループ(1993)に加筆して作成

7. 寺尾付近の断層に関する評価（反射法地震探査結果）

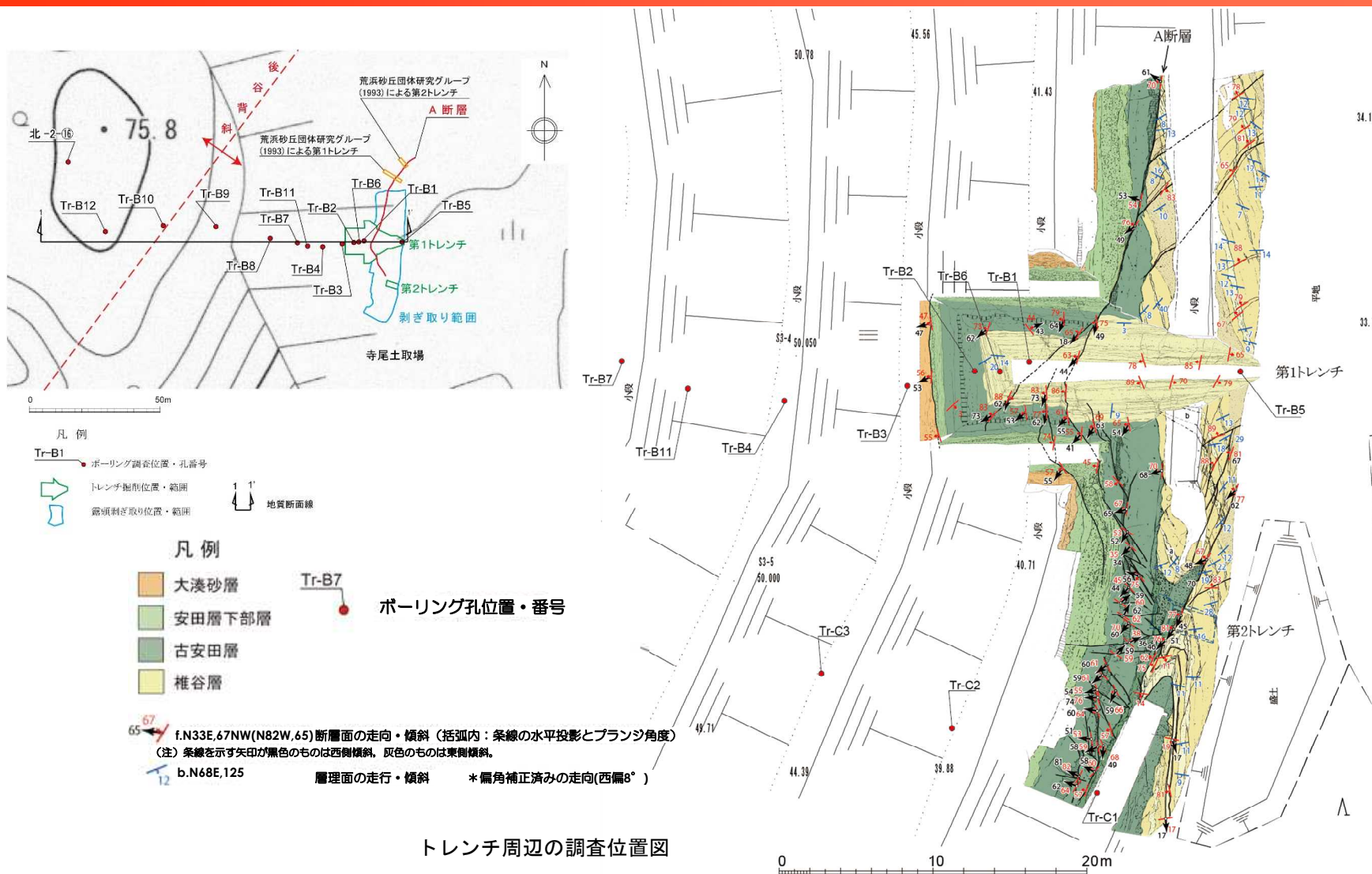
北-2測線

- 反射法地震探査結果によると、後谷背斜軸部付近において、地下深部へ連続する断層は認められない。

↓：荒浜砂丘団体研究グループ（1993）が活断層と評価しているA断層の想定延長位置



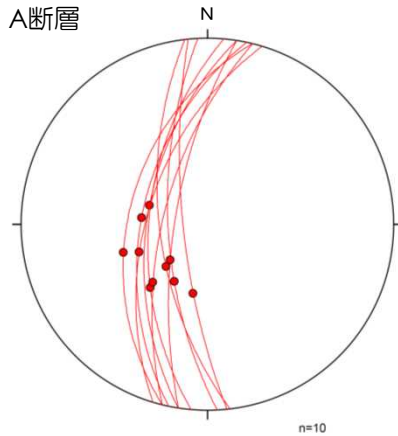
7. 寺尾付近の断層に関する評価（トレンチ調査結果）



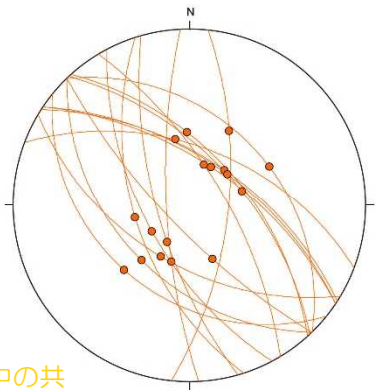
- 文献で示されるA断層を対象にトレンチ調査等を実施し、A断層と断層の性状が類似した高角度正断層群を確認した。
- 条線の観察結果によると、A断層を含む高角度正断層群は左横ずれ変位を含むことが確認された。

7. 寺尾付近の断層に関する評価 (寺尾地点の断層面の条線観察結果)

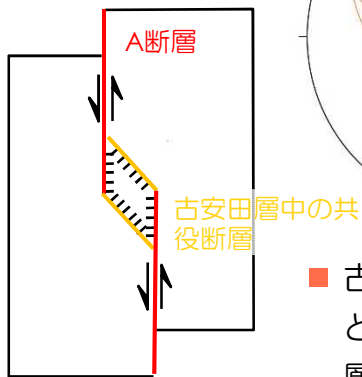
- A断層はN-S走向、高角度西傾斜の正断層で、南方への条線方向を示す。



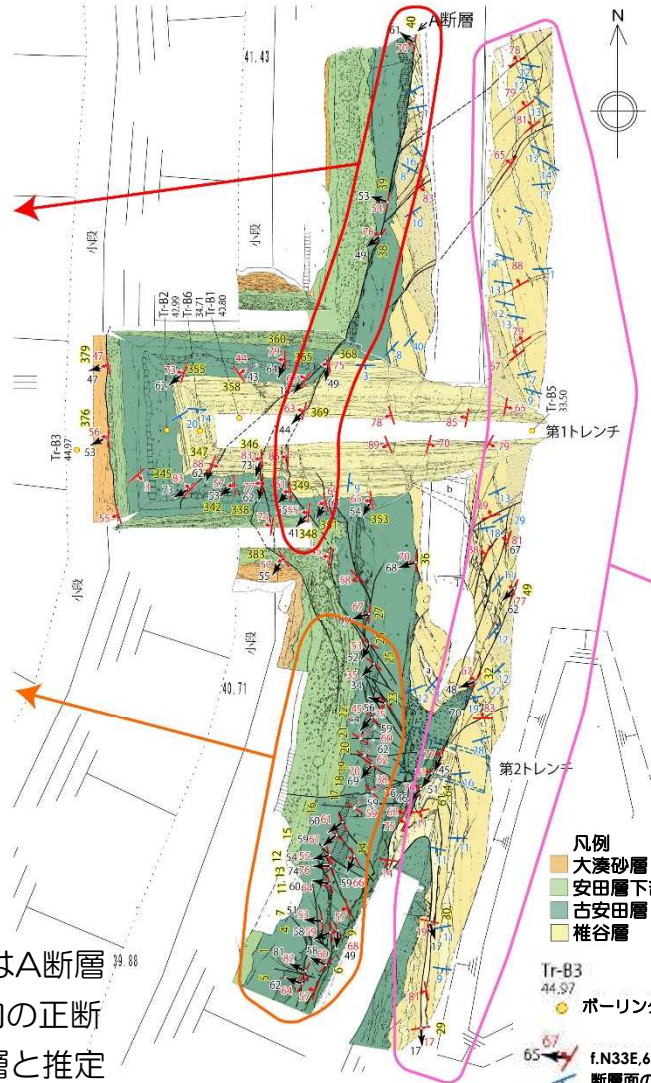
古安田層中の共役断層



- 古安田層中の共役断層はA断層と斜交するNW-SE走向の正断層で、A断層に伴う断層と推定される。

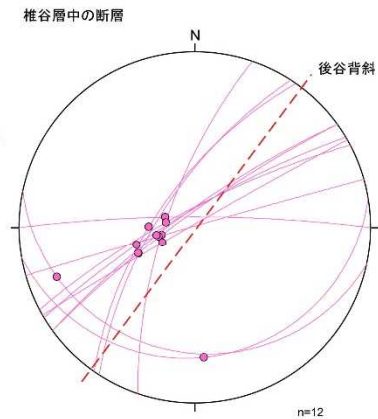


天野他(2009)を参考に作成



- 椎谷層中の断層は背斜軸にほぼ平行で高角度の断層と、層理面にほぼ平行な断層が認められ、これらは椎谷層の褶曲に伴って形成された断層と推定される。

椎谷層中の断層



- 凡例
- 大湊砂層
- 安田層下部層
- 古安田層
- 椎谷層

Tr-B3
44.57
● ボーリング調査位置・番号・孔口標高(m)

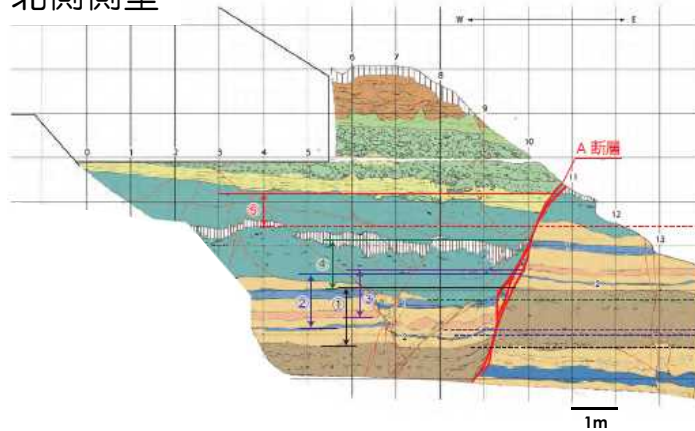
f.N33E,67NW(N82W,65)
断層面の走向・傾斜 (括弧内: 条線の水平投影とプランジ角度)
層理面の走向・傾斜 * 偏角補正済みの走向(西偏8°)

トレンチ及び法面はぎ取り平面図

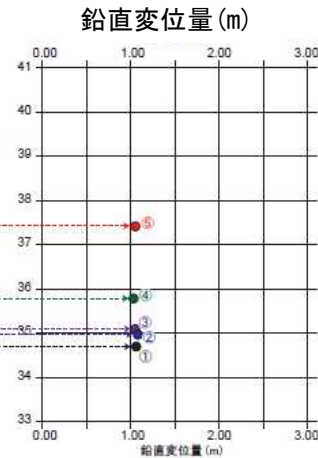
7. 寺尾付近の断層に関する評価 (第1トレンチ調査結果)

- A断層の変位量は、椎谷層上面付近から古安田層にかけて変位量はほぼ一定であることが確認された。

北側側壁



第1トレンチ調査結果 (北側側壁)



北側壁面における断層の鉛直変位量

基準とする地層	A断層(みかけ)	補正後*
⑤椎谷層中の炭質物混じり泥質砂岩	1.35m	1.05m
④椎谷層中の砂質泥岩1	1.33m	1.03m
③椎谷層中の石灰質砂岩	1.35m	1.05m
②椎谷層中の砂質泥岩2	1.38m	1.08m
①椎谷層中の礫岩	1.36m	1.06m

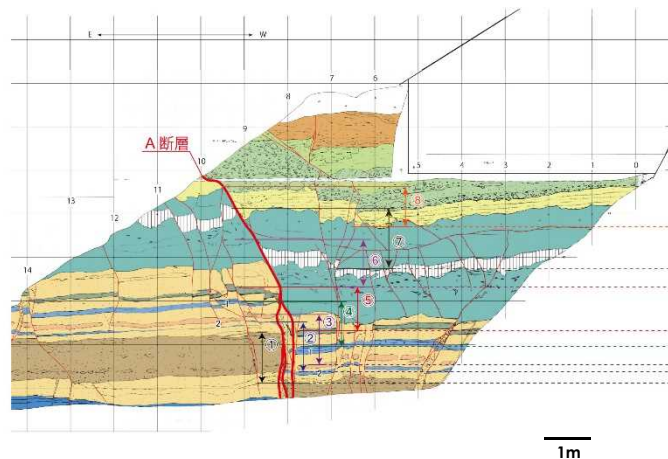
※: A断層の上盤は、東傾斜の正断層による東側低下の変位を受けていることから、同断層沿いの古安田層中の腐植層の鉛直変位量(約0.30m)を差し引いた値をA断層の真の鉛直変位量とした。

南側壁面における断層の鉛直変位量

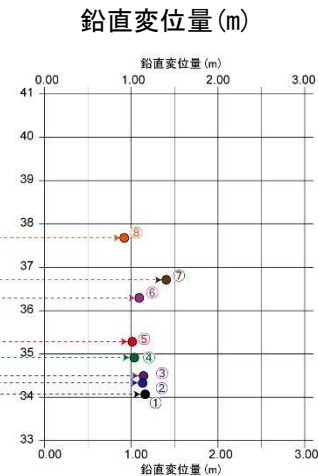
基準とする地層	A断層
⑧安田層基底	0.92m
⑦古安田層中の腐食層	1.40m
⑥刈羽テフラ(y-1)	1.09m
⑤椎谷層中の炭質物混じり泥質砂岩	1.01m
④椎谷層中の砂質泥岩1	1.03m
③椎谷層中の石灰質砂岩	1.14m
②椎谷層中の砂質泥岩2	1.13m
①椎谷層中の礫岩	1.16m

※: A断層に並走する正断層群は、A断層に付随するものであると解釈されることから、これらの断層群による最大変位量をA断層の真の鉛直変位量とした。

南側側壁



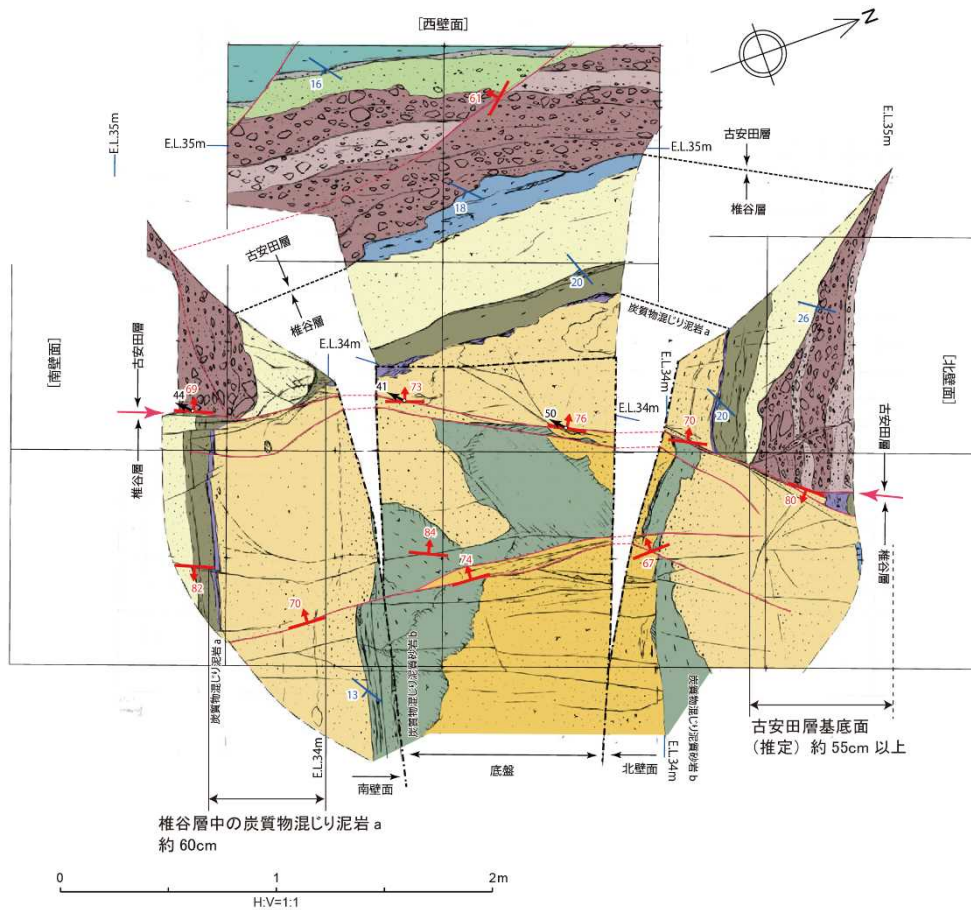
第1トレンチ調査結果 (南側側壁)



凡例

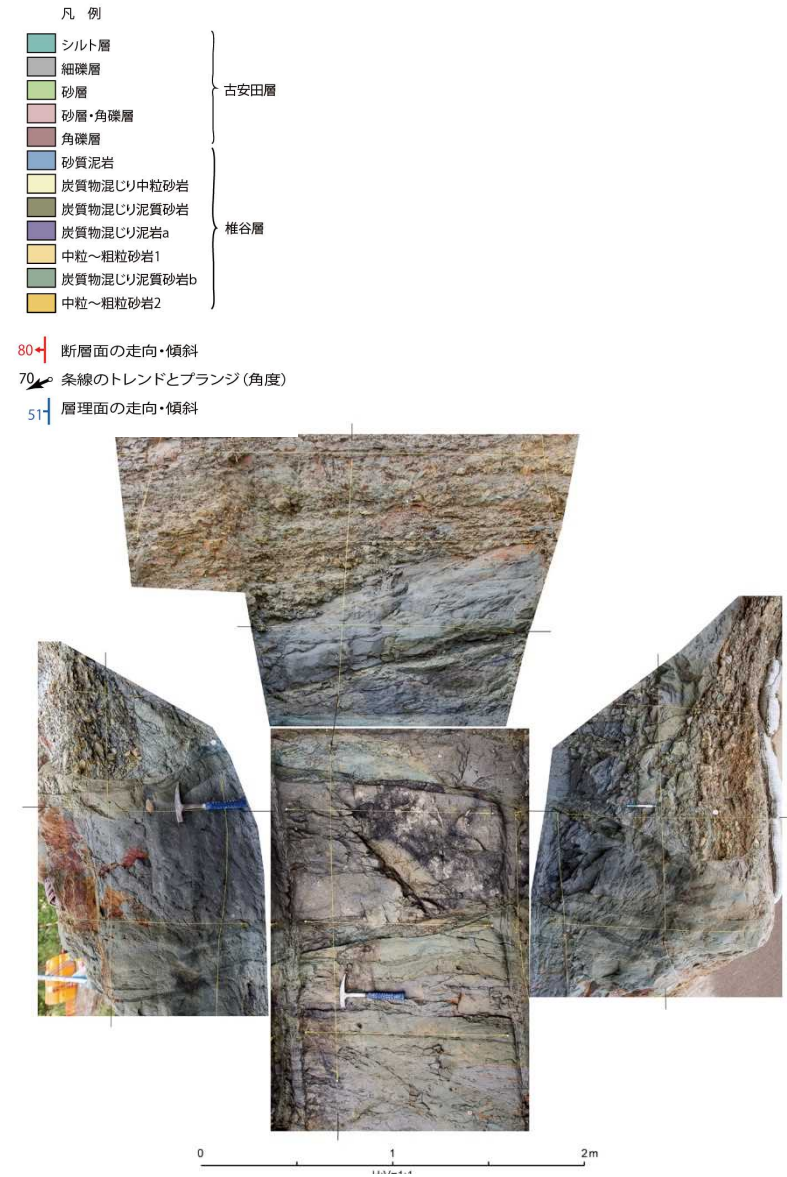
黒色土壌	
シルト質砂～砂層	大湊砂層
砂質シルト層	
角礫層	安田層下部層
砂層	
腐植層	古安田層
白色ガラス質テフラ(y-1)	
シルト層	椎谷層
砂岩	
炭質物混じり泥質砂岩	
砂質泥岩	
石灰質砂岩	
細礫岩	
腐植物混じり泥岩	

