# 柏崎刈羽原子力発電所
# 敷地内の地質・地質構造について

平成**24**年**8**月**10**日
東京電力株式会社

東京電力
TEPCO

# 目　次

1. 敷地及び敷地近傍における中部・上部更新統の地質層序

2. 真殿坂断層の評価

3. 敷地内断層の評価

4. まとめ


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1. 敷地及び敷地近傍における中部・上部更新統の地質層序

2. 真殿坂断層の評価

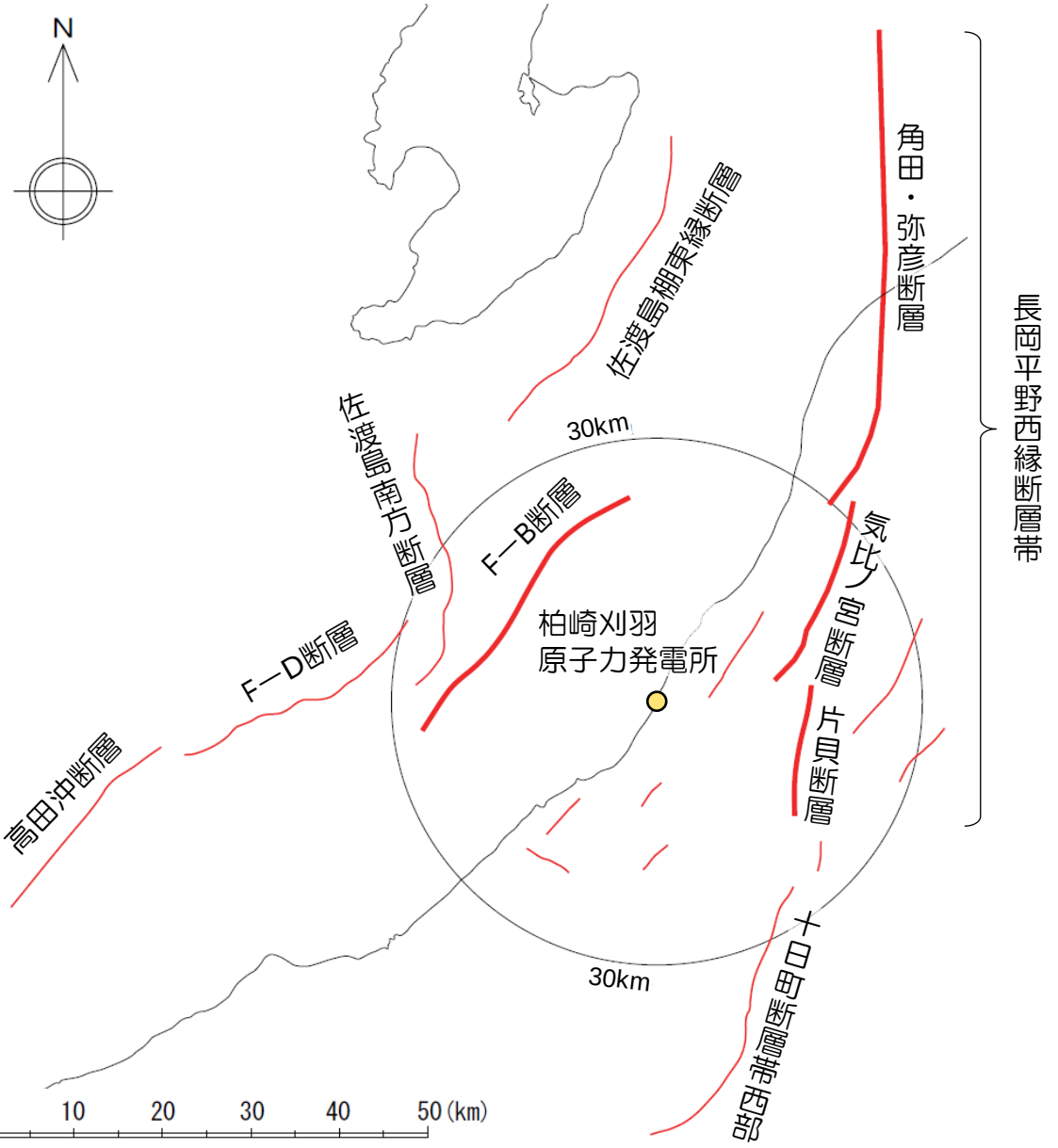
3. 敷地内断層の評価

4. まとめ


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 敷地周辺の活断層分布図

- 敷地周辺に分布する主な活断層としては、陸域では長岡平野西縁断層帯（角田・弥彦断層、気比ノ宮断層、片貝断層）など、海域ではF－B断層などがある。

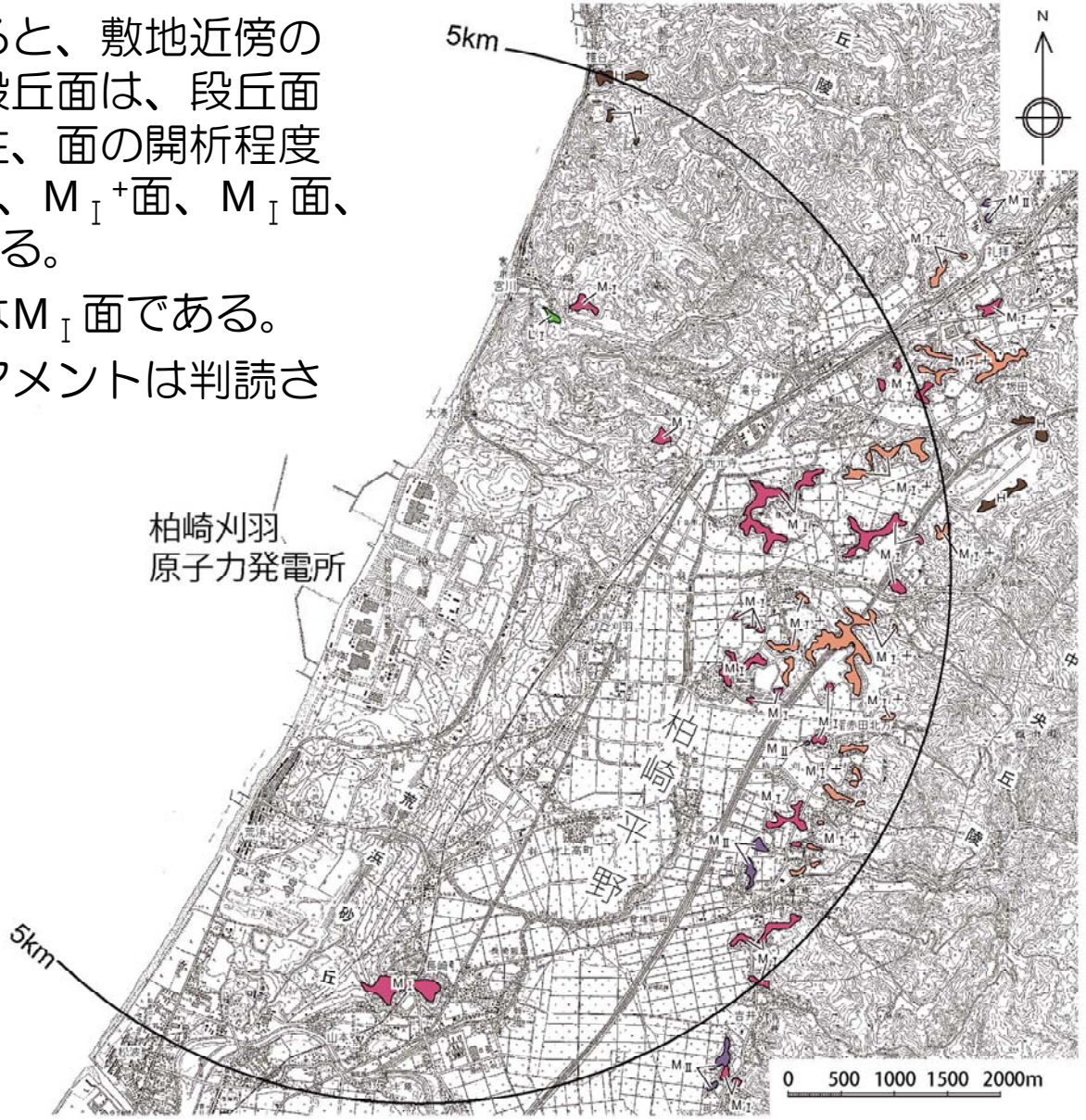




無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 敷地近傍の空中写真判読図

- 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。