7. 寺尾付近の断層に関する評価 (第2トレンチ調査結果)



第2トレンチ調査結果

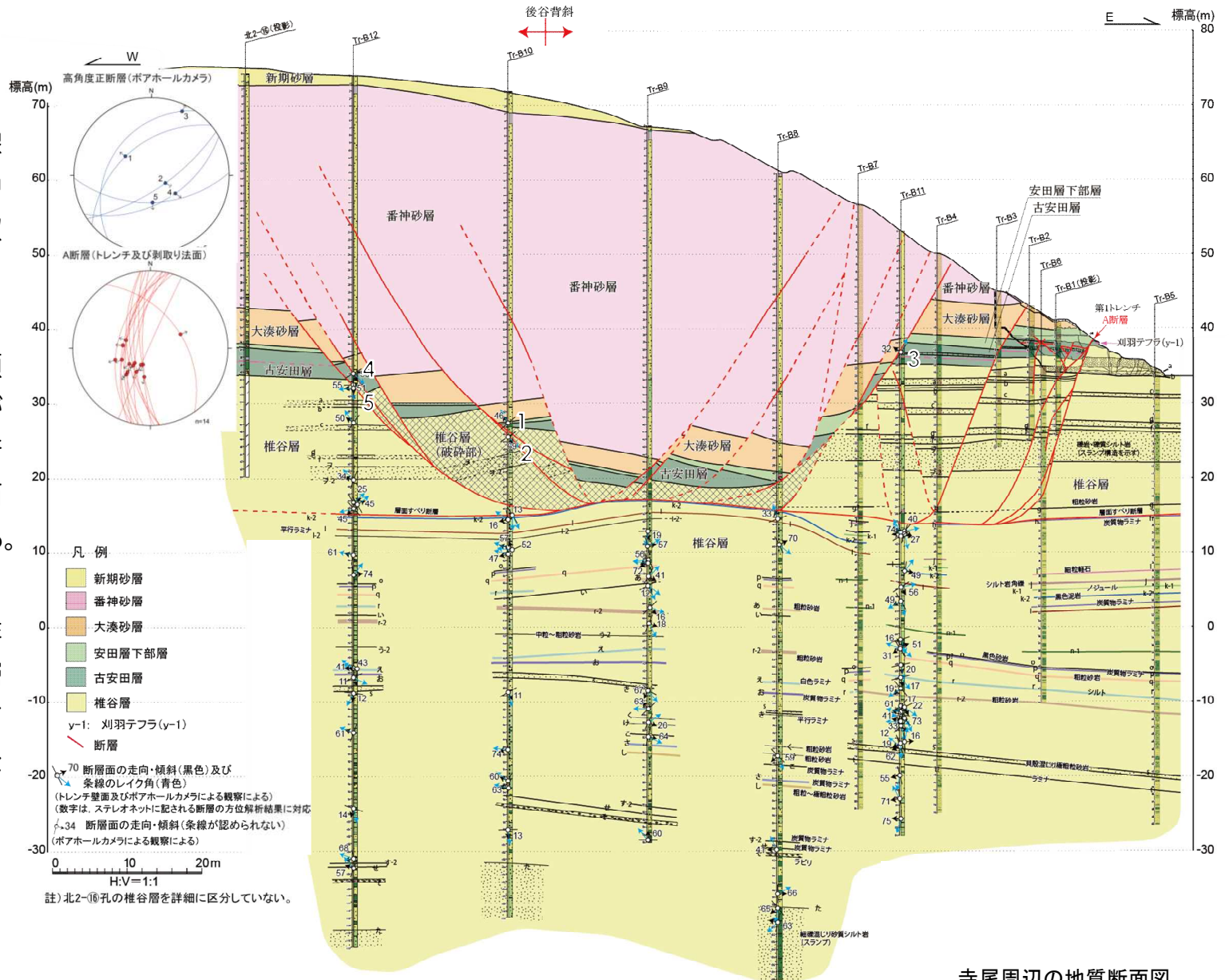
- 椎谷層に連続する高角度の正断層による古安田層基底面と椎谷層中の泥岩層の鉛直変位量は、ほぼ等しい。



第2トレンチ調査結果

7. 寺尾付近の断層に関する評価 (ボーリング調査結果)

- A断層及び高角度正断層群は、南方への条線方向を示し、椎谷層中の層面すべり断層に収束する。
- A断層及び高角度正断層群の西方には、東傾斜の高角度正断層群が推定され、これらの断層群も椎谷層中の層面すべり断層に収束する。
- 以上のことから、A断層及び高角度正断層群は地下に連続する断層ではなく、震源として考慮する活断層ではないと判断される。

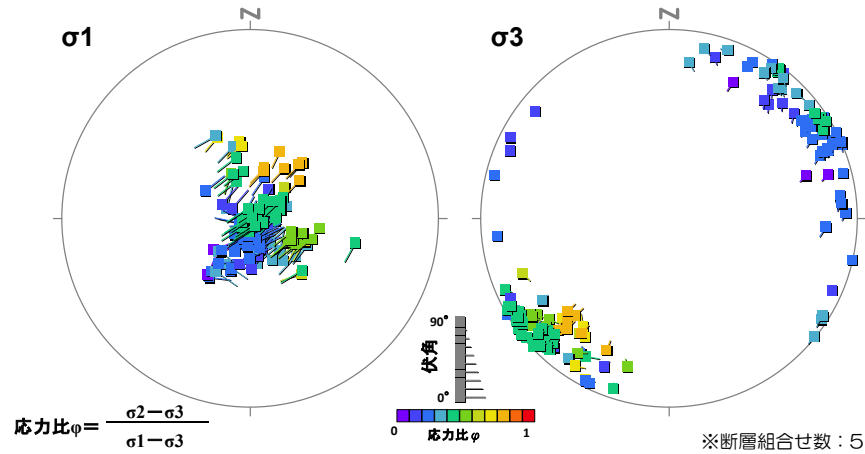


寺尾周辺の地質断面図

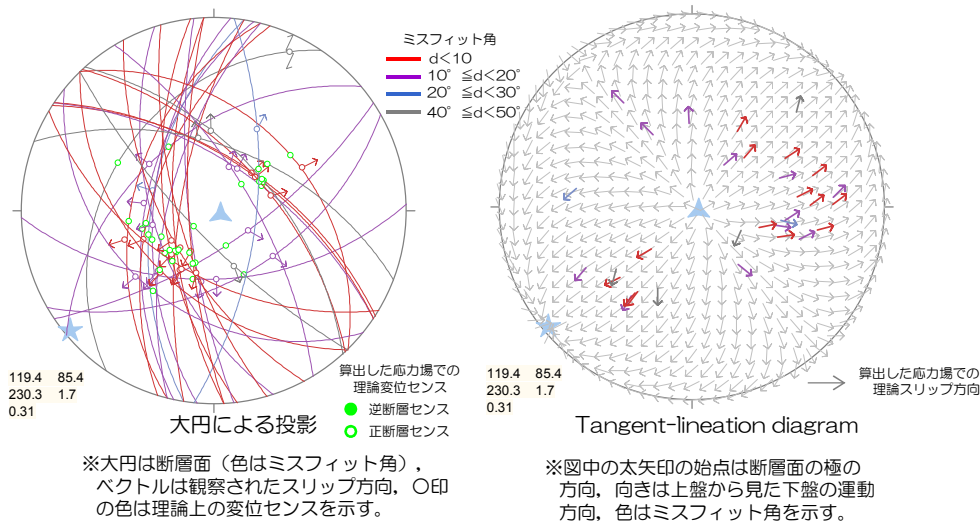
- 荒浜砂丘団体研究グループ（1993）は、寺尾付近の断層について活断層と評価している。当該断層について、反射法地震探査、トレンチ調査、ボーリング調査等を行い、震源として考慮する活断層に該当するか否かについて検討した。
- 新潟県中越沖地震後に実施した反射法地震探査の結果によると、後谷背斜軸部付近に地下深部へ連続する断層が認められない。
- トレンチ調査及びボーリング調査結果によると、変位の累積性が認められない。
- トレンチ調査及びボーリング調査の結果によると、当該断層の他に高角度正断層群が確認され、これらの断層群は、南方への条線方向を持ち、椎谷層中の層面すべり断層に収束する。
- A断層及び高角度正断層群の西方には、東傾斜の高角度正断層群が推定され、これらも椎谷層中の層面すべり断層に収束し、地すべり土塊を形成する。
- 以上のことから、寺尾付近の断層は地下深部に連続する断層ではなく、震源として考慮する活断層ではないと判断される。
- なお、前述の通り、後谷背斜・真殿坂向斜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から、当該断層は非構造的のものであると判断される。

<参考>寺尾付近の断層に関する評価（寺尾地点に認められる断層条線からの応力場推定）

- 寺尾地点の古安田層以上の地層に認められる断層条線データに山路他（2011）による多重逆解法を適用し、条線を説明する応力場を推定した。（全32断層）



データの部分集合から推定される応力状態の分布（下半球等積投影図）



多重逆解法結果

- 多重逆解法を用いて推定された応力場は、
 - ▲ σ_1 （最大主応力）：
方位角 119.4° ，伏角 85.4°
 - ★ σ_3 （最小主応力）：
方位角 230.6° ，伏角 1.7°
 応力比 $\phi = 0.31$
 となった。
- 以上のことから、寺尾地点の古安田層以上の地層に認められる断層条線から推定される応力場としては、鉛直に近い σ_1 軸とNE-SW方向でほぼ水平の σ_3 軸をもつ正断層場であると判断される。

<参考> 寺尾付近の断層に関する評価（寺尾地点に認められる断層条線からの応力場推定）

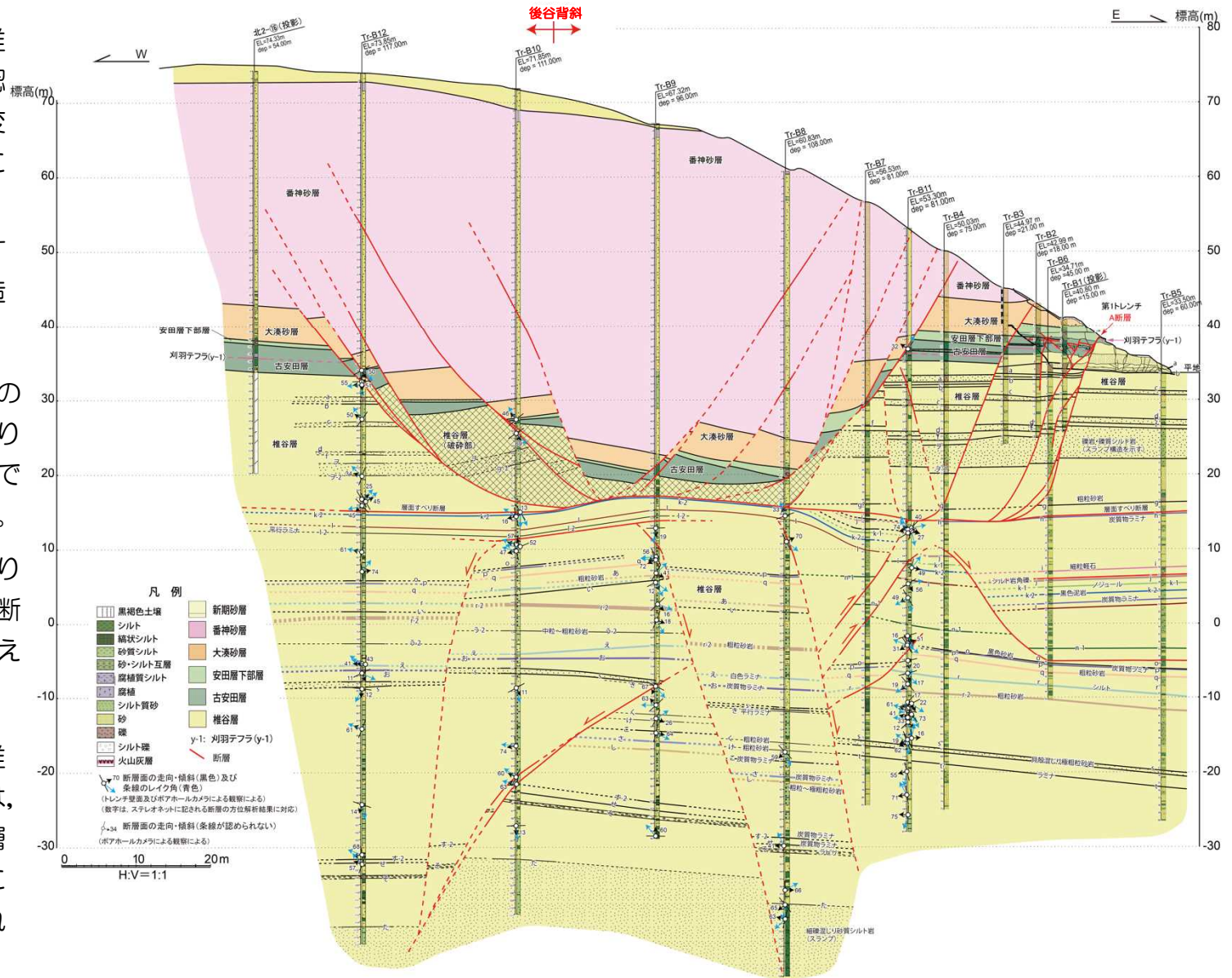
寺尾地点の古安田層以上の地層に認められる断層条線データ

グループ	断層面方位角 (°)	断層面傾斜角 (°)	条線方位角 (°)	条線伏角 (°)	変位センス	ミスフィット角 (°)
高角度正断層 ボアホールカメラ	320	46	305.8	45.1	正	13.2
	146	69	119.8	66.8	正	15.4
	304	32	25.5	5.3	正	※ 86.5
	150	50	127.4	47.7	正	17.9
	178	51	178	51	正	12.3
	282	51	276	50	正	13.3
A断層	267	66	210	51	正	9.8
	279	54	288	53	正	23.5
	279	70	222	61	正	3.6
	287	54	248	47	正	8.4
	284	44	252	38	正	9.3
	275	55	222	41	正	18.6
	263	61	224	55	正	2.5
	264	75	190	49	正	10.6
	284	63	223	44	正	18
	252	55	257	54	正	16.4
古安田層中の 共役断層	242	61	235	60	正	6.6
	33	59	45	59	正	7.8
	46	38	64	36	正	8
	34	62	29	62	正	16.6
	34	60	51	59	正	5
	226	45	221	44	正	1.4
	226	75	160	56	正	※ 32.3
	219	35	230	34	正	10.6
	211	53	209	52	正	6.5
	47	59	75	56	正	9.7
	254	69	210	63	正	1.1
	48	57	358	45	正	※ 37.7
	21	53	348	48	正	※ 39.1
	59	68	19	63	正	12.1
	96	65	28	39	正	20.5
	267	75	196	53	正	5.2

※灰色はミスフィット角30°以上

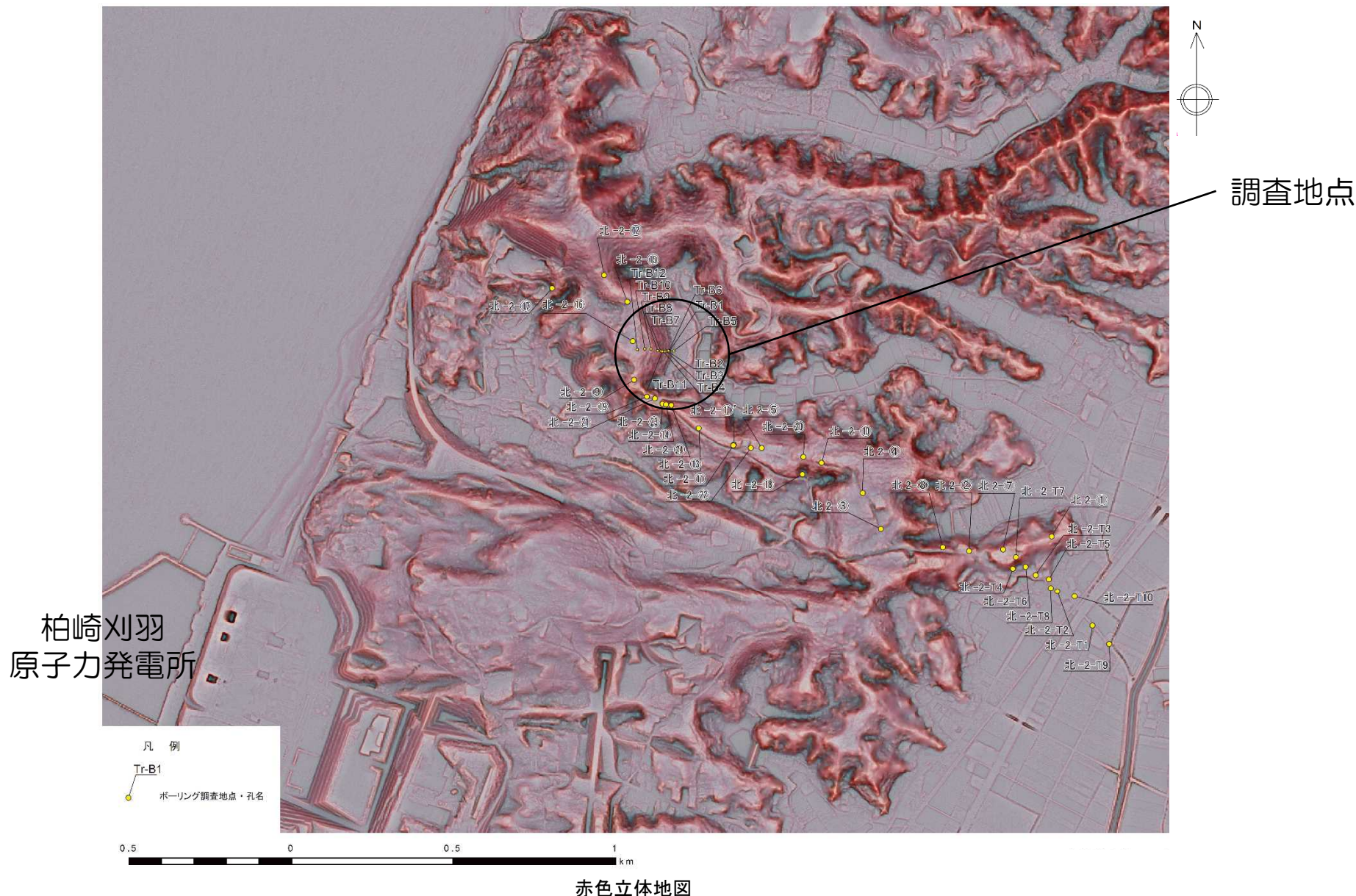
<参考>寺尾付近の断層に関する評価（層面すべり断層以深の断層構造の推定）

- 層面すべり断層以深の椎谷層には複数の鍵層が認められるものの、その変位の状況や断層の分布については複雑である。
- 参考として、以下に示す考え方によって地下構造を推定した。
 - 逆断層があれば、同一のボーリングで鍵層の繰り返し認められるはずであるが、限定的である。
 - したがって、層面すべり断層以深の椎谷層は正断層が支配的であると見て、断層構造を推定。
- 層面すべり断層以深の椎谷層に推定される断層は、鍵層の変位状況より、層面すべり断層より上位には連続しないと判断される。

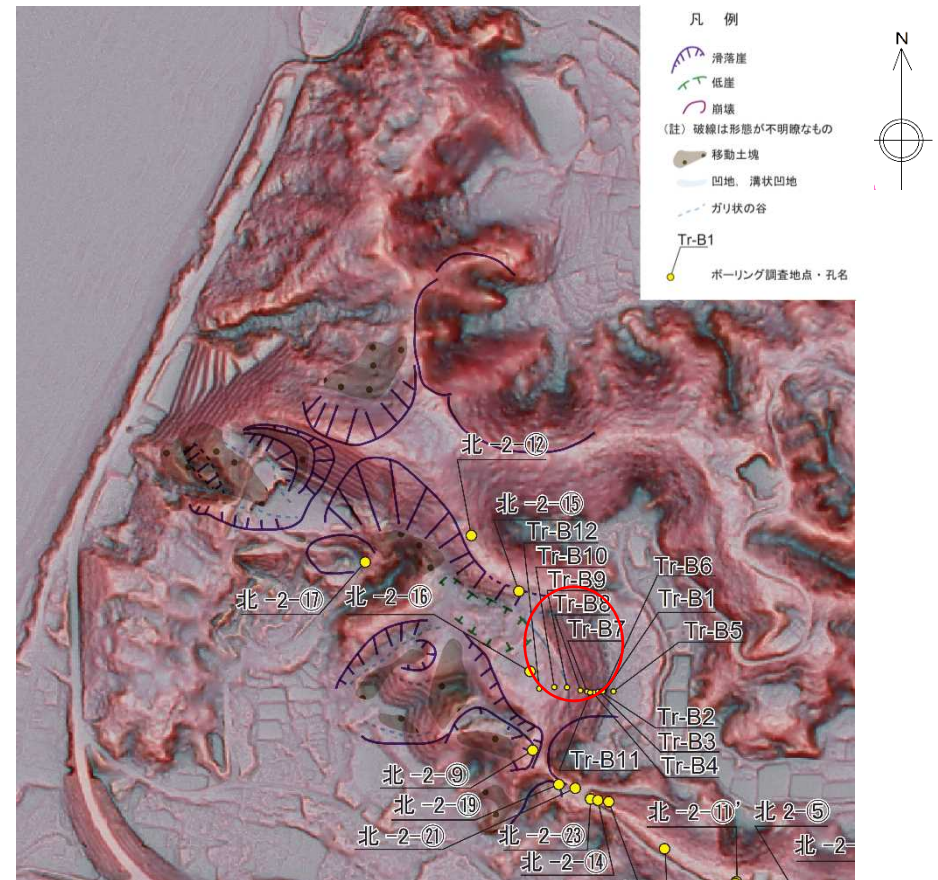
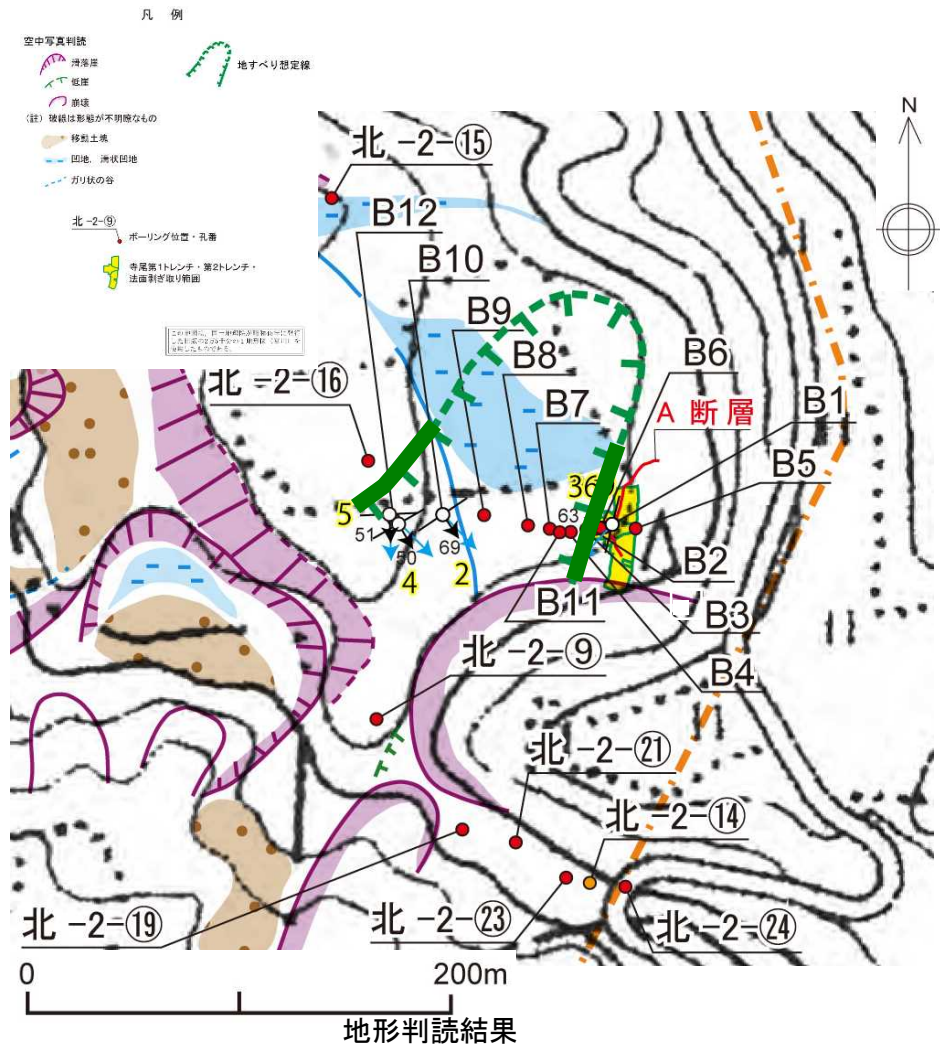


寺尾周辺の地質断面図（椎谷層深部構造）

<参考> 寺尾付近の断層に関する評価（寺尾付近の赤色立体地図）



＜参考＞寺尾付近の断層に関する評価（寺尾付近の赤色立体地図）

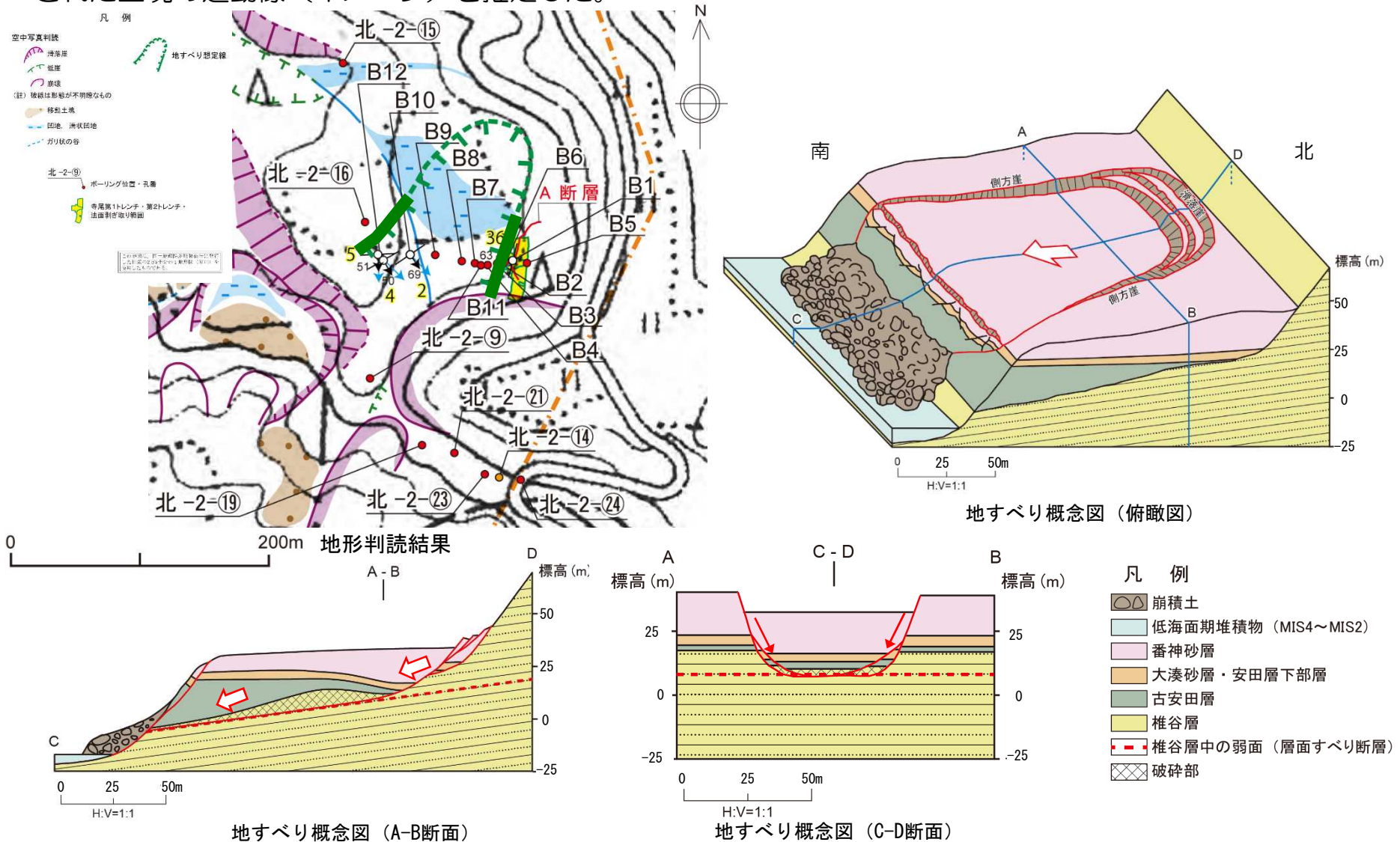


赤色立体地図

■ 寺尾付近には、地すべり地形がみられる。

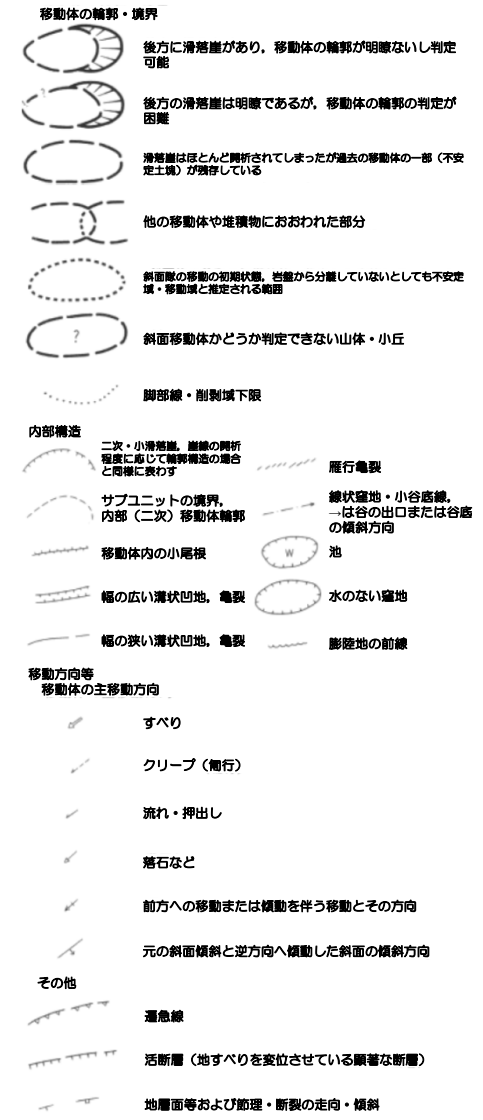
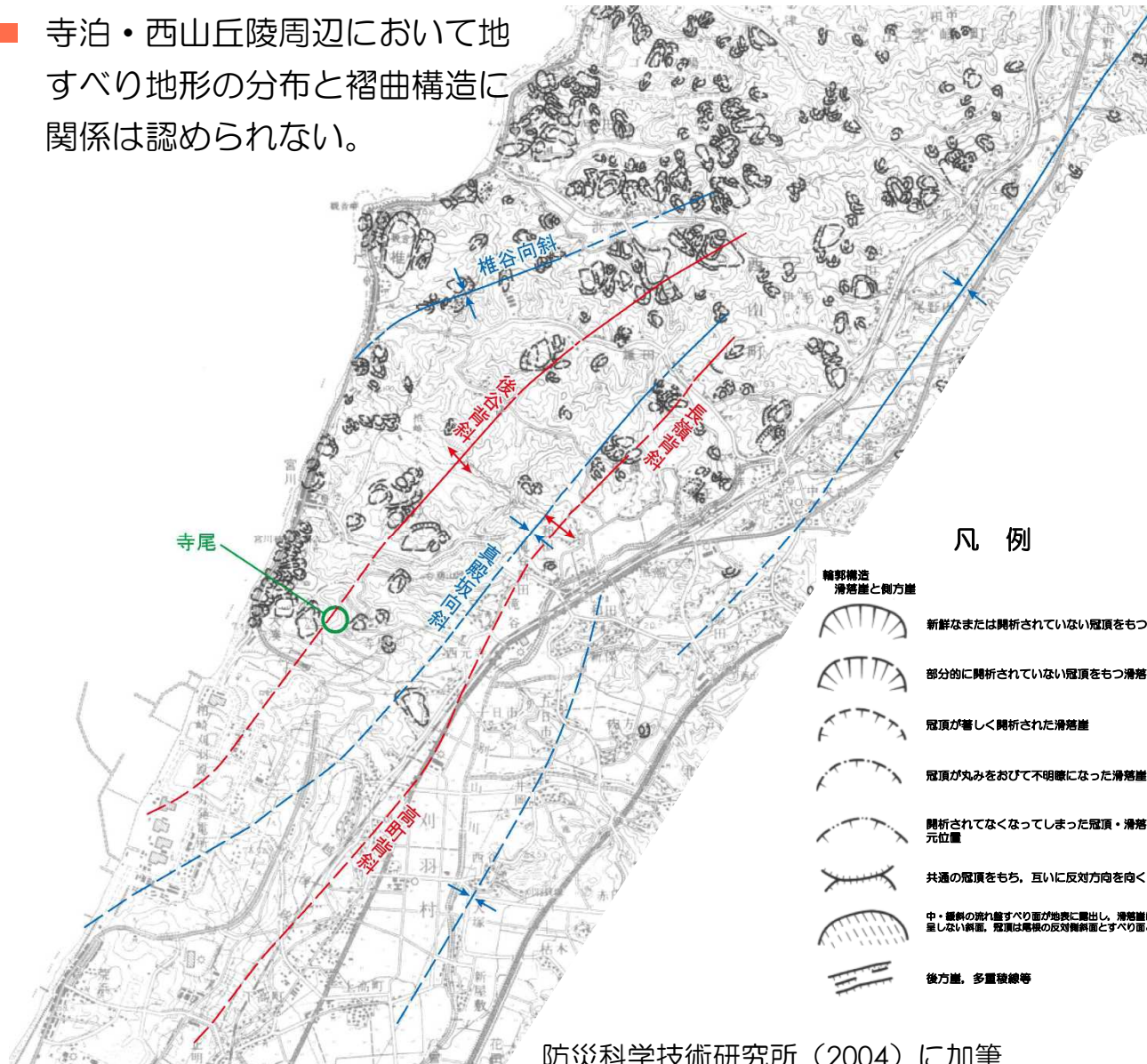
＜参考＞寺尾付近の断層に関する評価（寺尾地点の地すべり概念図）

- 層面すべり断層に収斂する高角度断層群は、南方への変位成分を持つ正断層であることから、これらに境された土塊の運動像（イメージ）を推定した。

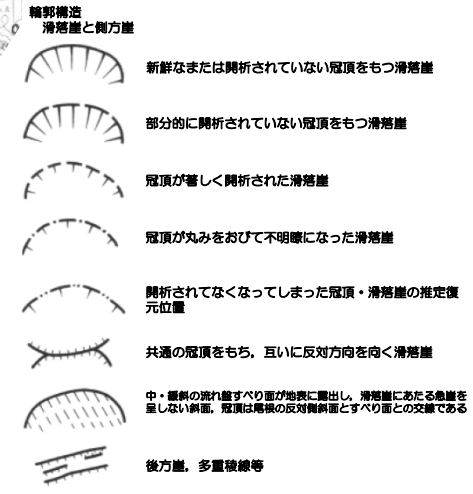


<参考> 寺尾付近の断層に関する評価 (寺泊・西山丘陵の地すべり地形分布)