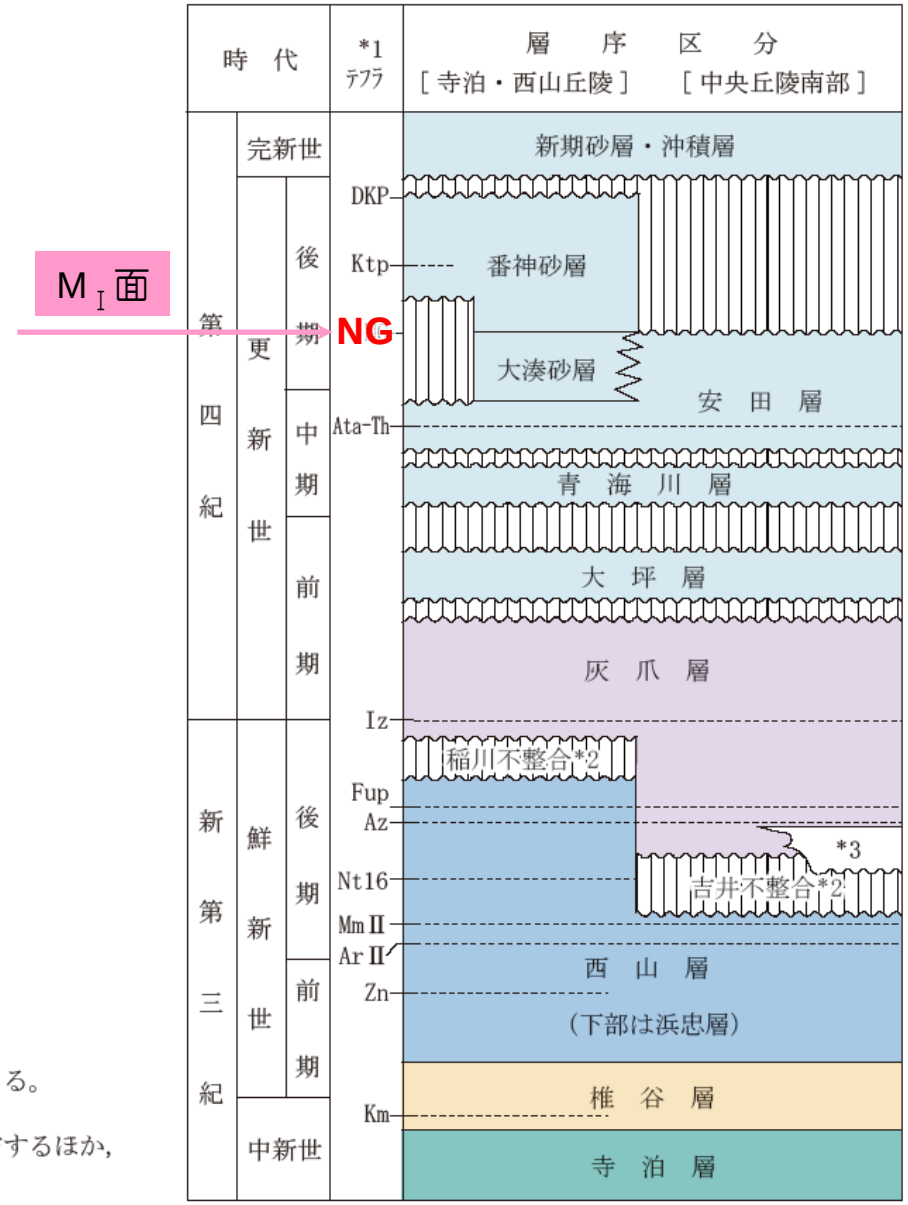




無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 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、大湊砂層上限面付近に中子軽石層：NG（約13～15万年前；早津・新井、1982）が挟在することから、断層の活動性評価の示標となる。
- なお、町田・新井（2003）によると、中子軽石層（NG）は飯縄上樽テフラ（In-Kt）に対比されている。

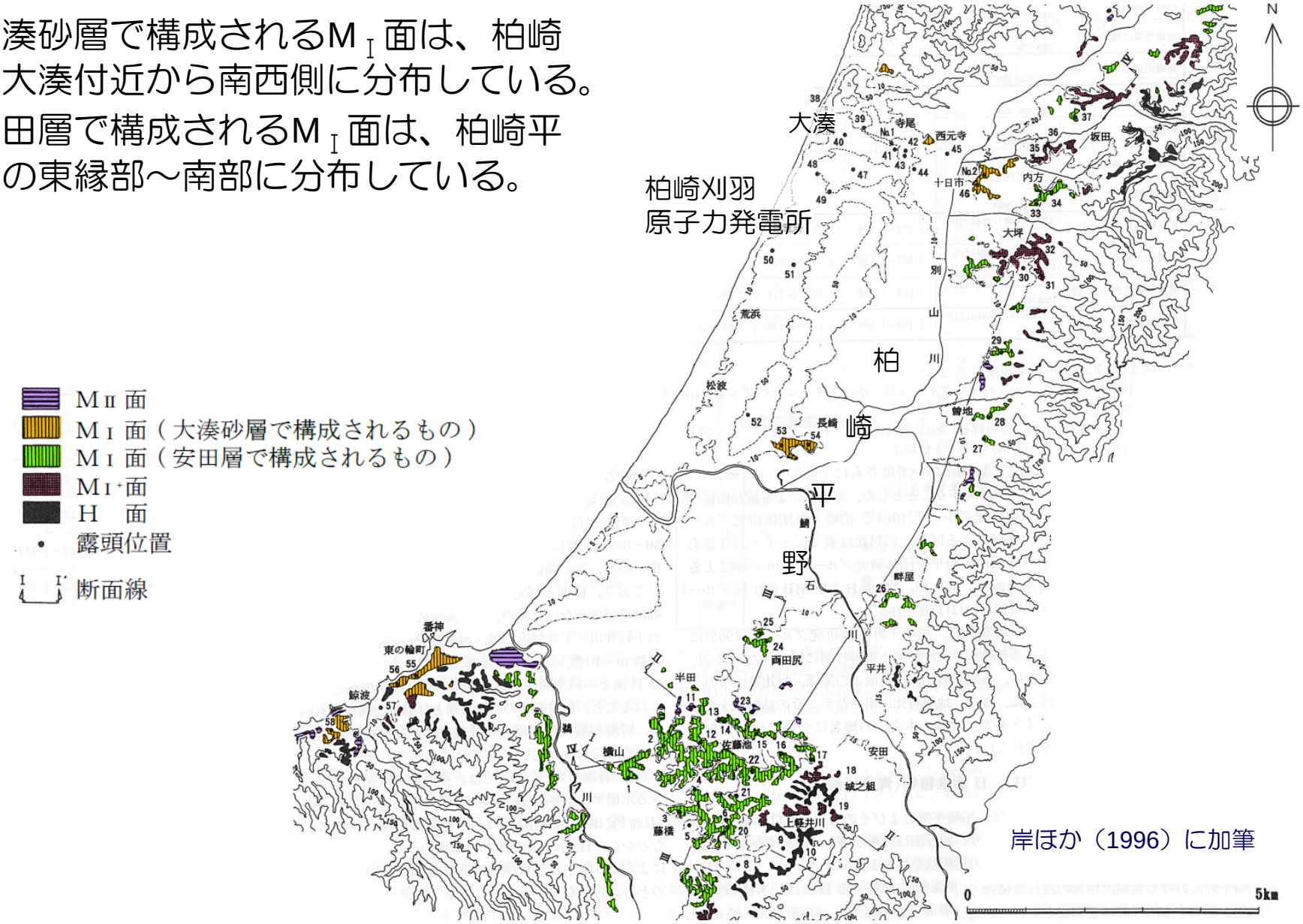



*1　テフラの名称・年代は，岸ほか（1996）などによる。
*2　不整合の名称は，岸ほか（1996）による。
*3　米山火山岩類・同火山岩類は米山海岸に広く分布するほか，柏崎市南部の南下付近で西山層中に挟在する。


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# $M_I$面の構成層

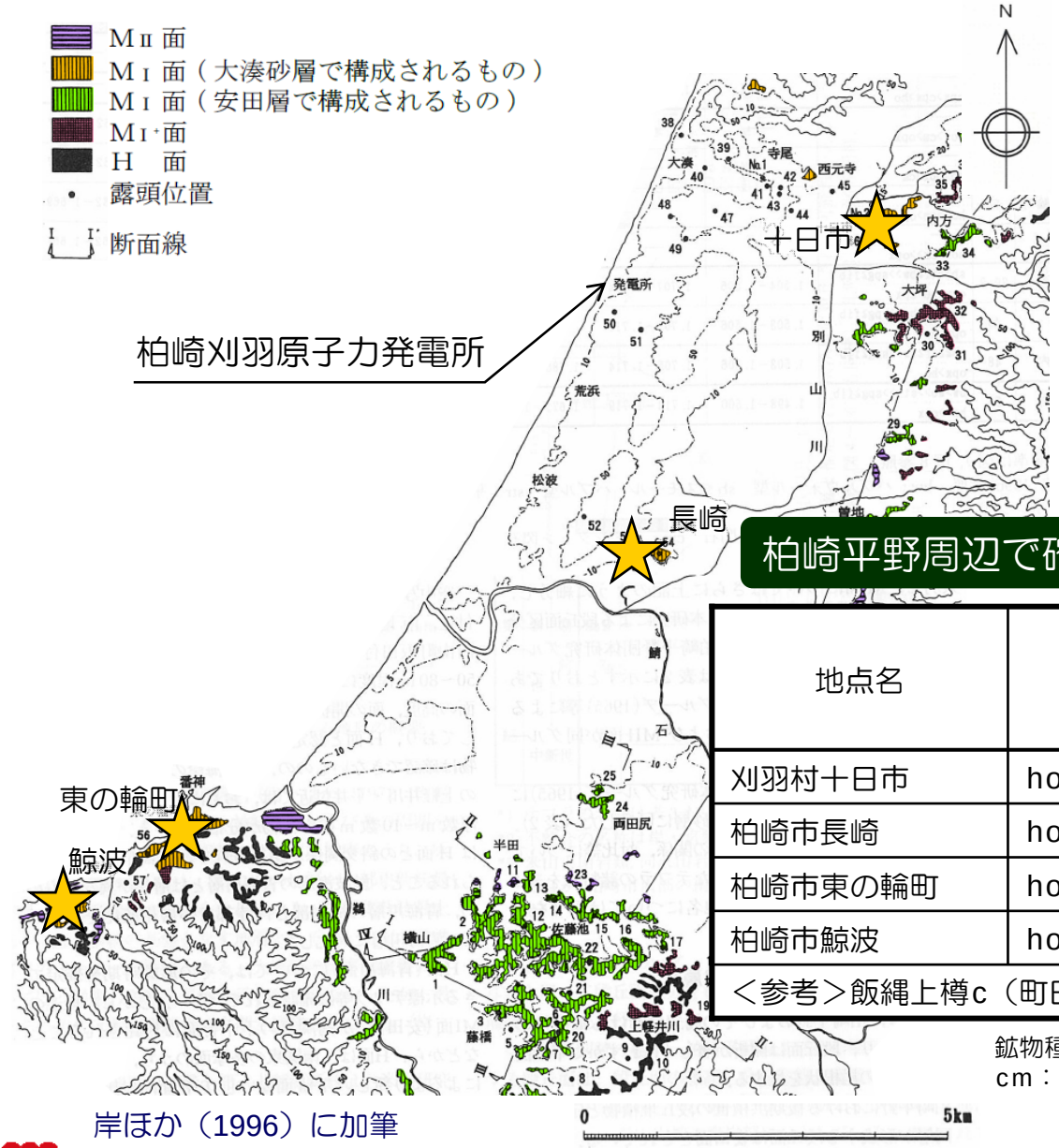
- 大湊砂層で構成される$M_I$面は、柏崎市大湊付近から南西側に分布している。
- 安田層で構成される$M_I$面は、柏崎平野の東縁部～南部に分布している。