- 寺泊・西山丘陵周辺において地すべり地形の分布と褶曲構造に
関係は認められない。



凡例

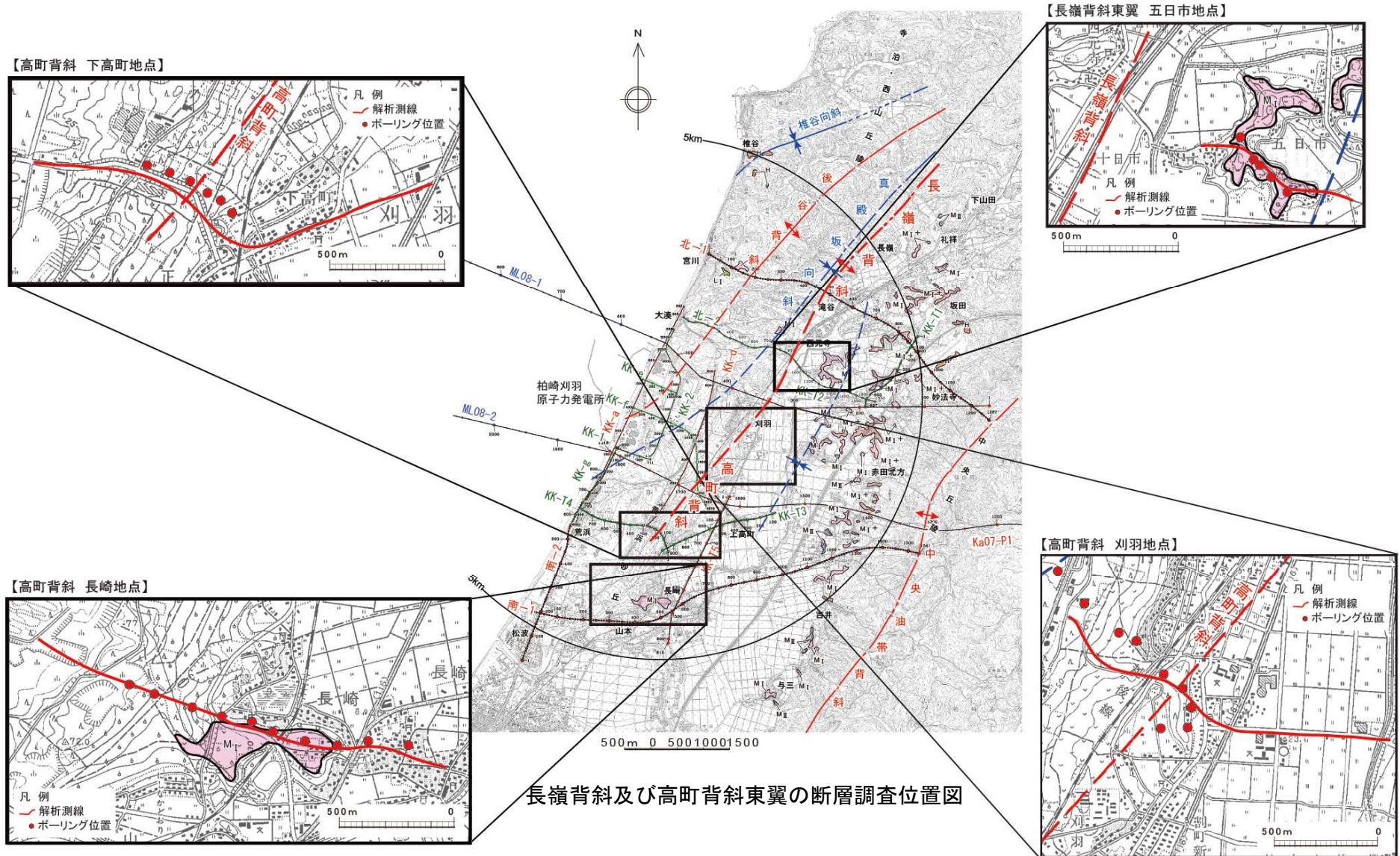


防災科学技術研究所 (2004) に加筆

-
- 1 敷地近傍の地形
 - 2 敷地近傍の地質
 - 3 敷地近傍の変動地形
 - 4 敷地近傍の地質構造
 - 5 古安田層の年代に関する評価
 - 6 真殿坂断層に関する評価
 - 7 寺尾付近の断層に関する評価
 - 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
 - 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
 - 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

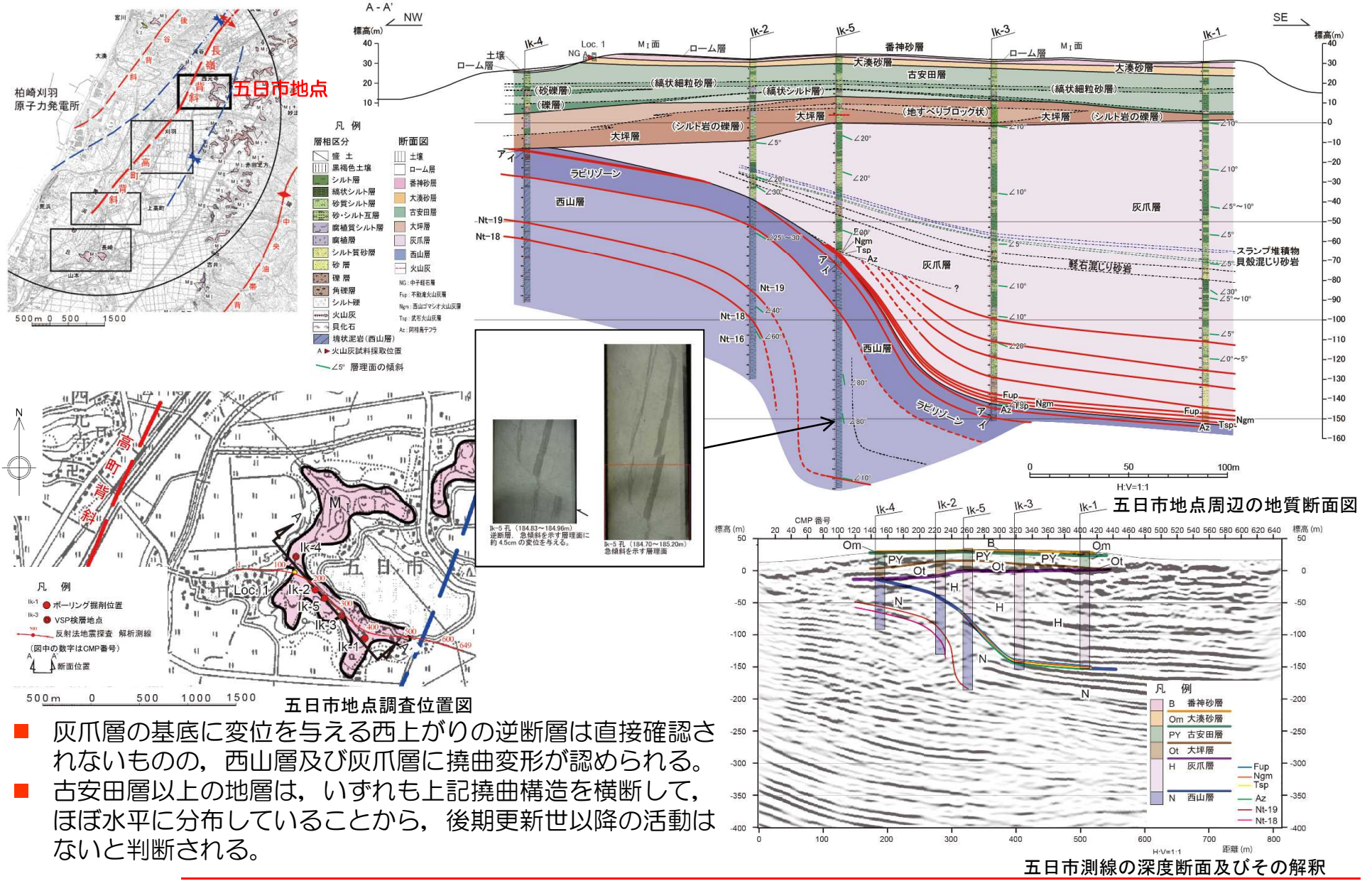
8. 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価（調査位置図）

■ 長嶺・高町背斜及びその延長部において、下図に示す4地点でボーリング調査と反射法地震探査を実施した。



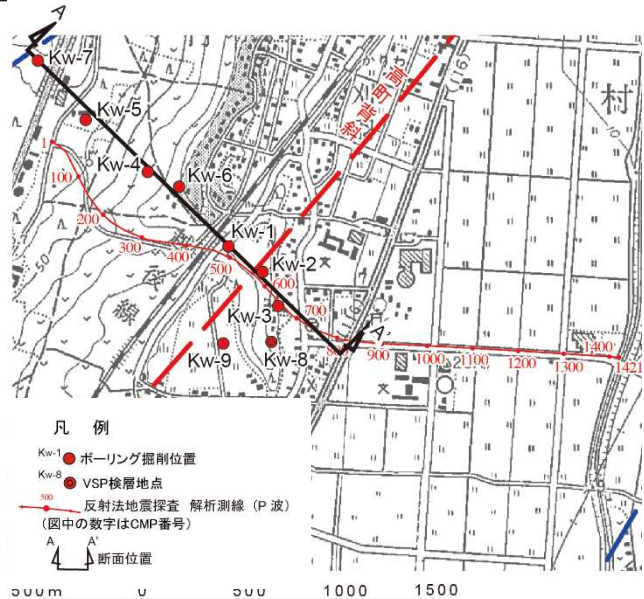
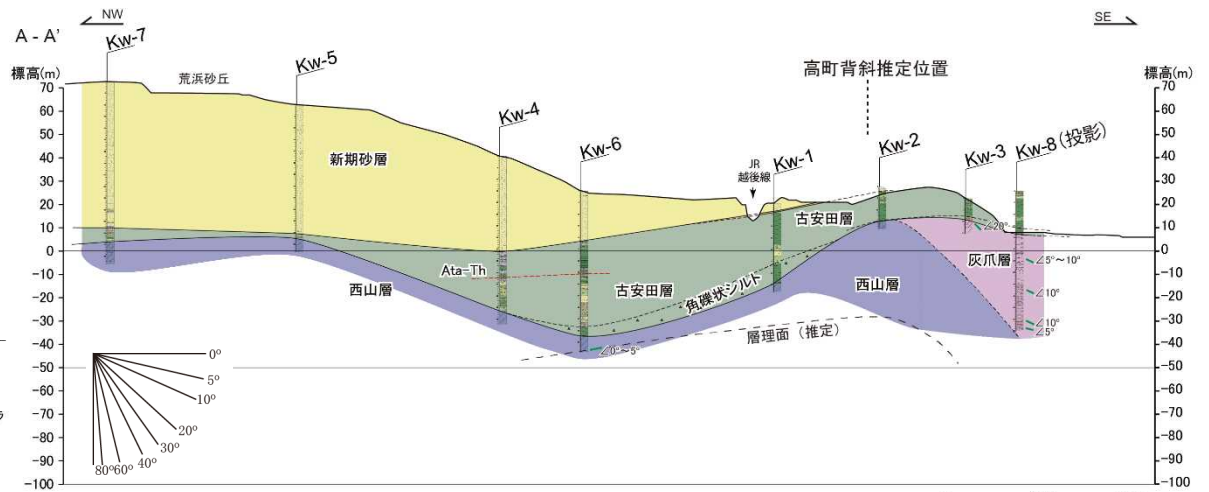
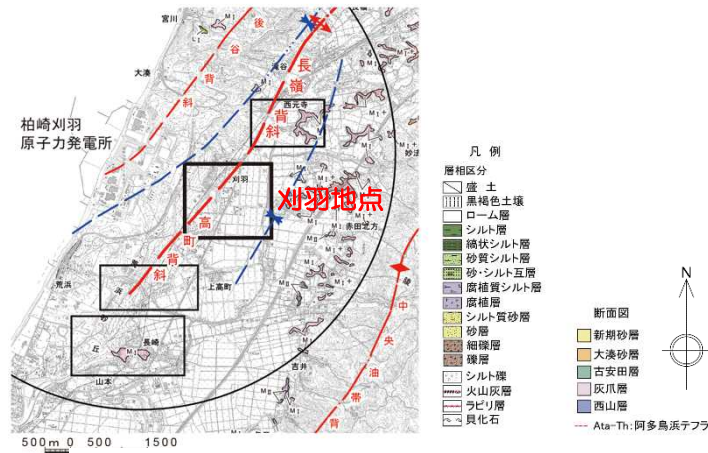
長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層調査位置図

8. 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価（五日市地点）

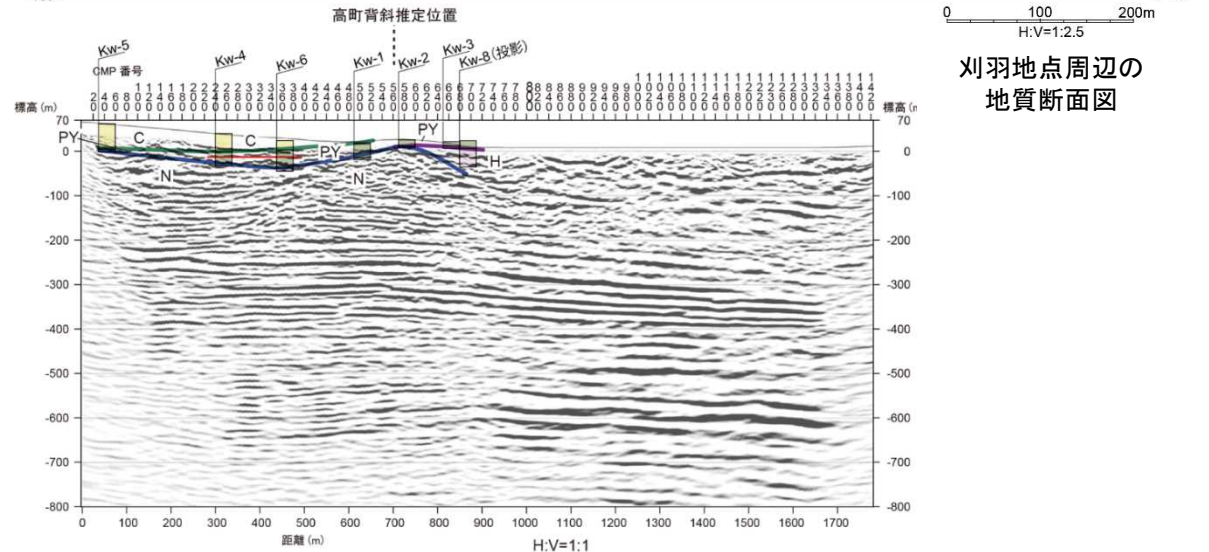


- 灰爪層の基底に変位を与える西上がりの逆断層は直接確認されないものの、西山層及び灰爪層に撓曲変形が認められる。
- 古安田層以上の地層は、いずれも上記撓曲構造を横断して、ほぼ水平に分布していることから、後期更新世以降の活動はないと判断される。

8. 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価（刈羽地点）



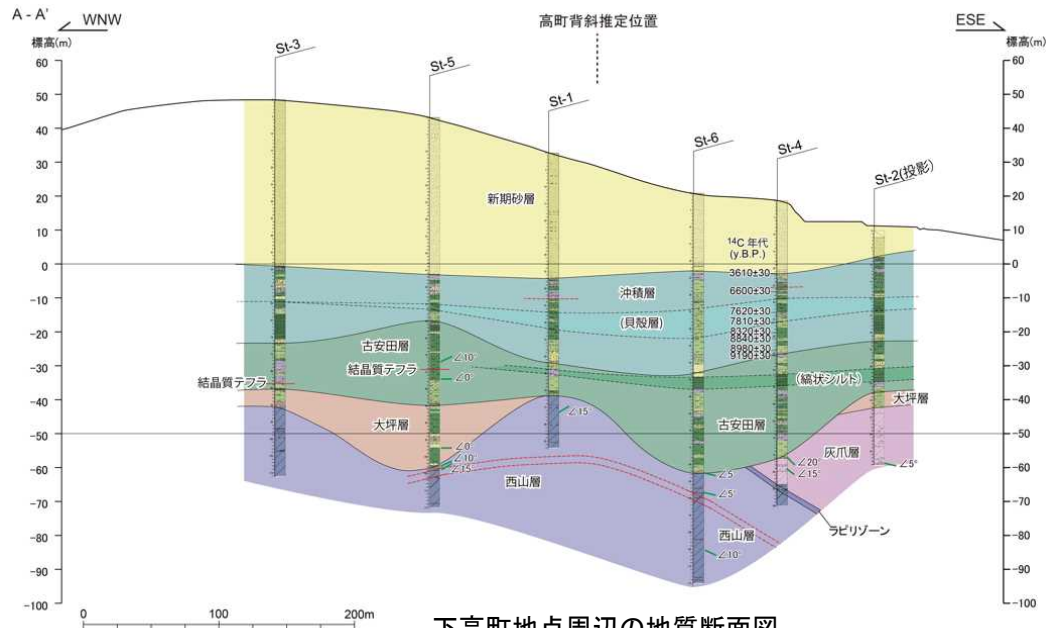
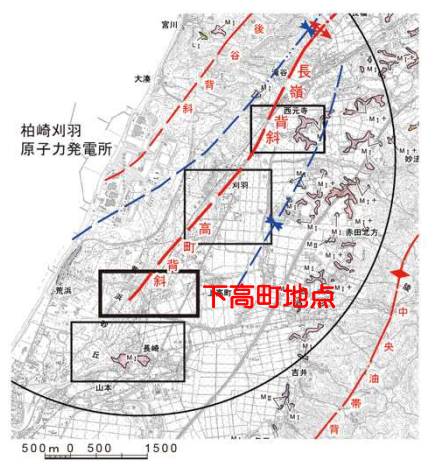
刈羽地点調査位置図



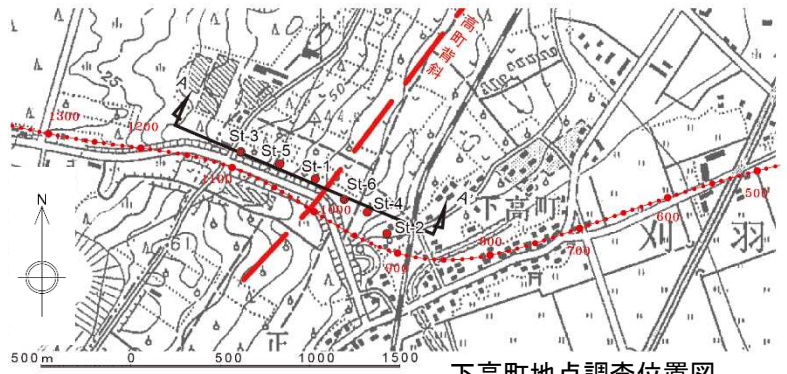
刈羽測線の深度断面及びその解釈

- 標高-200m以深において、東緩傾斜の褶曲構造が認められるものの、荒浜砂丘より東側では西山層及び灰爪層上面の分布標高が高く、古安田層はほとんど分布しないことから、当該地点の調査結果は活動性評価には適さないと判断される。

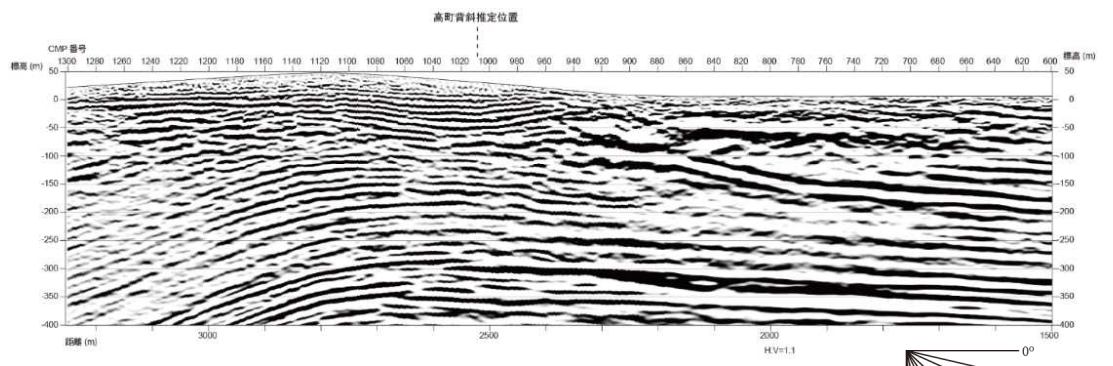
8. 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価（下高町地点）



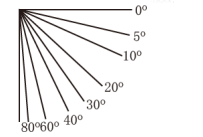
下高町地点周辺の地質断面図



下高町地点調査位置図

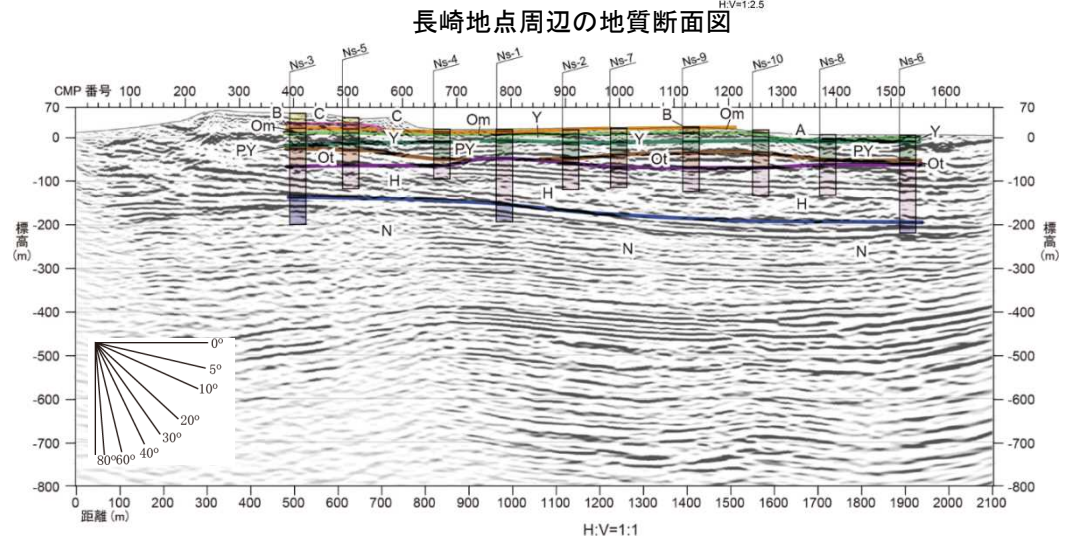
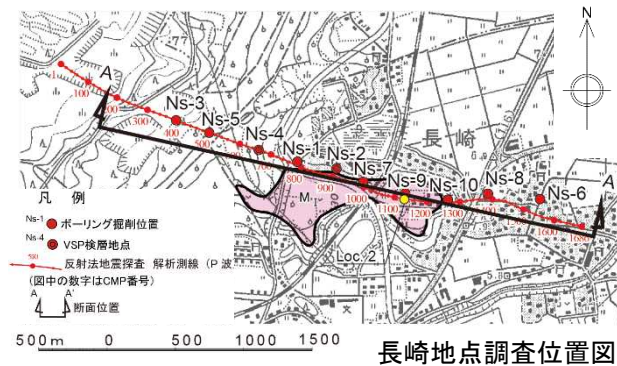
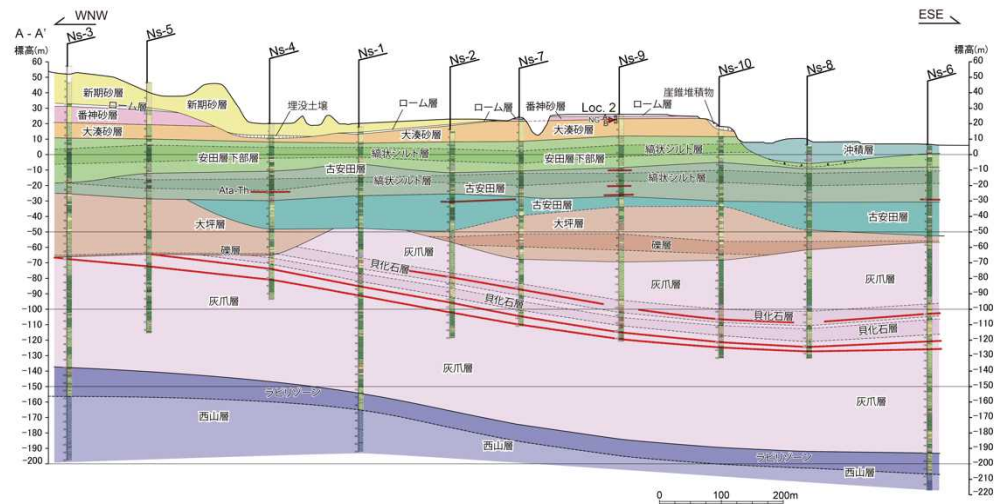
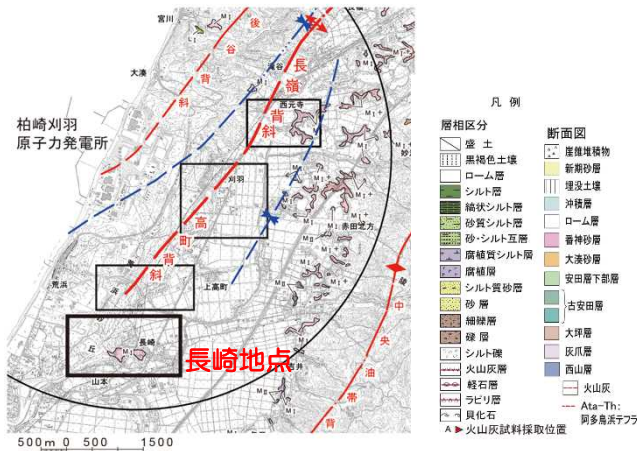


下高町測線の深度断面



■ 緩やかな褶曲構造が認められるものの、西山層及び灰爪層上面の谷を埋積する大坪層及び古安田層に連続性の良い鍵層は確認されず、当該地点の調査結果は活動性評価には適さないと判断される。

8. 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価（長崎地点）



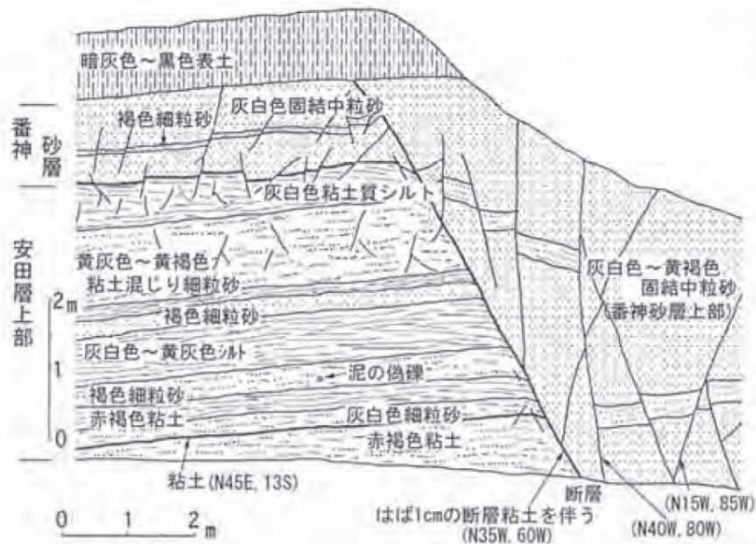
- 灰爪層以下の地層に東傾斜の緩やかな褶曲構造が認められる。
- 灰爪層を不整合に覆って、大坪層以上の地層が分布し、いずれの被覆層にも灰爪層以下の褶曲構造と調和的な構造は認められないことから、後期更新世以降の活動はないと判断される。

小括（長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価）

- 空中写真判読によると、長嶺背斜及び高町背斜の東翼を含め、寺泊・西山丘陵の全域において、リニアメントは認められない。
- 柏崎平野下にみられる長嶺背斜等の褶曲及び長嶺背斜の東翼にみられる撓曲を横断して、M₁面の標高分布に高度不連続は認められない。
- 長嶺・高町背斜周辺において、反射法地震探査及び群列ボーリング調査を実施した結果、五日市地点及び長崎地点では、断層あるいは背斜構造を覆って古安田層以上の地層がほぼ水平に分布していることを確認した。
- 以上のことから、長嶺・高町背斜は、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。

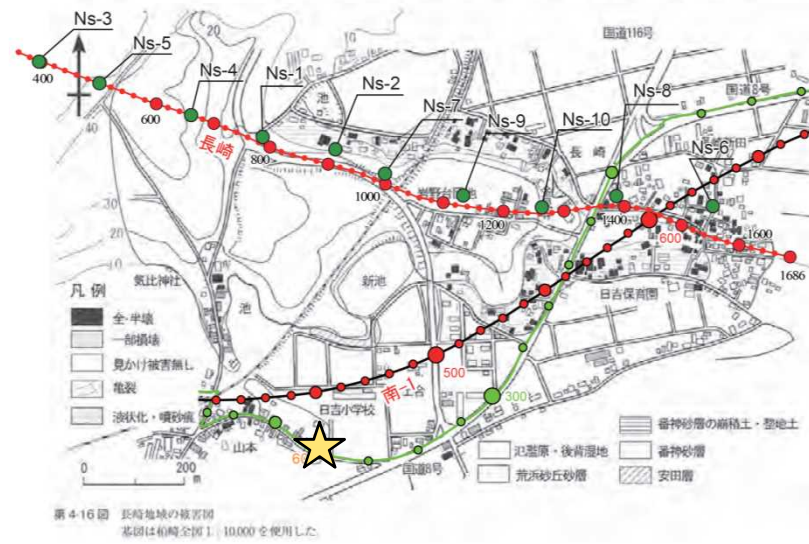
-
- 1 敷地近傍の地形
 - 2 敷地近傍の地質
 - 3 敷地近傍の変動地形
 - 4 敷地近傍の地質構造
 - 5 古安田層の年代に関する評価
 - 6 真殿坂断層に関する評価
 - 7 寺尾付近の断層に関する評価
 - 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
 - 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
 - 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

9. 日吉小学校南西の断層露頭についての評価



第4-17図 日吉小学校南西の露頭スケッチ (大野隆一郎原図)

地学団体研究会新潟支部中越沖地震調査団
(2008)によるスケッチ



第4-16図 長崎地域の概略図
基図は柏崎全図1:10,000を使用した。

凡例

南-1測線

解析測線(数字はCMP番号)

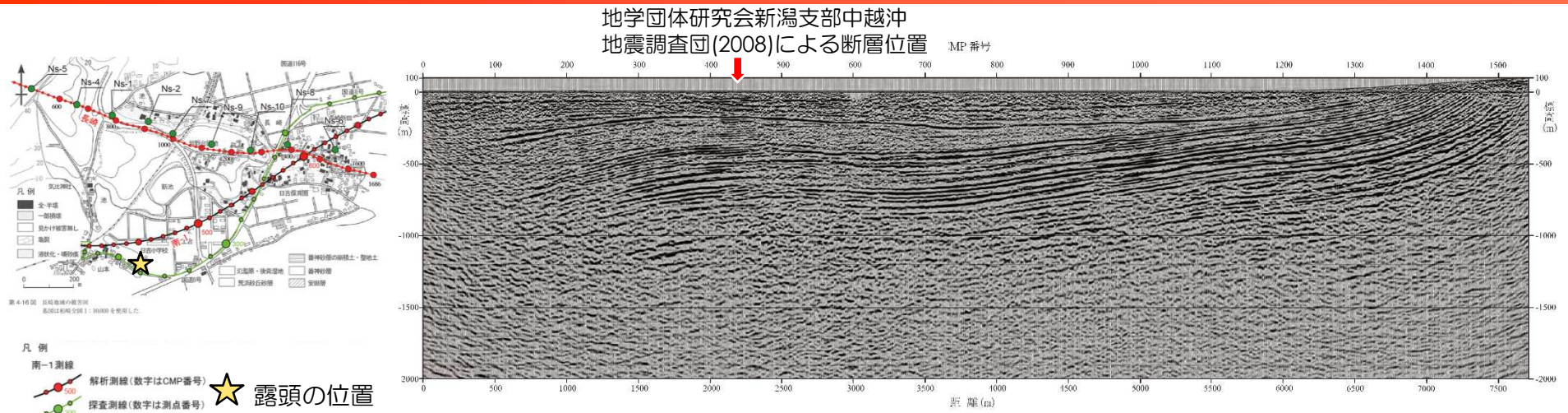
探査測線(数字は測点番号)

★ 露頭の位置

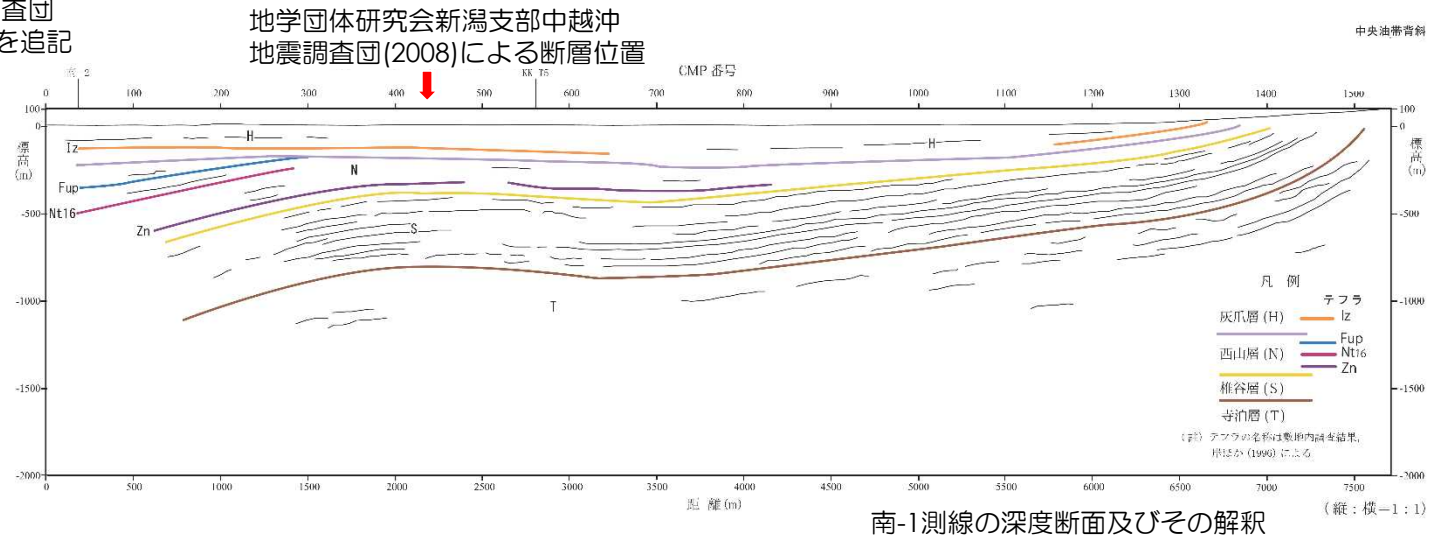
地学団体研究会新潟支部中越沖地震調査団
(2008)による位置図に測線位置などを追記

- 地学団体研究会新潟支部中越沖地震調査団(2008)は、柏崎市日吉小学校南西において、番神砂層と安田層を切る断層を報告している。
- 同露頭に近接する南-1測線及び長崎測線の調査結果を用いて、震源として考慮する活断層に該当するか評価を行った。

9. 日吉小学校南西の断層露頭についての評価

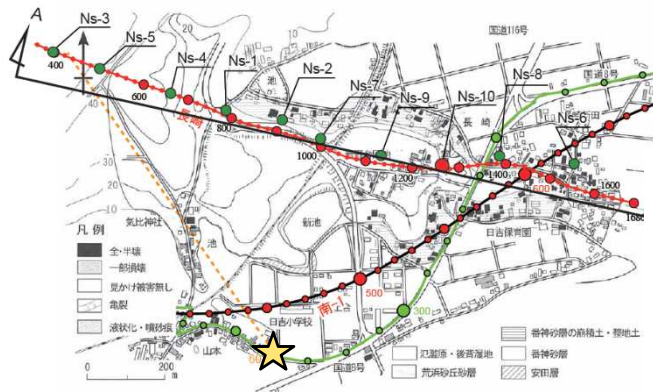


地学団体研究会新潟支部中越沖地震調査団(2008)による位置図に測線位置などを追記

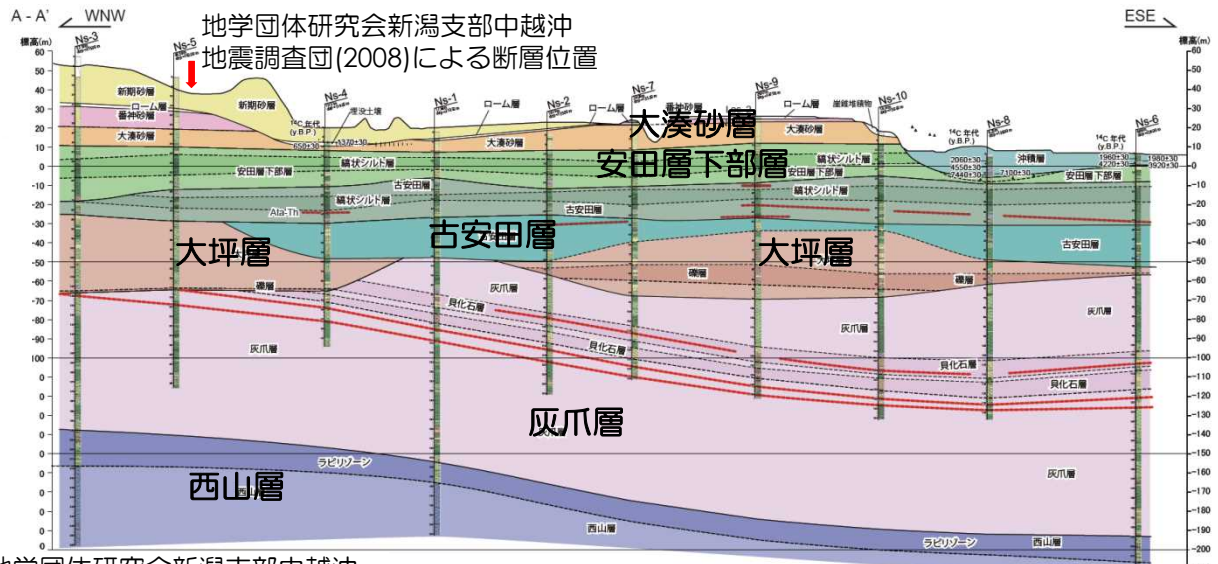


- 地学団体研究会新潟支部中越沖地震調査団(2008)に示される断層周辺において、西山層以下の地層はやや波状を呈するものの、Izテフラ(約1.5Ma)を含む灰爪層はほぼ水平に分布し、地下深部に連続する断層は認められない。