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 大湊砂層上限面の年代




岸ほか（1996）に加筆

- 複数地点において、大湊砂層と番神砂層との境界付近に中子軽石層（NG）が挟在していることが確認された。
- このことから、大湊砂層上限面は、下末吉海進後の海退に伴い形成された離水面に相当すると判断される。

**柏崎平野周辺で確認された中子軽石層（NG）**

| 地点名 | 重鉱物組成 | 鉱物の屈折率 | |
|---|---|---|---|
| | | 普通角閃石（$n_2$） | ｶﾐﾝｸﾞﾄﾝ閃石（$n_2$） |
| 刈羽村十日市 | ho＞＞cm＞opx | 1.674-1.680 | 1.662-1.667 |
| 柏崎市長崎 | ho＞opx＞cm | 1.674-1.680 | 1.662-1.667 |
| 柏崎市東の輪町 | ho＞＞cm＞opx | 1.675-1.680 | 1.662-1.669 |
| 柏崎市鯨波 | ho＞＞cm＞＞opx | 1.675-1.681 | 1.662-1.667 |
| ＜参考＞飯縄上樽c（町田・新井、2003） | | 1.674-1.680 | 1.662-1.667 |

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　＞：1.2倍～5倍、＞＞：5倍

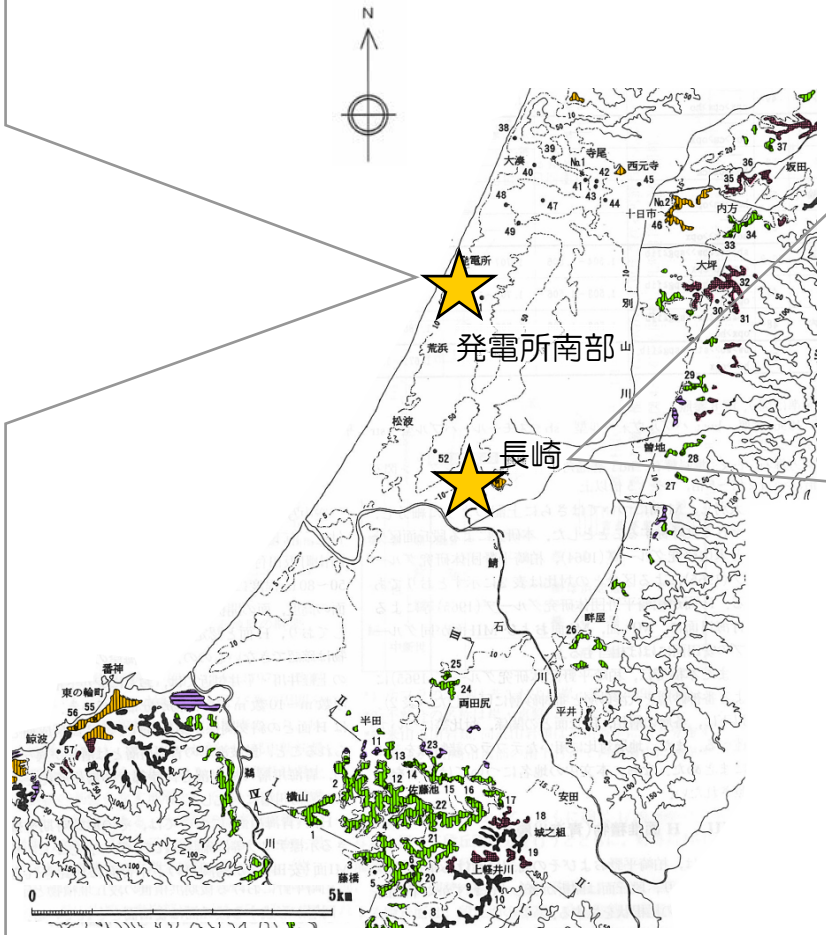

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# ＜参考＞露頭写真（大湊砂層・番神砂層・中子軽石層）

大湊砂層を覆う番神砂層

NE←　→SW

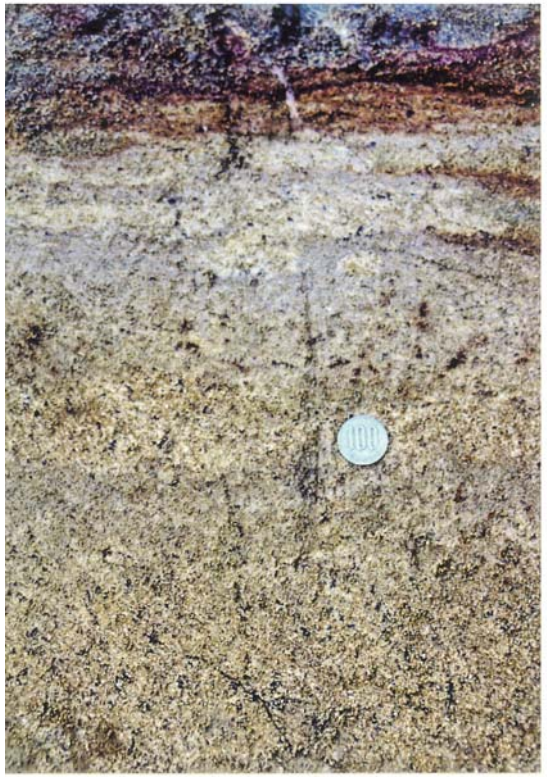
Loc.50（2号機東、超高圧開閉所法面）
鎌の位置付近が大湊砂層と番神砂層との境界




岸ほか（1996）に加筆

中子軽石層（NG）

SW←　→NE



中子軽石層を含む層準

Loc.53（柏崎市長崎）
大湊砂層と番神砂層との境界付近に点在する白色細粒軽石。同軽石層は，鉱物組成・屈折率から中子軽石層に同定される。


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 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域～汽水域の堆積物からなることから、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M$_{I}$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（1965）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。