9. 日吉小学校南西の断層露頭についての評価

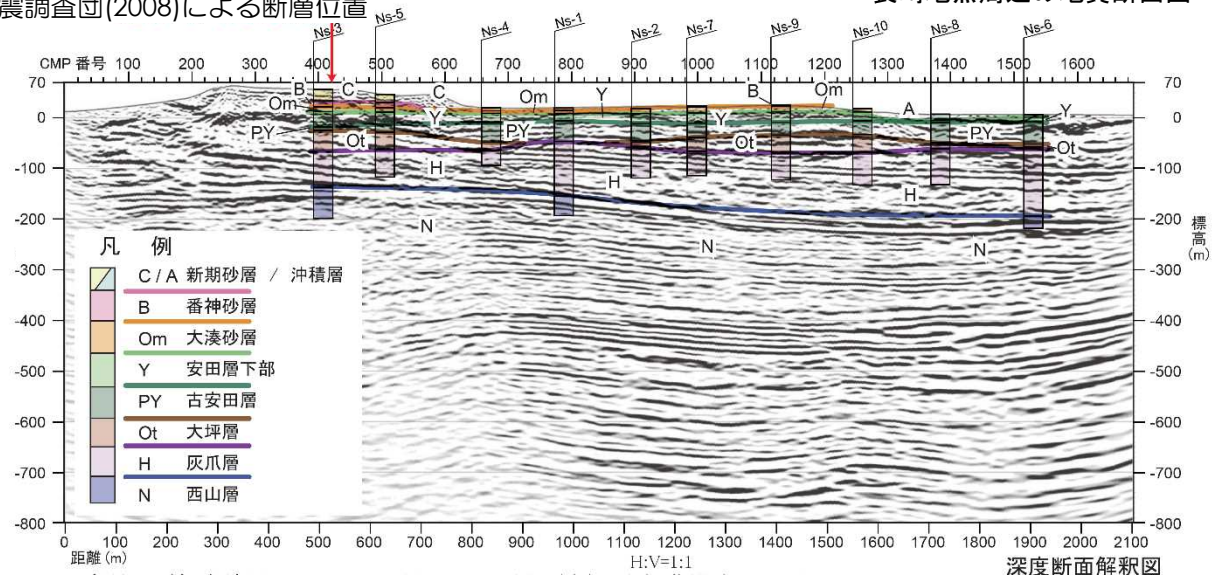


地学団体研究会新潟支部中越沖地震調査団(2008)による位置図に測線位置などを追記



地学団体研究会新潟支部中越沖地震調査団(2008)による断層位置

- 地学団体研究会新潟支部中越沖地震調査団(2008)に示される断層周辺は、近接する南-1測線及び長崎測線の反射法地震探査結果によると、当該断層位置周辺に地下深部に連続する断層は認められない。
- 長崎測線のボーリング調査結果によると、当該断層延長部付近の大坪層以上の地層はほぼ水平に分布し、断層構造は認められない。
- 以上のことから、当該断層は震源として考慮する活断層ではないと判断される。

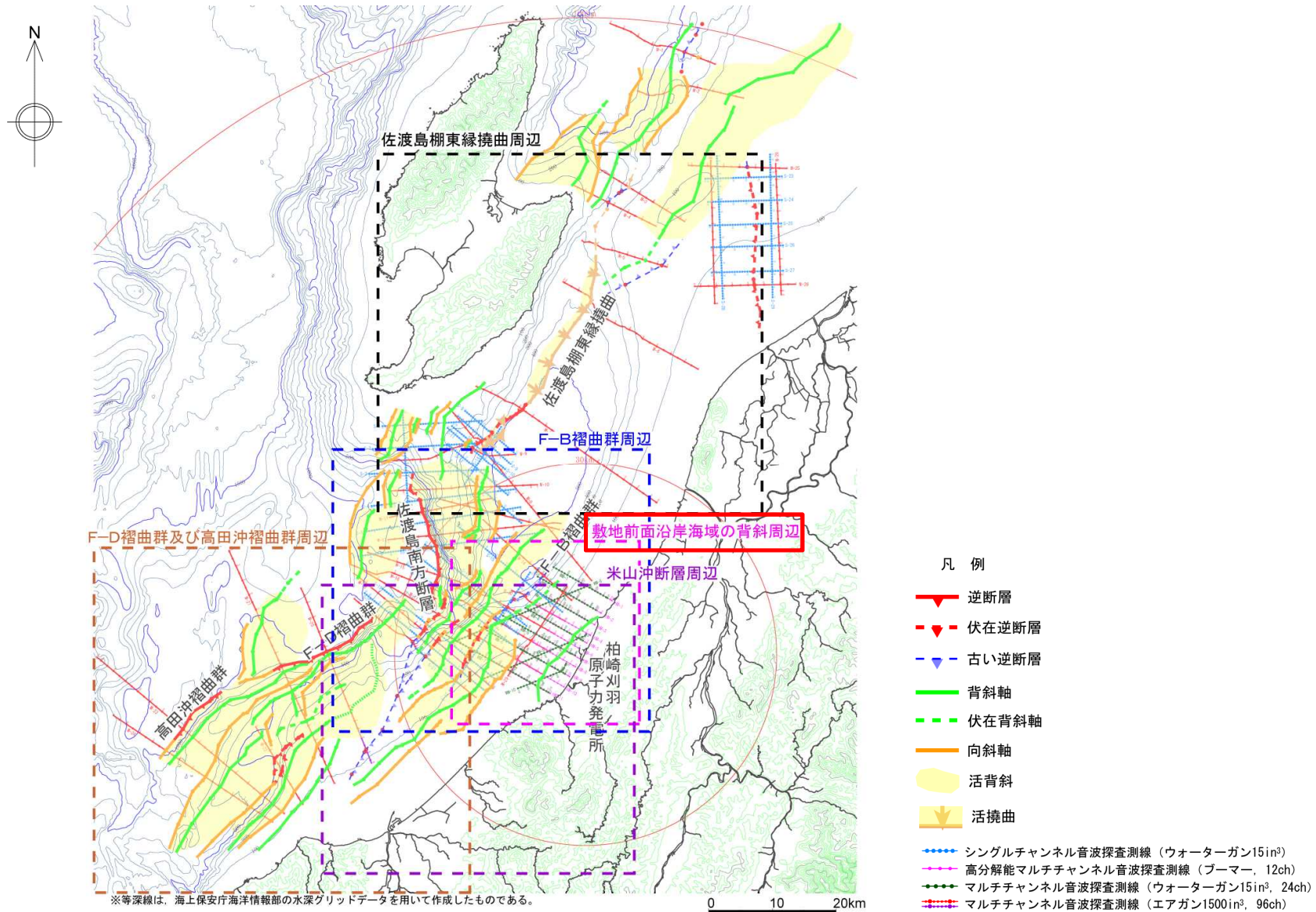


小括（日吉小学校南西の断層露頭についての評価）

- 地学団体研究会新潟支部中越沖地震調査団（2008）は、柏崎市日吉小学校南西に番神砂層を切る断層を報告している。
- 近接する南-1測線及び長崎側線の反射法地震探査の結果によると、当該断層位置周辺に地下深部に連続する断層は認められない。
- 長崎測線のボーリング調査の結果によると、当該断層の走向延長位置に分布する大坪層以上の地層はほぼ水平に分布し、断層構造は認められない。
- 以上のことから、当該断層は震源として考慮する活断層ではないと判断される。

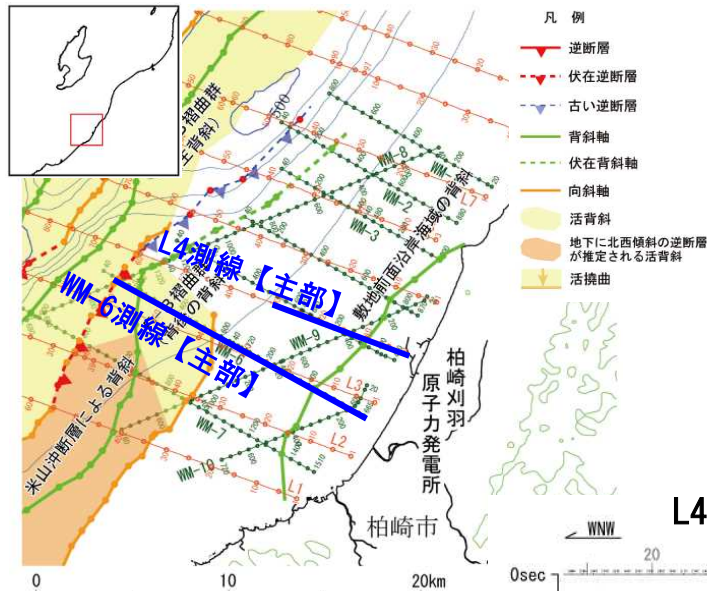
- 1 敷地近傍の地形
- 2 敷地近傍の地質
- 3 敷地近傍の変動地形
- 4 敷地近傍の地質構造
- 5 古安田層の年代に関する評価
- 6 真殿坂断層に関する評価
- 7 寺尾付近の断層に関する評価
- 8 長嶺背斜及び高町背斜東翼の断層に関する評価
- 9 日吉小学校南西の断層露頭に関する評価
- 10 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価

10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価



敷地周辺海域の地質構造図

10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価（評価の概要）

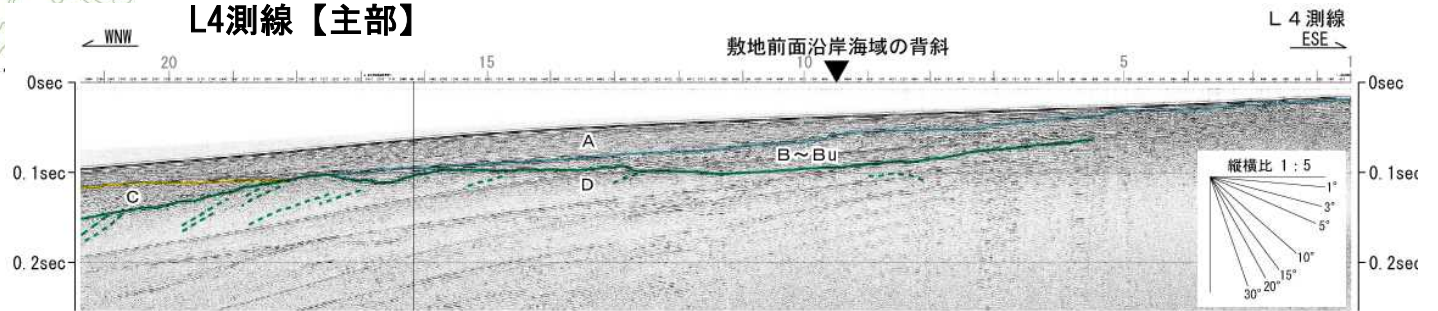


敷地周辺海域の地質構造図
及び測線位置図

【評価】

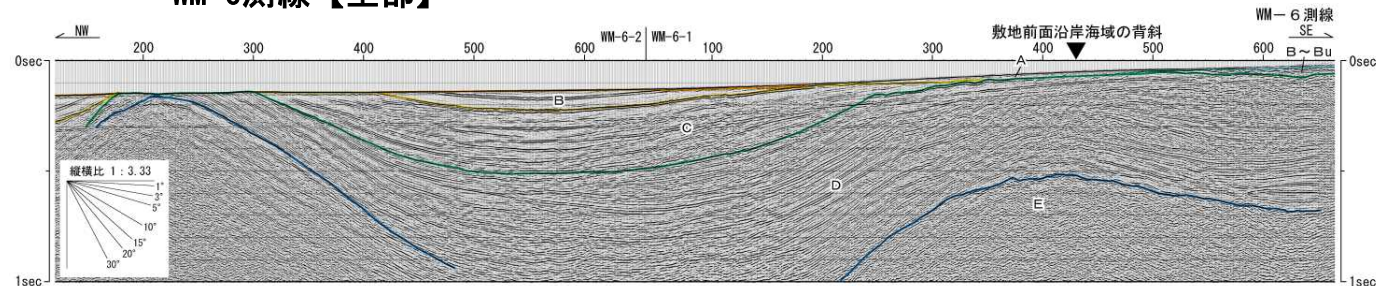
- 敷地前面沿岸海域の背斜構造は、D層以下の地層を变形させているものの、その北西翼においてC層がD層を顕著な傾斜不整合で覆っており、C層は緩傾斜を示すことから、少なくともC層上部堆積期以降の活動はないものと判断される（P.94）。
- 背斜軸部を横断して分布するB~Bu層及びA層に背斜構造と調和的な構造は認められない（P.90）。
- 以上のことから、敷地前面沿岸海域の背斜構造は後期更新世以降の活動が認められないことから、その活動性を考慮しない。

L4測線【全部】

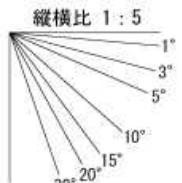
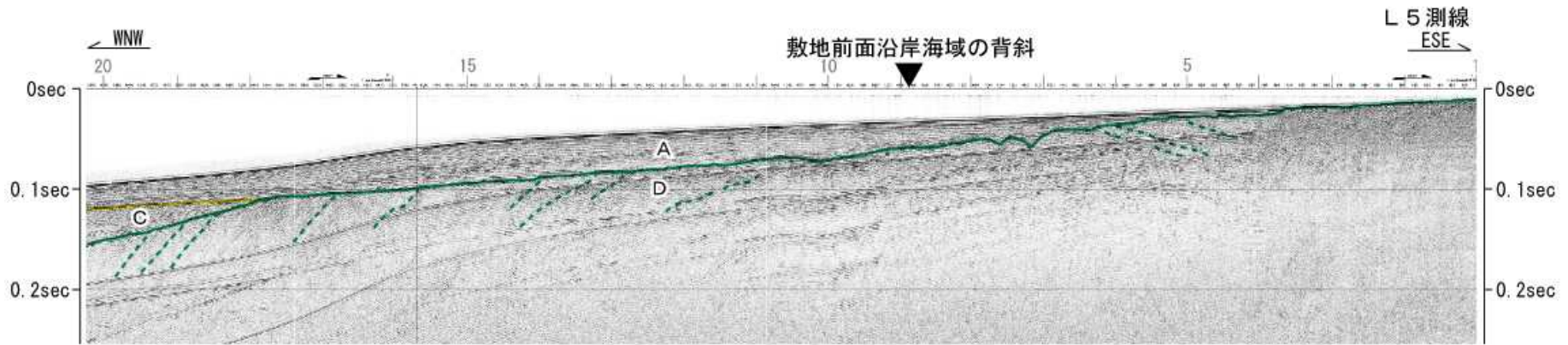


この海上音波探査記録は、文部科学省科研費補助金（特別研究促進費）「平成19年（2007年）新潟県中越沖地震に関する緊急調査研究」を用いて取得されたものです。この図は、独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター（現 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター）が実施した海上音波探査結果を東京電力ホールディングス(株)が独自に解析・編集したものです。

WM-6測線【全部】



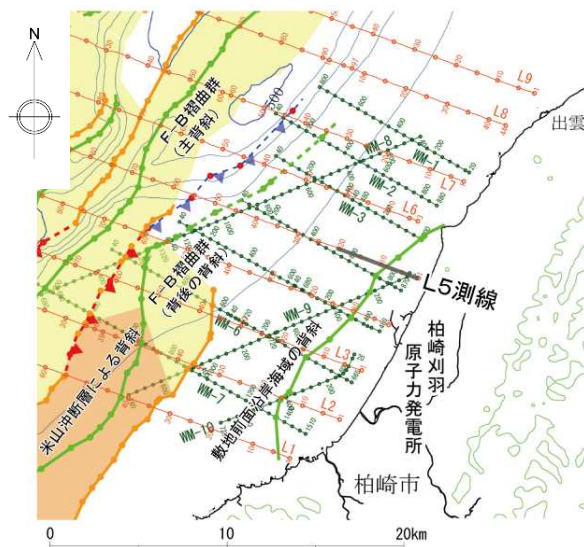
10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価 (L5測線)



この海上音波探査記録は、文部科学省科研費補助金（特別研究促進費）「平成19年（2007年）新潟県中越沖地震に関する緊急調査研究」を用いて取得されたものです。この図は、独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター（現 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター）が実施した海上音波探査結果を東京電力ホールディングス(株)が独自に解析・編集したものです。

L5測線の時間断面及びその解釈

- 背斜の北西翼では、急傾斜するD層をC層が顕著な傾斜不整合で覆っており、少なくともC層上部堆積期以降における活発な活動はないものと判断される。
- 背斜軸を横断してA層がD層を不整合に覆い、A層に背斜構造と調和的な構造が認められないことから、少なくともA層堆積期以降の活動はないものと判断される。

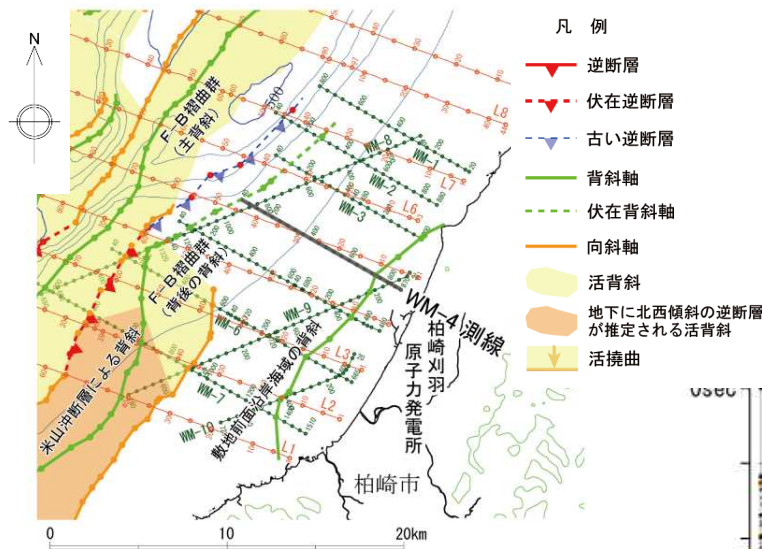


敷地周辺海域の地質構造図

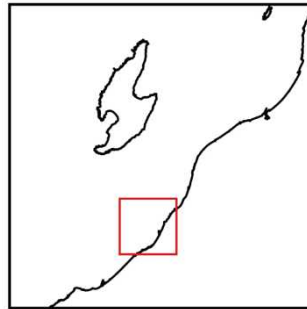
- 凡例
- 逆断層
 - 伏在逆断層
 - 古い逆断層
 - 背斜軸
 - 伏在背斜軸
 - 向斜軸
 - 活背斜
 - 地下に北西傾斜の逆断層が推定される活背斜
 - 活拗曲