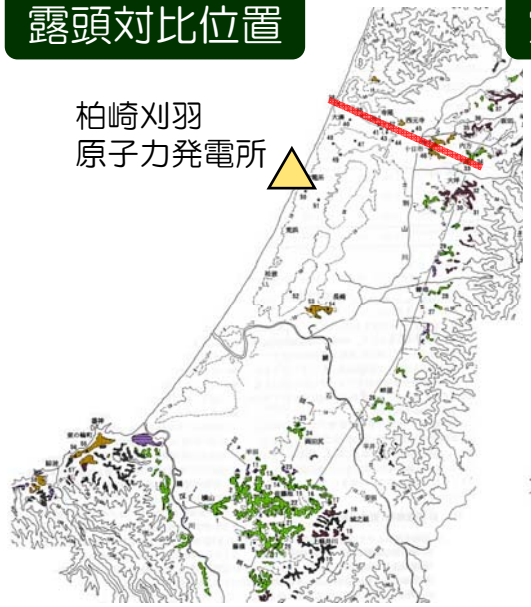
安田層上部層と下部層との境界

Loc.15（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。

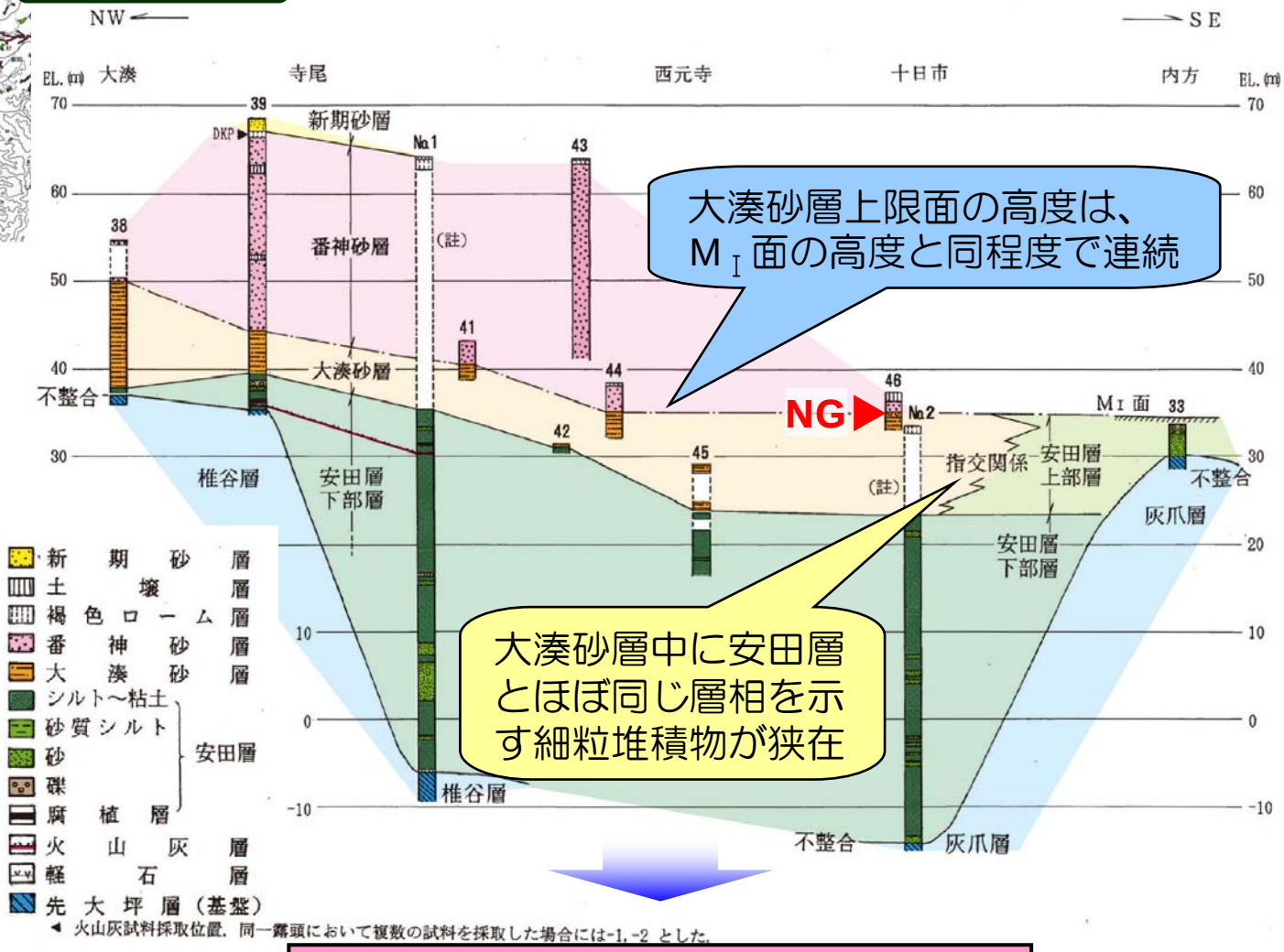

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 柏崎平野北部（海岸部～内陸部）における露頭柱状対比

露頭対比位置




露頭柱状対比

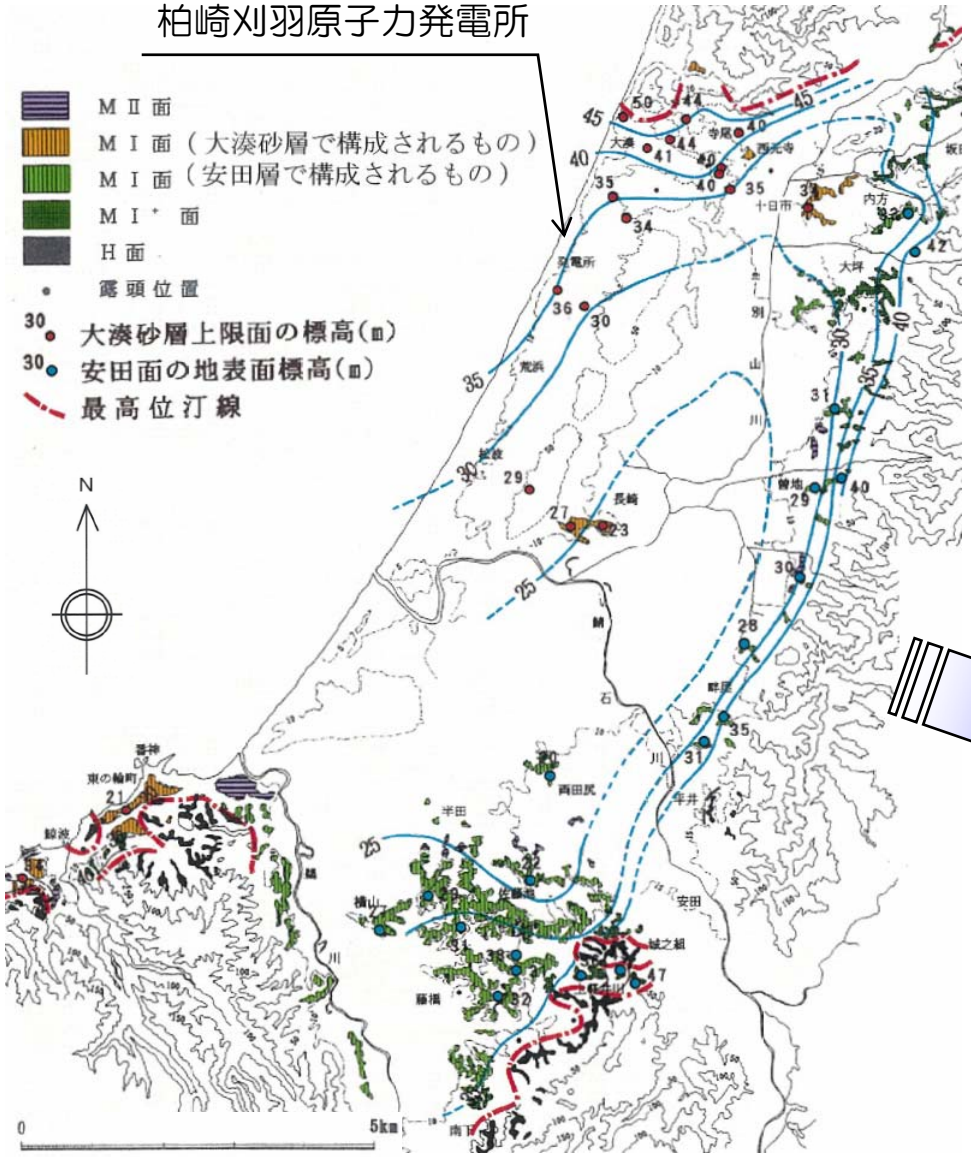



大湊砂層と安田層上部層は指交関係

岸ほか（1996）に加筆

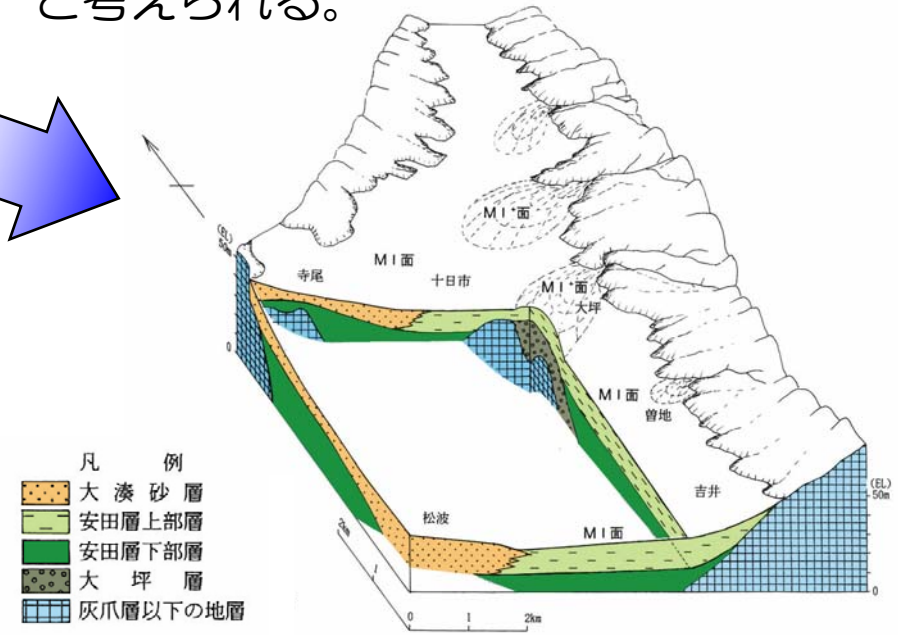

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 大湊砂層と安田層上部層の堆積環境




岸ほか（1996）に加筆

- 下末吉海進における離水面は、大湊砂層上限面及び安田面を連ねた高度分布により復元され、柏崎平野中央部を中心とする盆状を呈している。
- 本地域の堆積環境としては、バリアーシステムがあてはまり、大湊砂層はバリアーの構成層（砂州）、安田層上部層はバリアー背後のラグーンの構成層と考えられる。