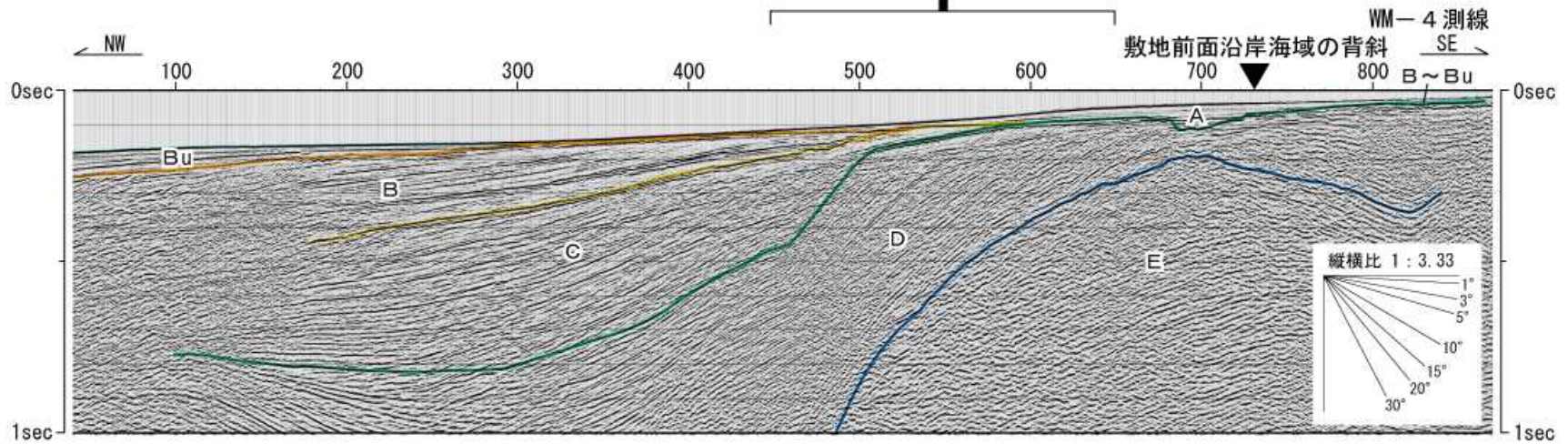
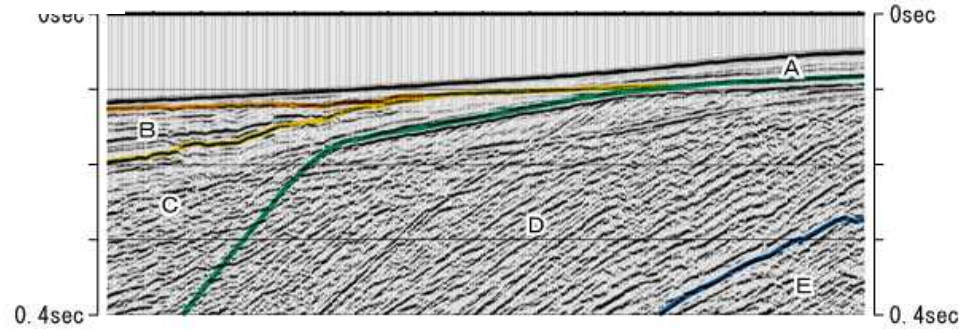
10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価 (WM-4測線)



敷地周辺海域の地質構造図

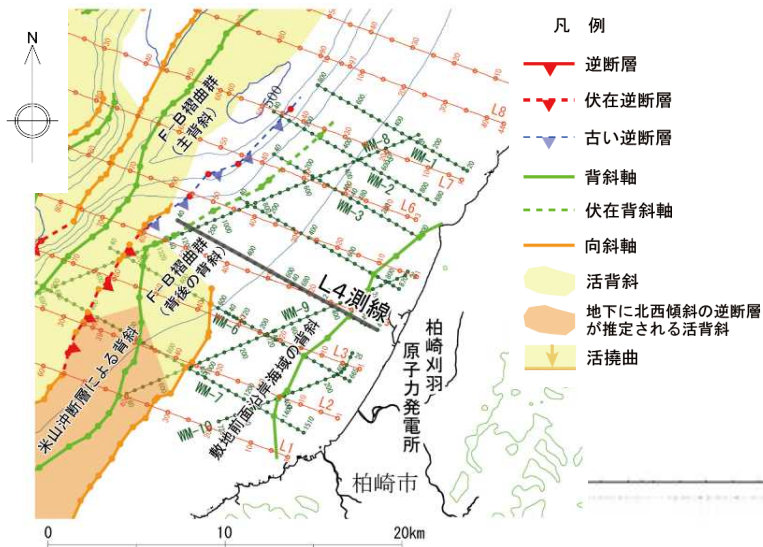


- 背斜の北西翼では、急傾斜するD層をC層が顕著な傾斜不整合で覆っており、少なくともC層上部堆積期以降における活発な活動はないものと判断される。
- 北西翼においては、少なくともB層以上の地層に傾斜変換は認められない。



WM-4測線の時間断面及びその解釈

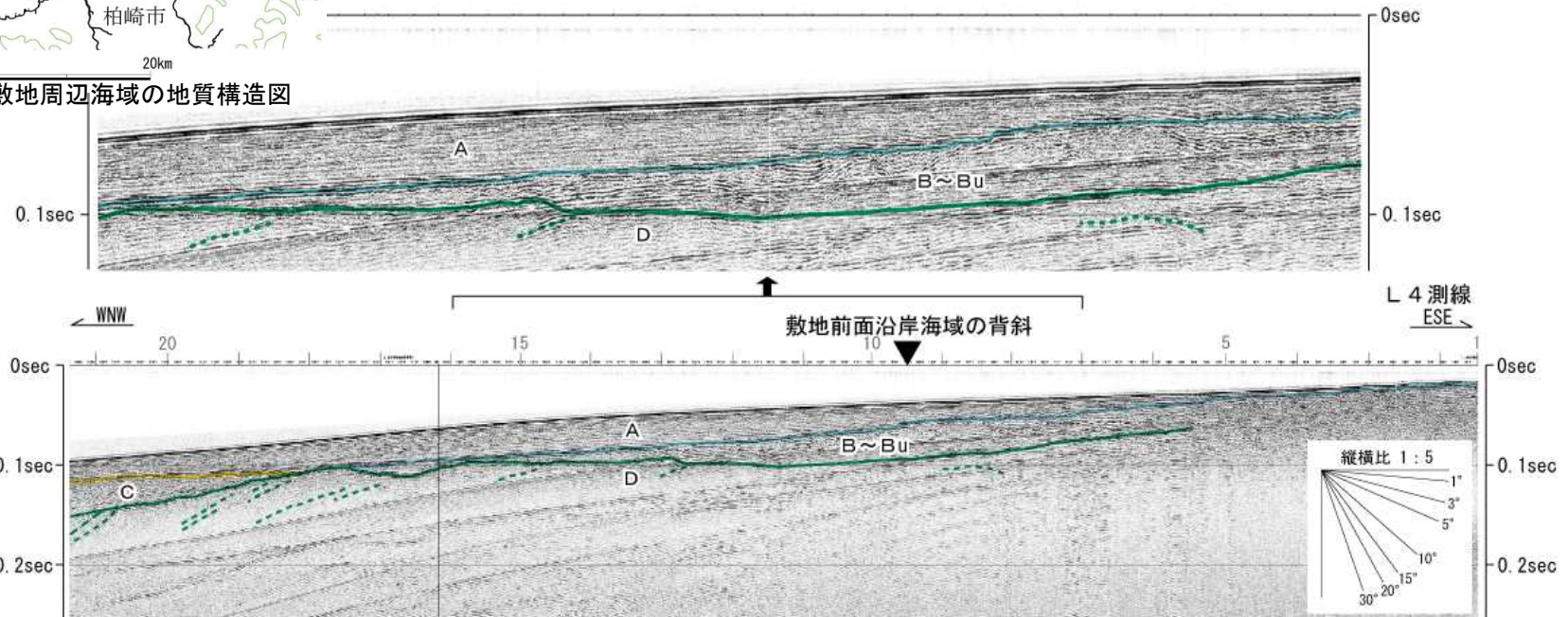
10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価（L4測線）



- 背斜の北西翼では、急傾斜するD層をC層が顕著な傾斜不整合で覆っており、少なくともC層上部堆積期以降における活発な活動はないものと判断される。
- 背斜軸を横断してB~Bu層がD層を不整合に覆い、B~Bu層に背斜構造と調和的な構造が認められないことから、少なくともB~Bu層の活動はないものと判断される。



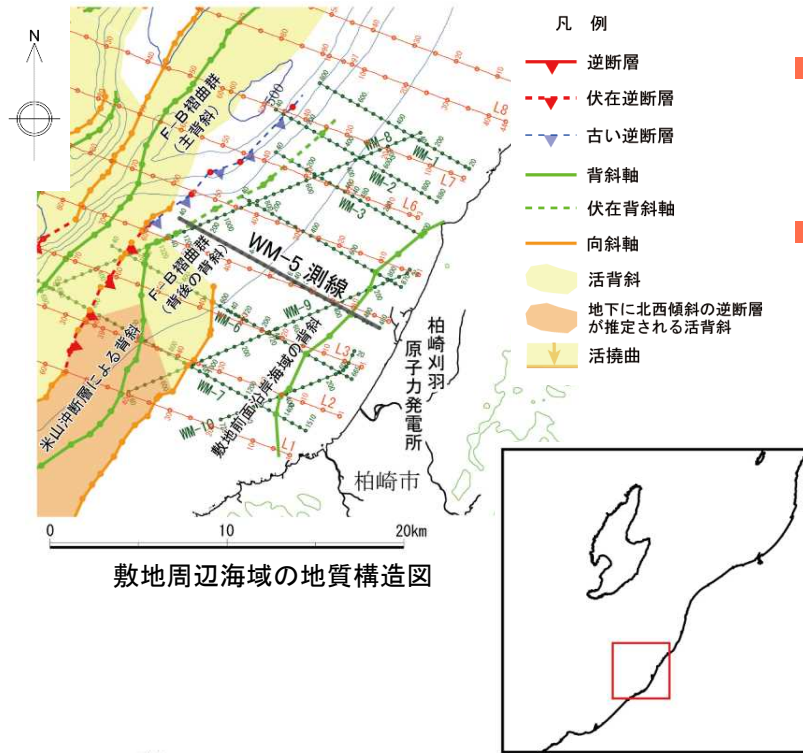
敷地周辺海域の地質構造図



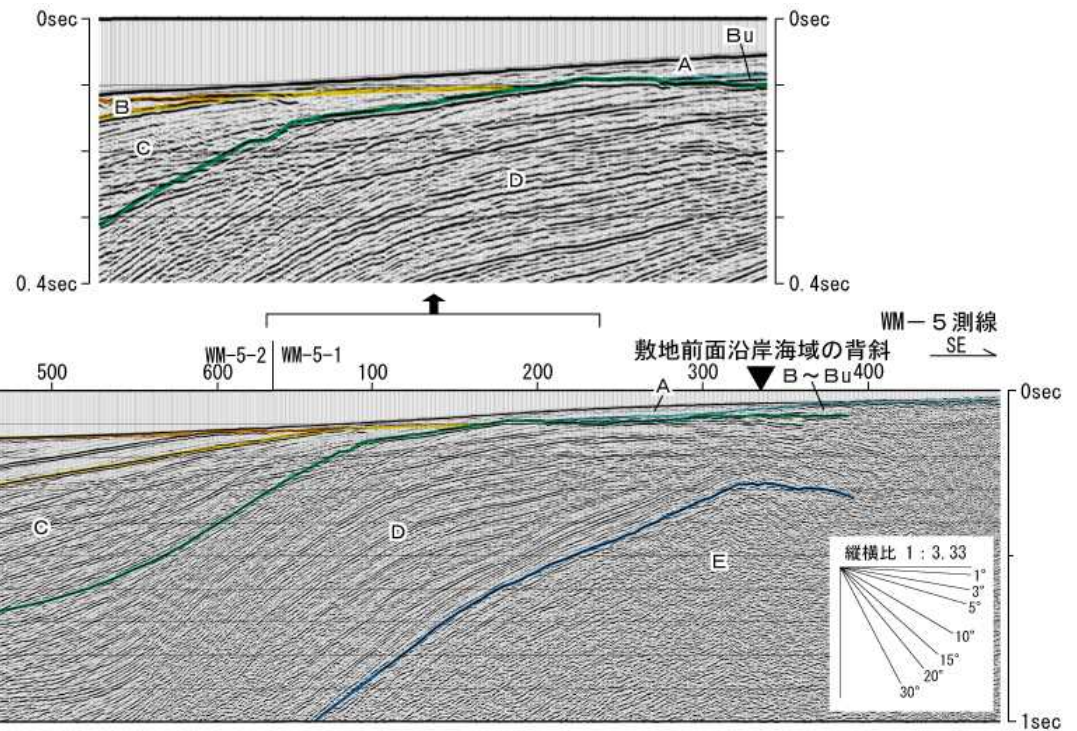
この海上音波探査記録は、文部科学省科研費補助金（特別研究促進費）「平成19年（2007年）新潟県中越沖地震に関する緊急調査研究」を用いて取得されたものです。この図は、独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター（現 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター）が実施した海上音波探査結果を東京電力ホールディングス(株)が独自に解析・編集したものです。

L4測線の時間断面及びその解釈

10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価 (WM-5測線)

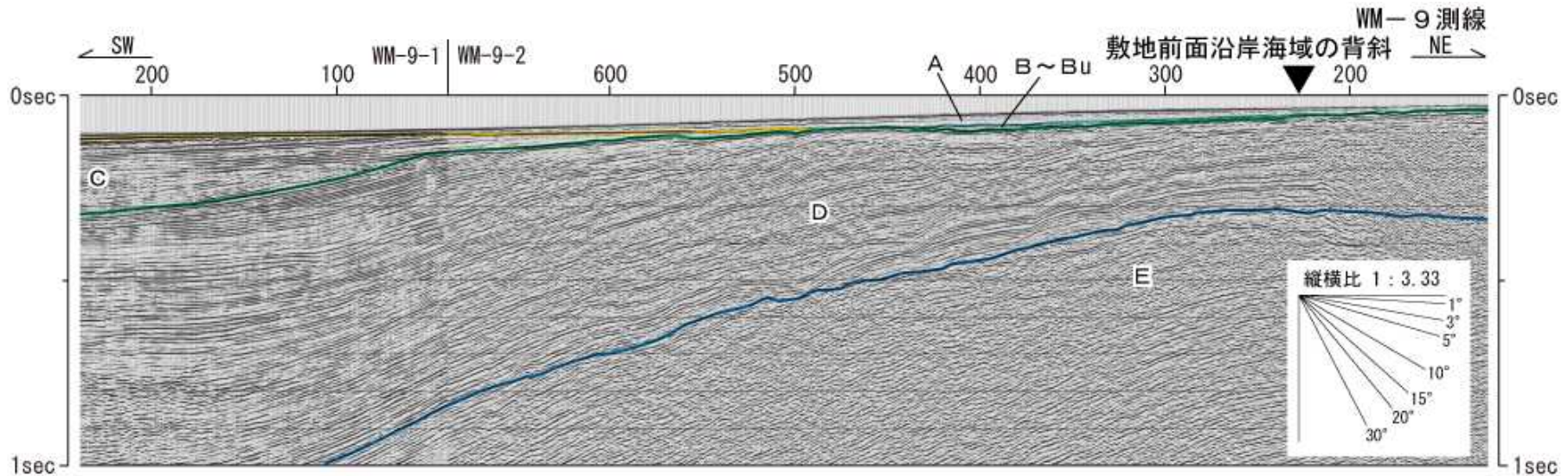


- 背斜の北西翼では、急傾斜するD層をC層が顕著な傾斜不整合で覆っており、C層は緩傾斜を示すことから、C層上部堆積期以降における活動はないものと判断される。
- 北西翼においては、少なくともB層以上の地層に傾斜変換は認められない。



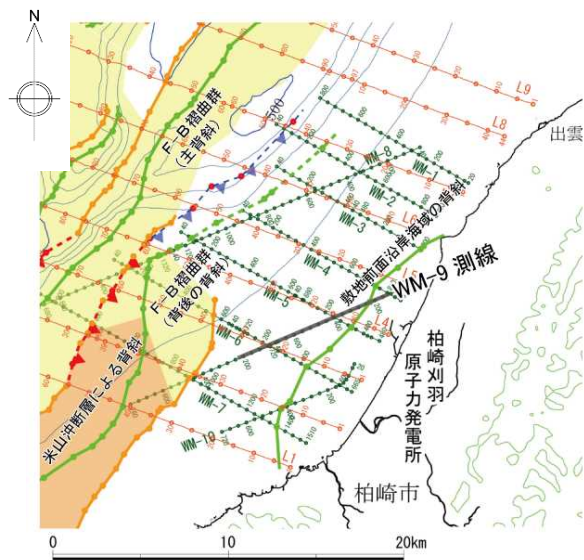
WM-5測線の時間断面及びその解釈

10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価 (WM-9測線)



WM-9測線の時間断面及びその解釈

- 背斜の北西翼では、急傾斜するD層をC層が顕著な傾斜不整合で覆っており、C層は緩傾斜を示すことから、C層上部堆積期以降における活動はないものと判断される。

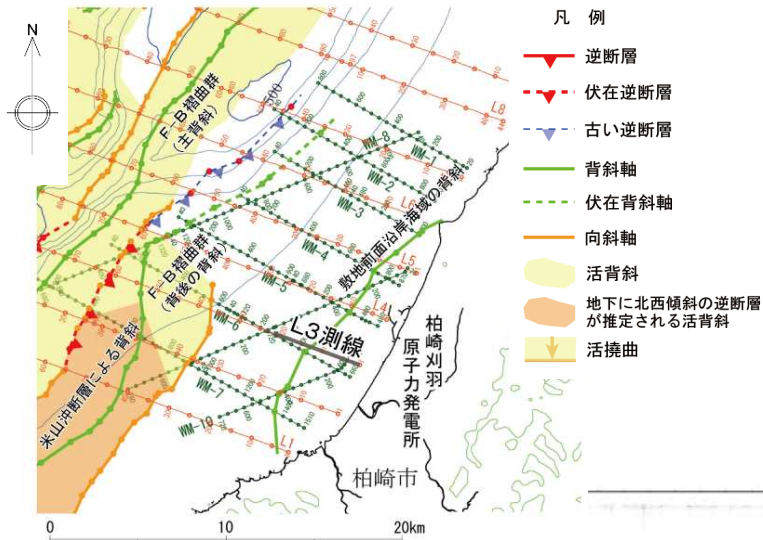


- 凡例
- 逆断層
 - 伏在逆断層
 - 古い逆断層
 - 背斜軸
 - 伏在背斜軸
 - 向斜軸
 - 活背斜
 - 地下に北西傾斜の逆断層が推定される活背斜
 - 活撓曲