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 柏崎平野西部（海岸部）における露頭柱状対比

## 露頭柱状対比

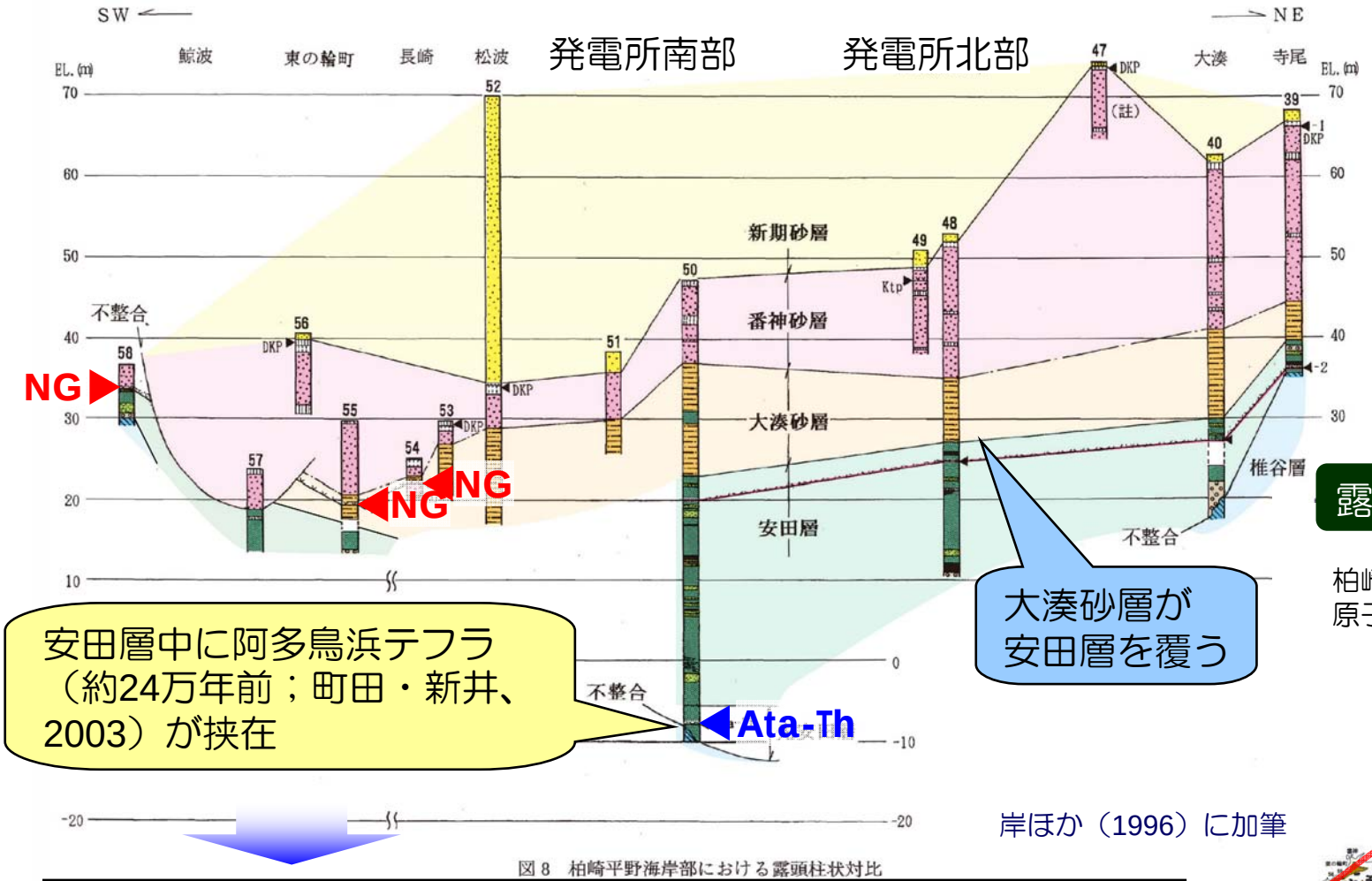
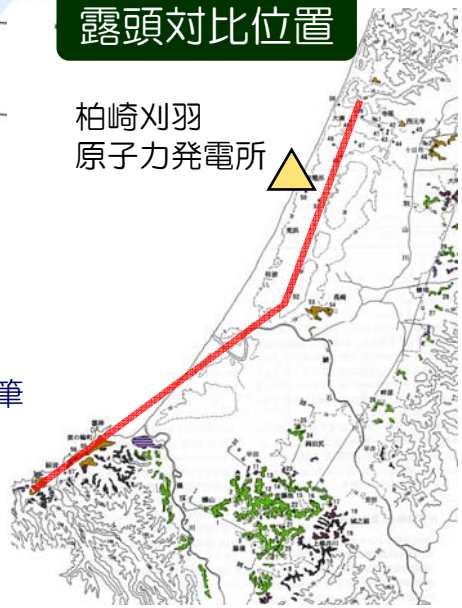



図 8　柏崎平野海岸部における露頭柱状対比

岸ほか（1996）に加筆

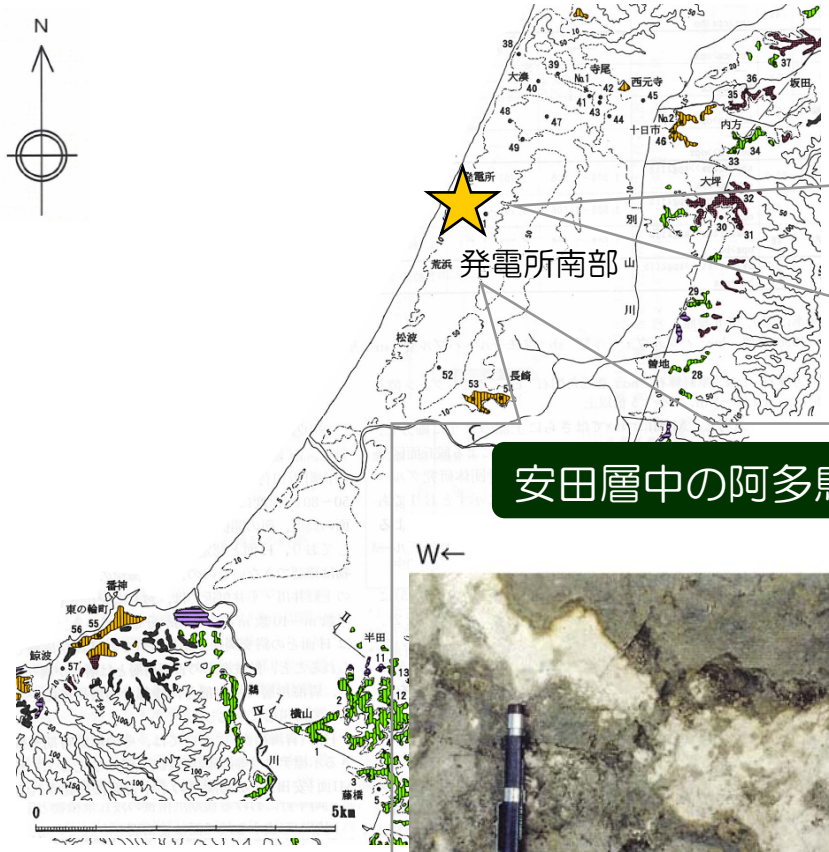
## 露頭対比位置




安田層と層相に顕著な差はないものの、青海川層あるいはそれよりも古い地層が伏在している可能性が高い

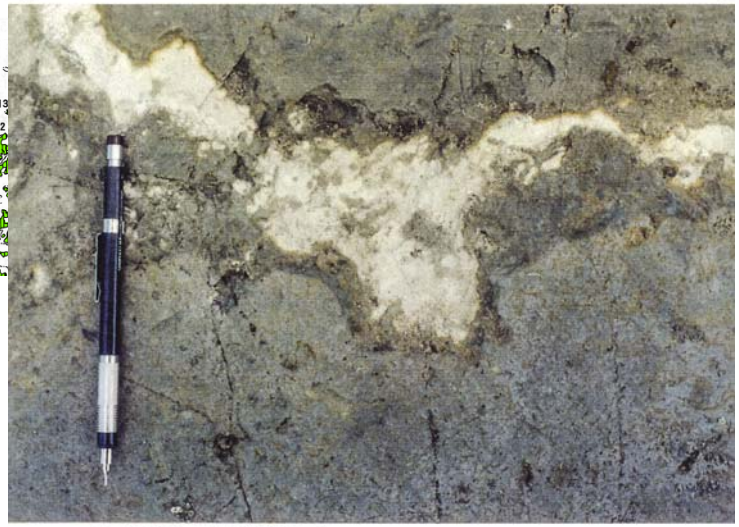

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# ＜参考＞露頭写真（大湊砂層・安田層・阿多鳥浜テフラ）




岸ほか（1996）に加筆

## 安田層中の阿多鳥浜テフラ




Loc.50（3号炉本館掘削法面）
安田層中に挟在する白色ガラス質火山灰.。同火山灰層は鉱物・ガラス組成，屈折率などから阿多鳥浜テフラに同定される。

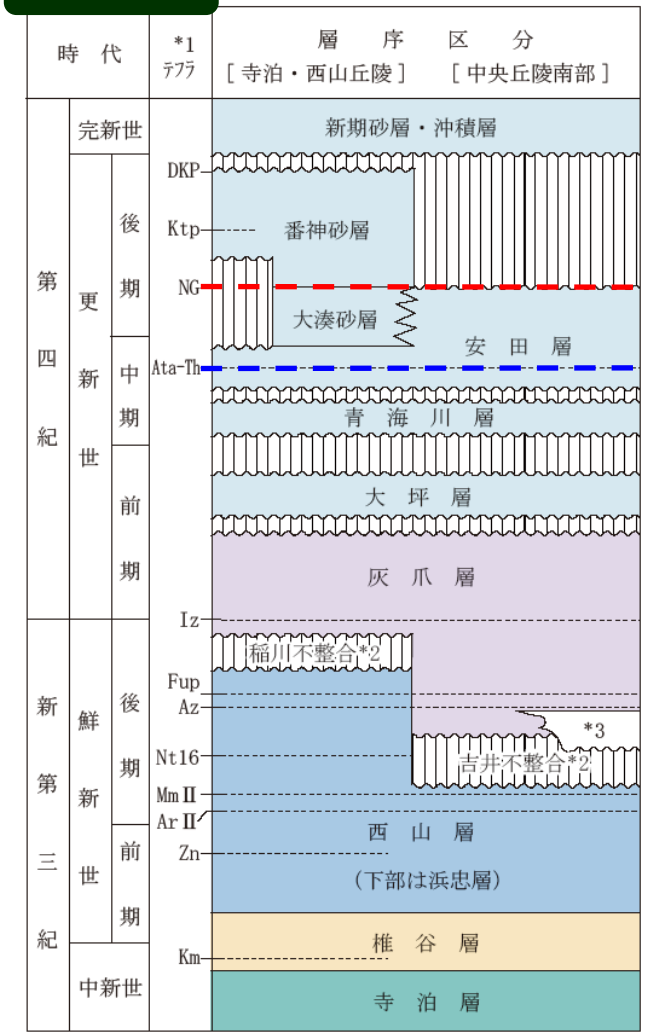
## 大湊砂層と安田層との境界

Loc.50（2号機造成法面）
大湊砂層と安田層との境界。


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 敷地近傍と敷地内との地質層序の対比

敷地近傍




中子軽石層
（MIS5eの離水面）

阿多鳥浜テフラ
（約24万年前）

敷地内の安田層は、粗粒から細粒に変化する堆積サイクルが認められることから、下位から$A_1$、$A_2$、$A_3$及び$A_4$部層に区分

敷地内

| 時代 | | | 地層名 | 主な層相・岩質 |
|---|---|---|---|---|
| 第四紀 | 完新世 | | 新期砂層 | 上部は灰白色の細～中粒砂<br>下部は茶褐色の細～中粒砂，腐植物を含む |
| | 更新世 | 後期 | 番神砂層 | 灰白色～赤褐色の中～粗粒砂 |
| | | | 大湊砂層 | 褐色～黄褐色の中～粗粒砂，<br>シルトの薄層を含む |
| | | | 安田層 $A_4$部層 | 最上部は砂<br>粘土～シルト，砂を多く挟む |
| | | | 安田層 $A_3$部層 | 粘土～シルト<br>縞状粘土，有機物，砂を伴う，貝化石を含む |
| | | | 安田層 $A_2$部層 | 粘土～シルト<br>砂，厚い砂礫，有機物を挟む |
| | | | 安田層 $A_1$部層 | 粘土～シルト<br>砂，砂礫を挟む |
| | | 中期 | 灰爪層 | 凝灰質泥岩，凝灰質砂岩，凝灰岩 |
| 新第三紀 | 鮮新世 | 後期 | 西山層 $N_3$部層 | 砂質泥岩<br>砂岩，凝灰岩，ノジュールを挟む<br>貝化石を含む |
| | | | 西山層 $N_2$部層 | シルト質泥岩<br>縞状泥岩，凝灰岩，ノジュールを多く挟む |
| | | 前期 | 西山層 $N_1$部層 | シルト質～粘土質泥岩<br>砂岩，凝灰岩，ノジュールを挟む<br>珪質海綿化石を含む |
| | 中新世 | 後期 | 椎谷層 | 砂岩，砂岩・泥岩互層，細礫岩等を挟む |
| | | 中期 | 寺泊層 | 黒色泥岩，砂岩・泥岩互層 |

〰 不整合
⌐ 指交

*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。


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 小　括

- 敷地周辺の活断層としては、陸域では長岡平野西縁断層帯など、海域ではF－B断層などが分布しているが、敷地及び敷地近傍にリニアメントは判読されず、活断層は分布していない。

- 柏崎平野周辺において最も広く分布するM$_{I}$面は、大湊砂層あるいは安田層上部層から構成される。

- 大湊砂層上限面付近に中子軽石層が挟在すること、安田層が谷埋め性堆積物からなることから、大湊砂層上限面及び安田面（安田層上部層から構成される段丘面）は下末吉面（MIS5e）に対比され、断層の活動性を検討する上での示標になると考えられる。

- 敷地内の安田層は、大湊砂層の下位に分布しており、阿多鳥浜テフラを挟在することから、MIS7の地層を含んでいると考えられる。


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1. 敷地及び敷地近傍における中部・上部更新統の地質層序

2. 真殿坂断層の評価

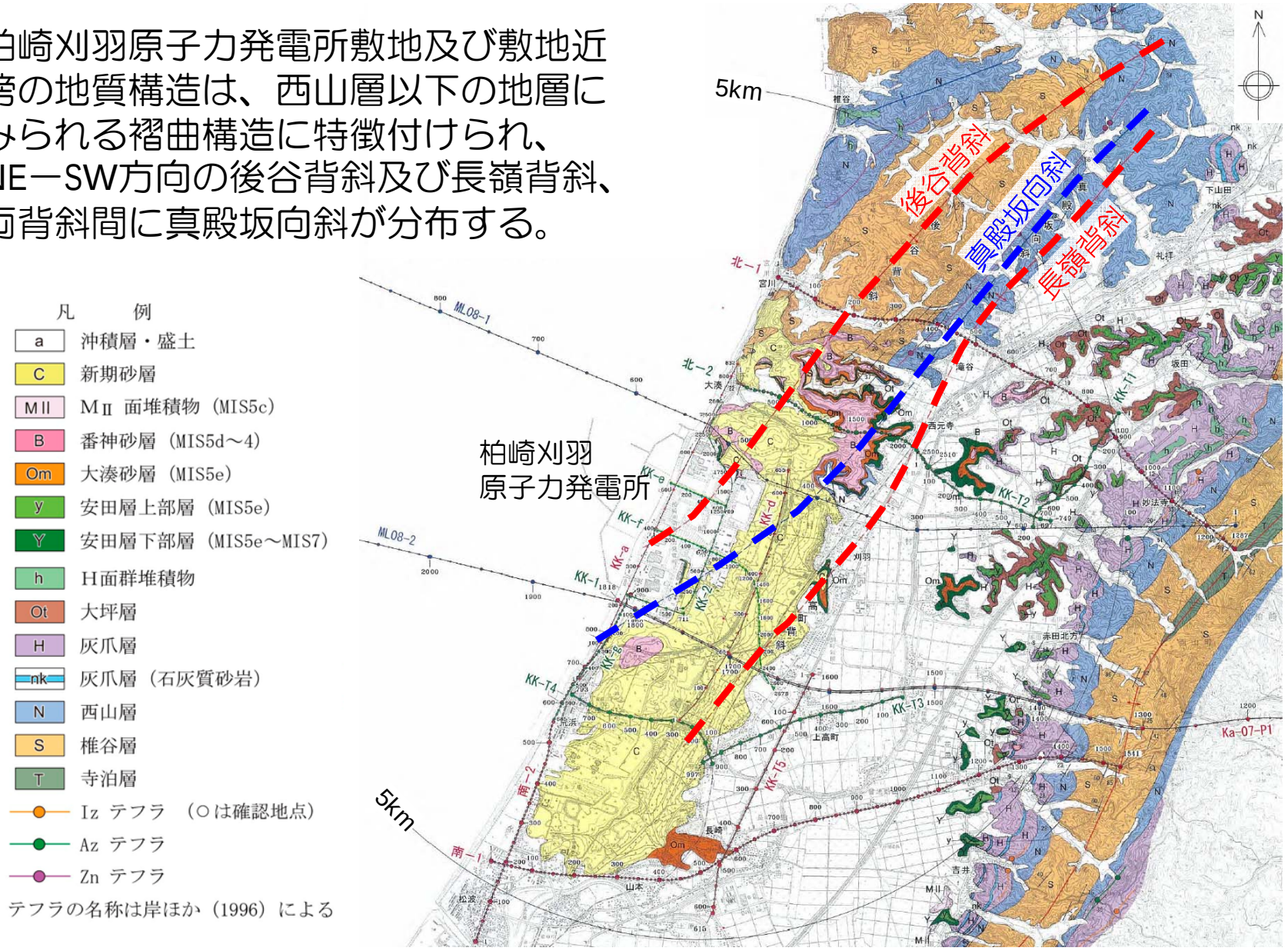
3. 敷地内断層の評価

4. まとめ


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

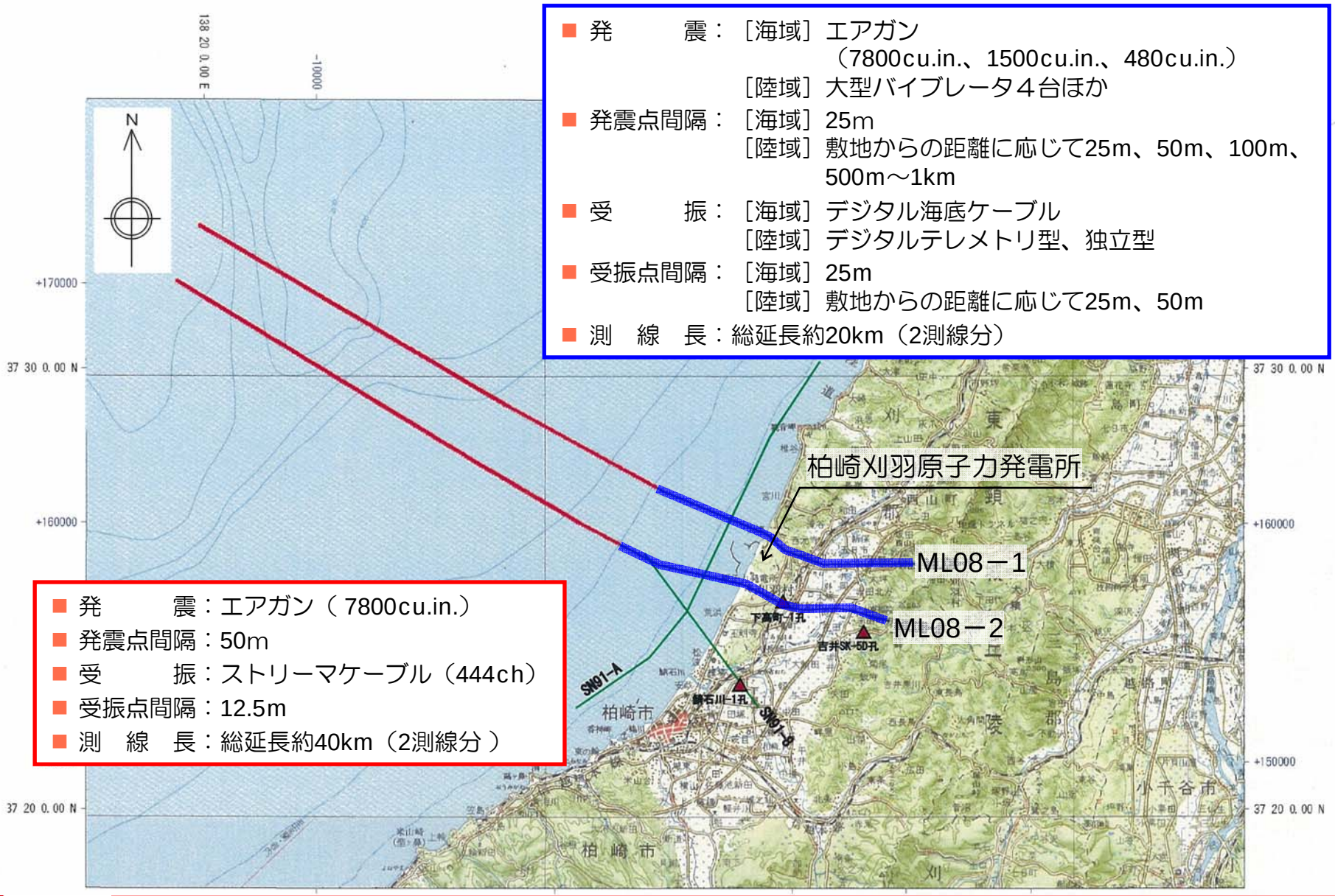
# 敷地及び敷地近傍の地質・地質構造

- 柏崎刈羽原子力発電所敷地及び敷地近傍の地質構造は、西山層以下の地層にみられる褶曲構造に特徴付けられ、NE－SW方向の後谷背斜及び長嶺背斜、両背斜間に真殿坂向斜が分布する。