敷地周辺海域の地質構造図

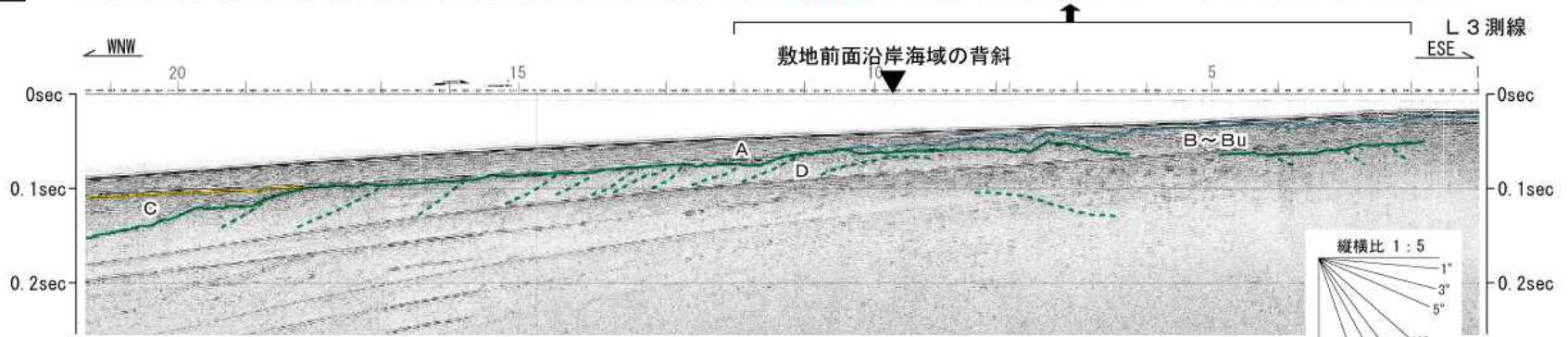
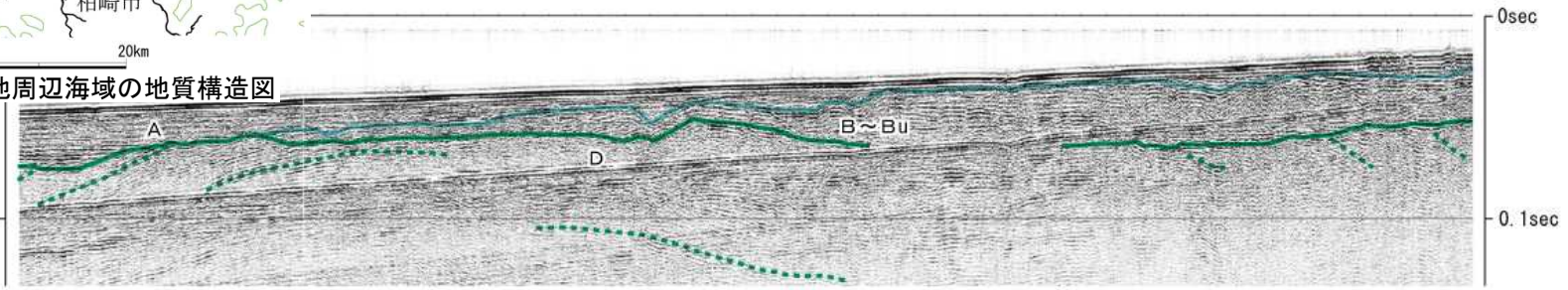
10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価（L3測線）



- 背斜の北西翼では、急傾斜するD層をC層が顕著な傾斜不整合で覆っており、少なくともC層上部堆積期以降における活発な活動はないものと判断される。
- 背斜軸を横断してB~Bu層がD層を不整合に覆い、B~Bu層に背斜構造と調和的な構造が認められないことから、少なくともB~Bu層の活動はないものと判断される。



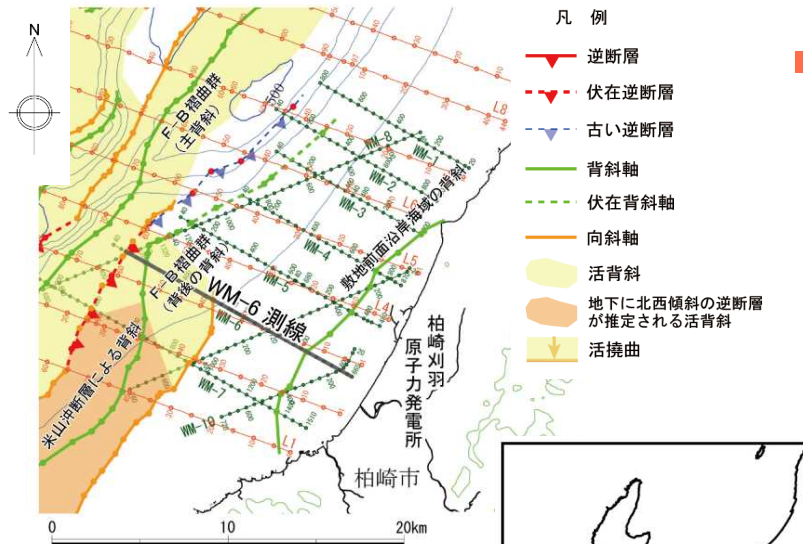
敷地周辺海域の地質構造図



この海上音波探査記録は、文部科学省科研費補助金（特別研究促進費）「平成19年（2007年）新潟県中越沖地震に関する緊急調査研究」を用いて取得されたものです。この図は、独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター（現 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター）が実施した海上音波探査結果を東京電力ホールディングス(株)が独自に解析・編集したものです。

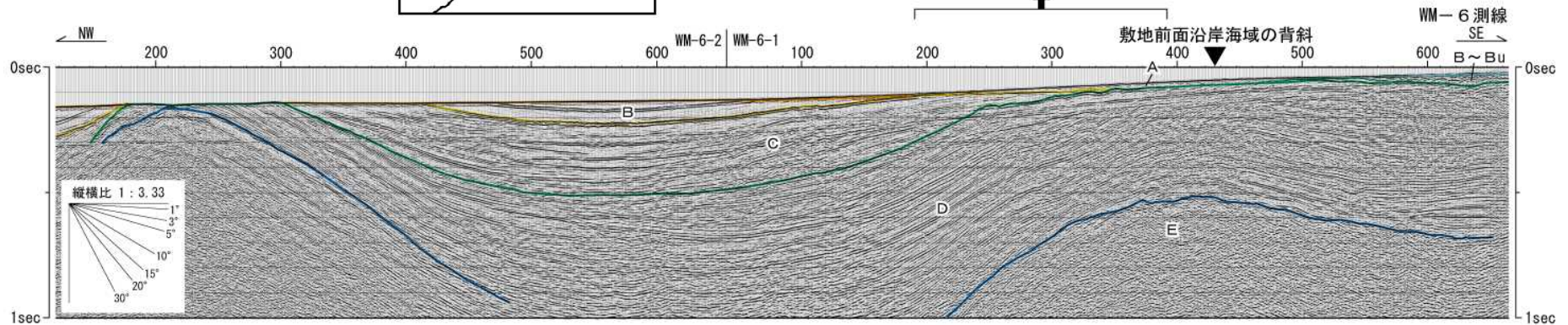
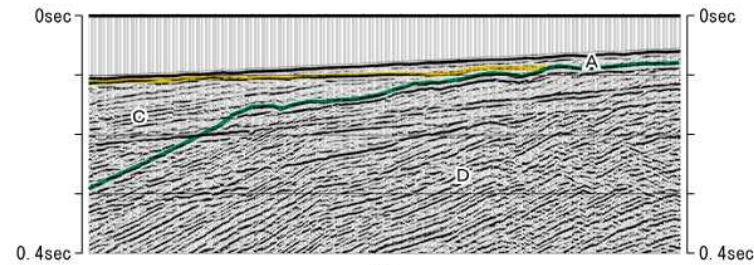
L3測線の時間断面及びその解釈

10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価 (WM-6測線)



敷地周辺海域の地質構造図

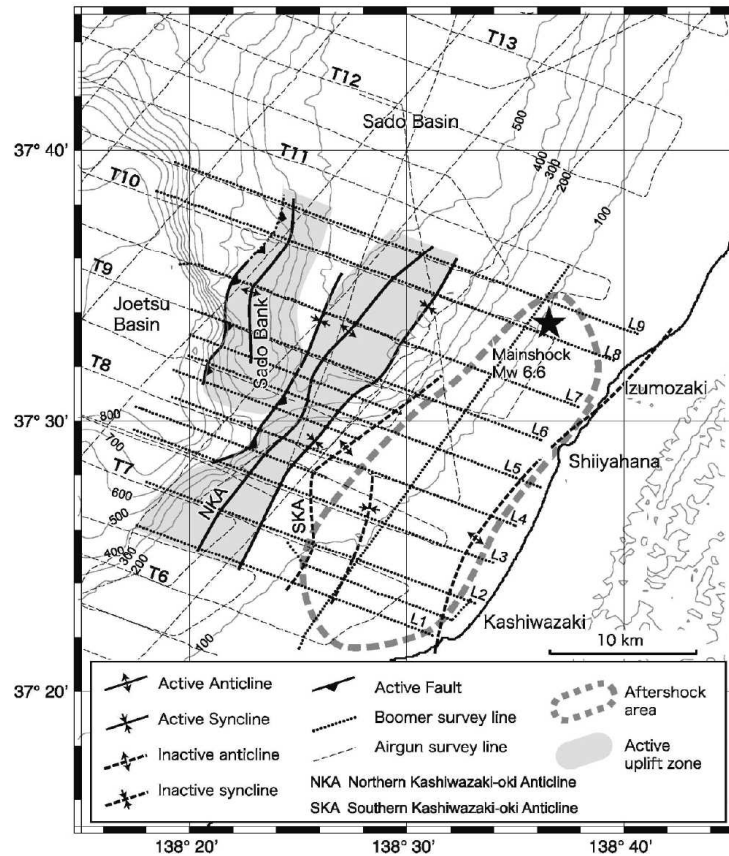
■ 背斜の北西翼では、急傾斜するD層をC層が顕著な傾斜不整合で覆っており、C層は緩傾斜を示すことから、C層上部堆積期以降における活動はないものと判断される。



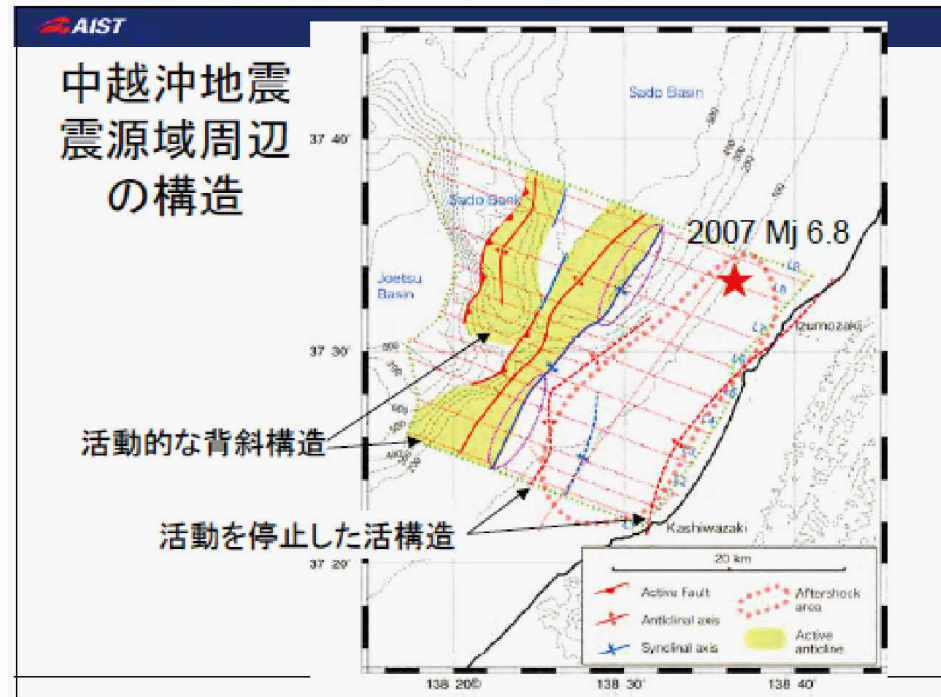
WM-6測線の時間断面及びその解釈

10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価（他機関の評価）

【岡村 (2010) による佐渡海盆付近の海底活断層】

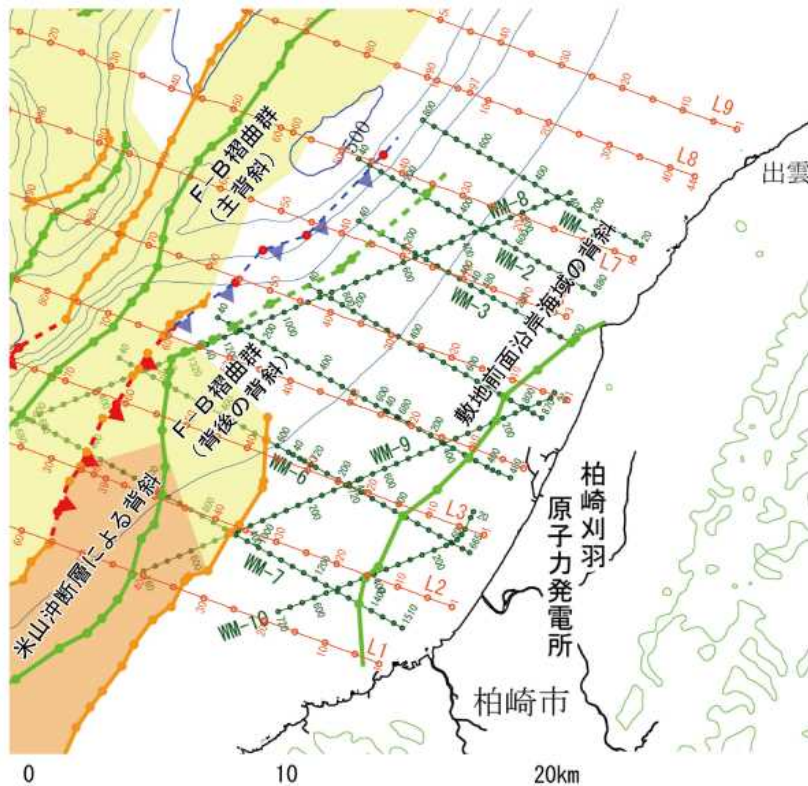


【新潟県 地震・地質・地盤に関する小委員会資料】



- 新潟県中越沖地震後に実施された産業技術総合研究所の海上音波探査によっても、前述の調査結果とほぼ同位置に尼瀬背斜へ連続する背斜構造が確認されており、その活動性については“活動を停止した”とされている。

10. 敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価



敷地周辺海域の地質構造図

【活動性】

- 敷地前面沿岸海域の背斜構造は、D層以下の地層を変形させているものの、その北西翼においてC層がD層を顕著な傾斜不整合で覆っており、C層上部は緩傾斜を示すことから、少なくともC層上部堆積期以降の活動はないものと判断される。
- 背斜軸部を横断して分布するB~Bu層及びA層に背斜構造と調和的な構造は認められない。
- 以上のことから、敷地前面沿岸海域の背斜構造は後期更新世以降の活動が認められないことから、その活動性を考慮しない。

まとめ

- 後谷背斜，真殿坂向斜，長嶺・高町背斜を対象とした反射法地震探査，ボーリング調査結果によると，複数測線において古安田層以上の地層がほぼ水平に分布し，褶曲構造に調和する構造が認められないことから，上記の褶曲構造に少なくとも後期更新世以降の活動は認められず，これら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。
- 寺尾付近の断層についてはトレンチ調査，ボーリング調査結果によると，地下深部に連続せず，変位の累積性が認められ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。
- 日吉小学校南西の断層露頭については反射法地震探査及びボーリング調査結果によると，当該断層周辺に地下深部に連続する断層は認められず，当該断層の走向延長位置に分布する大坪層以上の地層はほぼ水平に分布し，断層構造は認められないことから，当該断層は震源として考慮する活断層ではないと判断される。
- 敷地前面沿岸海域の背斜構造は，D層以下の地層を変形させているものの，その北西翼においてC層がD層を顕著な傾斜不整合で覆っており，C層は緩傾斜を示すことから，少なくともC層上部堆積期以降の活動はないことから，少なくとも後期更新世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。
- 以上のことから，敷地近傍に震源として考慮する活断層がないことを確認した。

参考文献

- 青木かおり・入野智久・大場忠道（2008）：鹿島沖海底コアMD01-2421の後期更新世テフラ層序，第四紀研究，47-6，pp.391-407.
- 天野一男・狩野謙一（2009）：構造地質学. フィールドジオロジー6.
- 荒浜砂丘団体研究グループ(1993):新潟県荒浜砂丘地域に発達する後期更新世の断層,地球科学,47巻4号，pp.339-343.
- 岡村行信（2010）：2007年中越沖地震震源域及び佐渡海盆の活構造，vol.33，pp.15-25.
- 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.
- 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.
- 原子力安全・保安院（2008）：平成20年9月24日総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 第18回耐震・構造設計小委員会地震・津波，地質・地盤合同ワーキンググループ資料 合同W18-1-1「新潟県中越沖における海上音波探査について」.
- 国土地理院（2008）：「平成19年（2007年）新潟県中越沖地震」の震源断層モデルを更新（主に断層面に関する評価）.
- 小林巖雄・立石雅昭・吉村尚久・上田哲郎・加藤碩一（1995）：柏崎地域の地質，地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所
- 鈴木毅彦(2001)：海洋酸素同位体ステージ5-6境界に降下した飯縄上樽テフラ群とその編年学的意義，第四紀研究，40-1，pp.29-41.
- 地学団体研究会新潟支部新潟県中越沖地震調査団編著(2008)：柏崎・刈羽をおそった地震の被害と地盤～2007年中越沖地震～，地団研専報57.
- 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会（1992）：改訂版日本の石油・天然ガス資源
- 堂満華子・西弘嗣・内田淳一・尾田太良・大金薫・平朝彦・青池寛・下北コア微化石研究グループ（2010）：地球深部探査船「ちきゅう」の下期亜半島沖慣熟公開コア試料の年代モデル，化石，87，pp.47-64.
- 防災科学技術研究所（2004）：地すべり地形分布図，防災科学技術研究所研究資料，第244号.
- 町田・新井（2011）：新編火山灰アトラス-日本列島とその周辺，p.336.
- 山路敦・佐藤活志（2011）：multiple inverse method software package .
- Domitsu Hanako, Uchida Jun-ichi, Ogane Kaoru, Dobuchi Nana, Sato Tokiyuki, Ikehara Minoru, Nishi Hiroshi, Hasegawa Shiro, Oda Motoyoshi(2011)：Stratigraphic relationships between the last occurrence of Neoglobobulimina inflata and marine isotope stages in the northwest Pacific, D/V Chikyū Expedition 902, Hole C9001C, Newsletters on Stratigraphy, 44-2, pp.113-122(10).
- Tabito Matsuura, Akira Furusawa, Kota Shimogama, Norihisa Goto, Junko Komatsubara(2014)：Late Quaternary tephrostratigraphy and cryptotephrostratigraphy of deep-sea sequences (Chikyū C9001C cores) as tools for marine terrace chronology in NE Japan, Quaternary Geochronology 23, pp.63-79.