無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 反射法地震探査結果（陸域～海域の測線位置図）



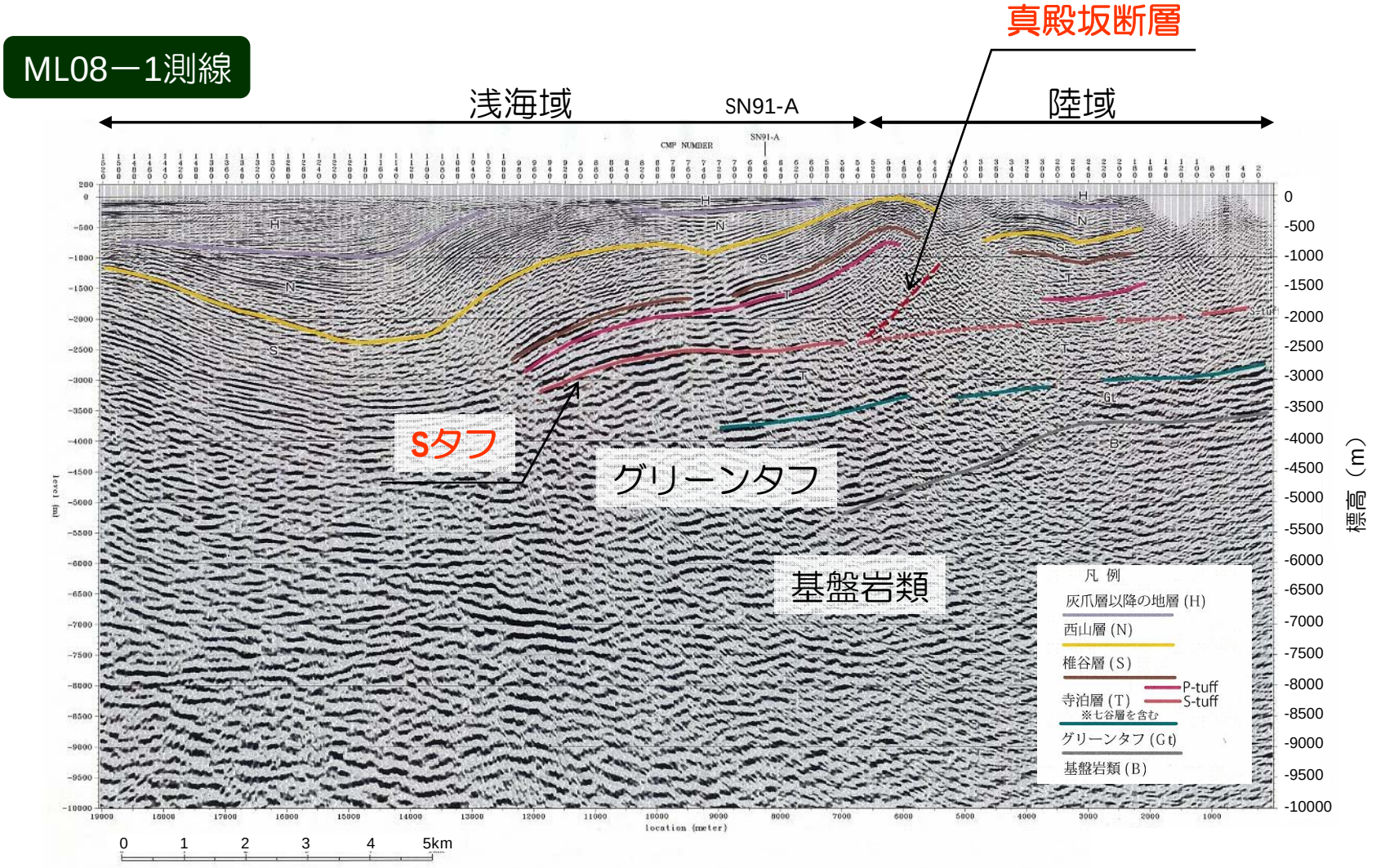

- 発　　震：［海域］エアガン
  （7800cu.in.、1500cu.in.、480cu.in.）
  ［陸域］大型バイブレータ４台ほか
- 発震点間隔：［海域］25m
  ［陸域］敷地からの距離に応じて25m、50m、100m、500m～1km
- 受　　振：［海域］デジタル海底ケーブル
  ［陸域］デジタルテレメトリ型、独立型
- 受振点間隔：［海域］25m
  ［陸域］敷地からの距離に応じて25m、50m
- 測　線　長：総延長約20km（2測線分）

- 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 ）


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 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。

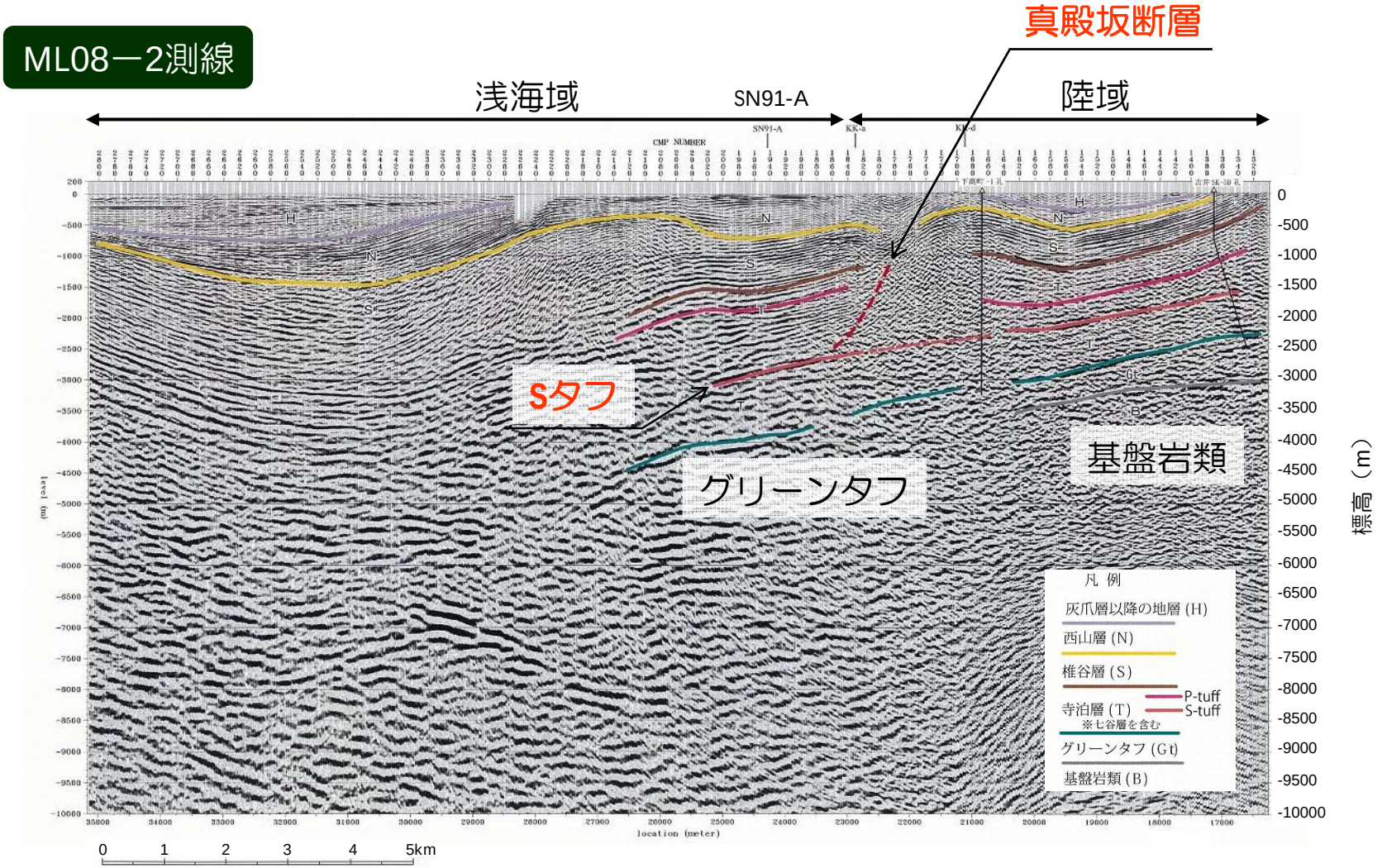




無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 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。

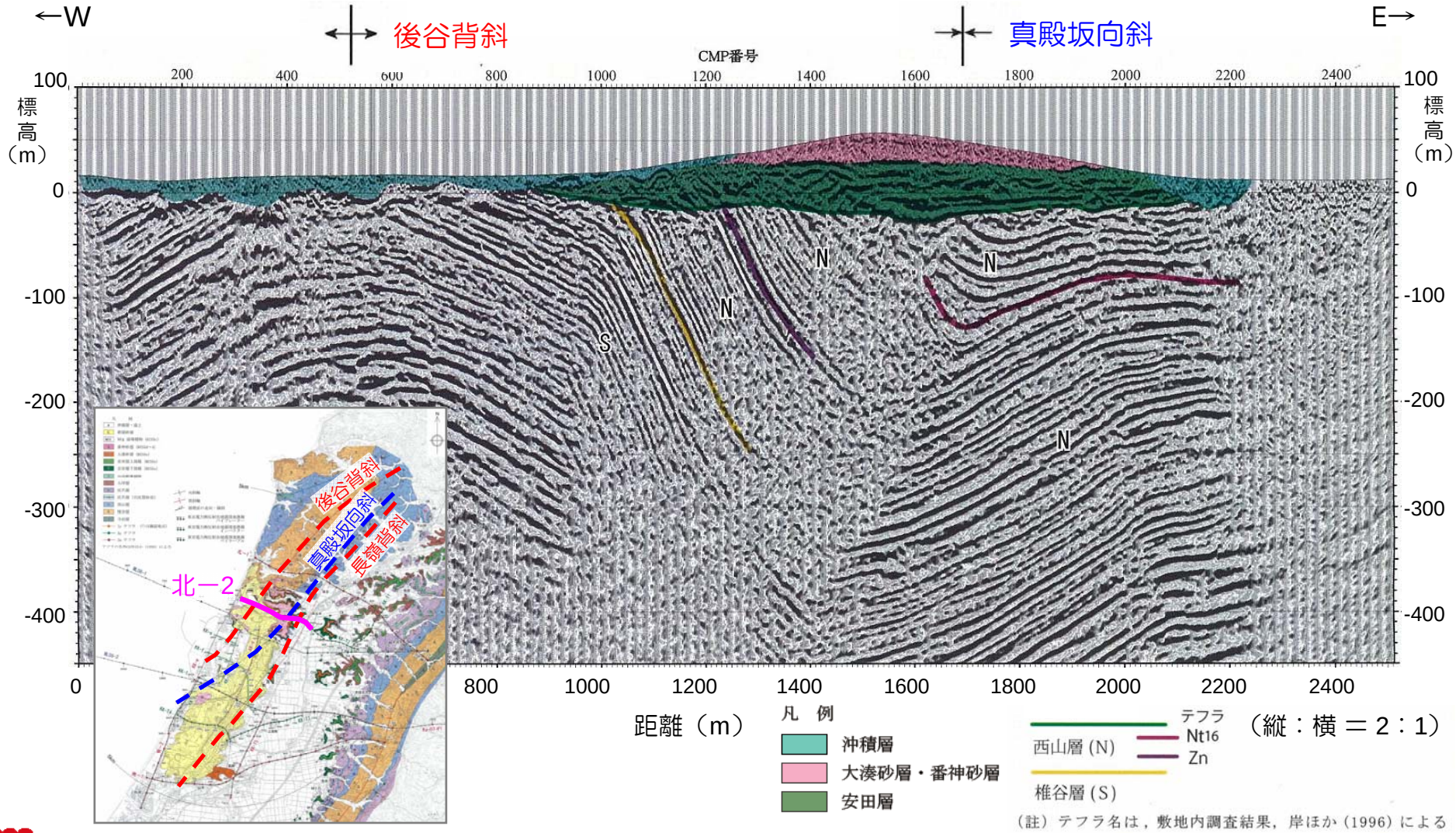





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 反射法地震探査結果（北－2測線）

- 西山層中に西傾斜の逆断層あるいは西側の翼が急傾斜を示す非対称な向斜構造が確認され、安田層以上の地層に不整合に覆われる。



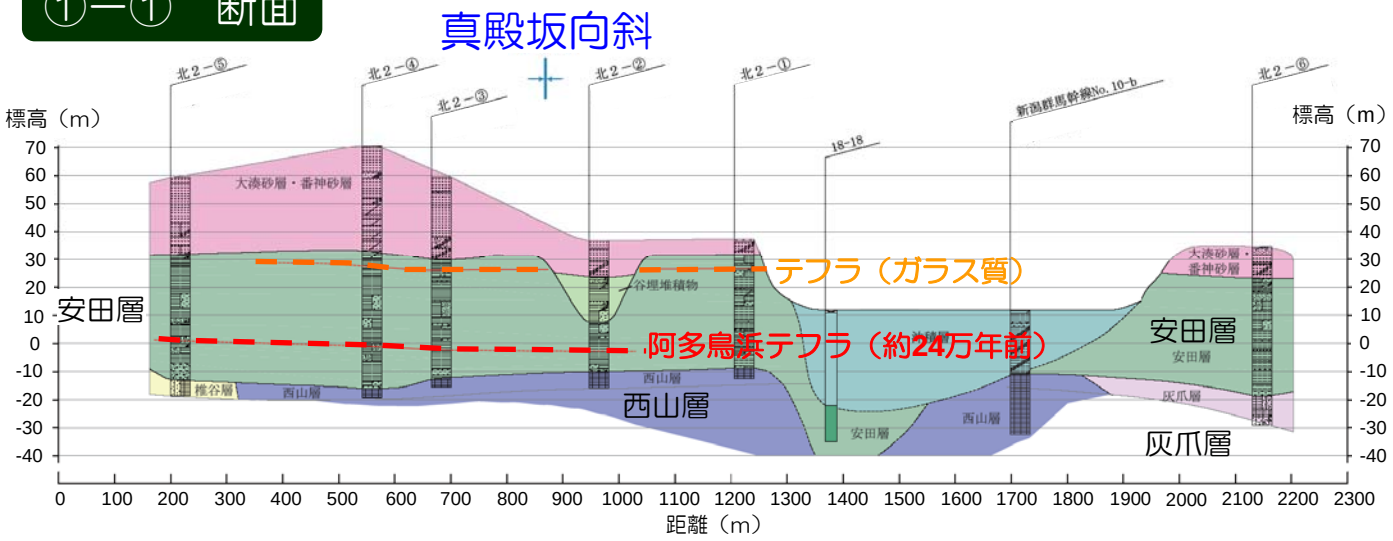


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

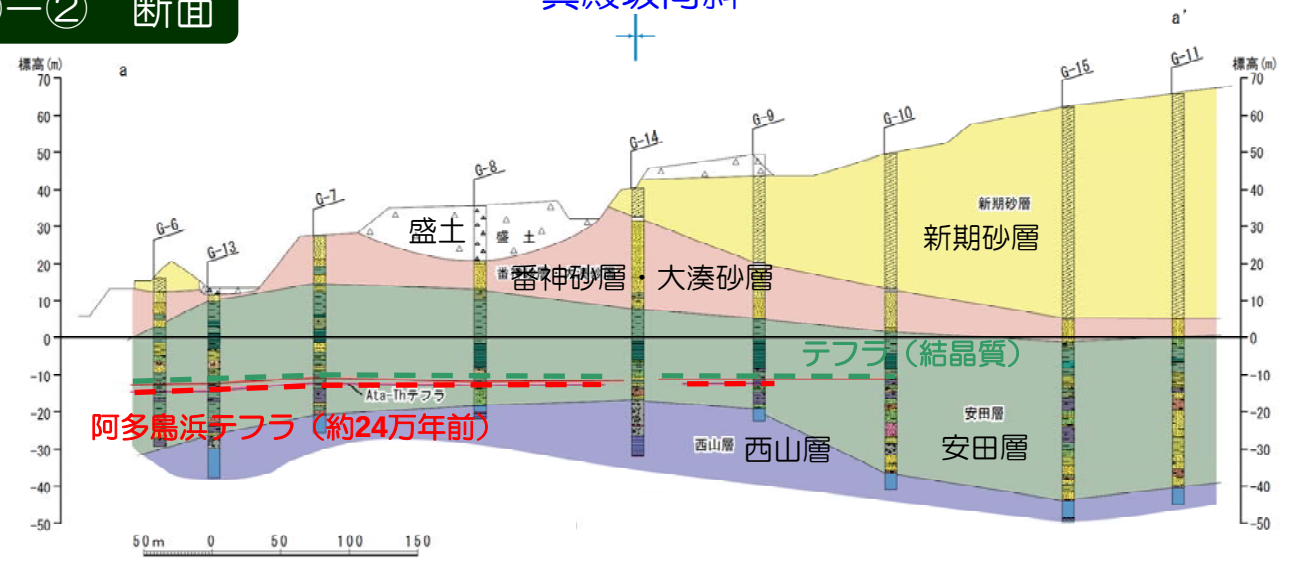
# ボーリング調査結果

- ボーリング調査の結果によると、阿多鳥浜テフラ等の火山灰層が真殿坂向斜を挟んでほぼ水平に分布している。

①—①’ 断面




②—②’ 断面





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 小　括

- 反射法地震探査の結果によると、真殿坂向斜の深部に想定される真殿坂断層はSタフに収斂しており、向斜構造は安田層以上の地層に不整合に覆われている。

- ボーリング調査の結果によると、真殿坂向斜を挟んで安田層中に挟在する阿多鳥浜テフラなどがほぼ水平に分布している。

- 以上のことから、真殿坂断層は耐震設計上考慮すべき活断層ではないと判断される。


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1. 敷地及び敷地近傍における中部・上部更新統の地質層序

2. 真殿坂断層の評価

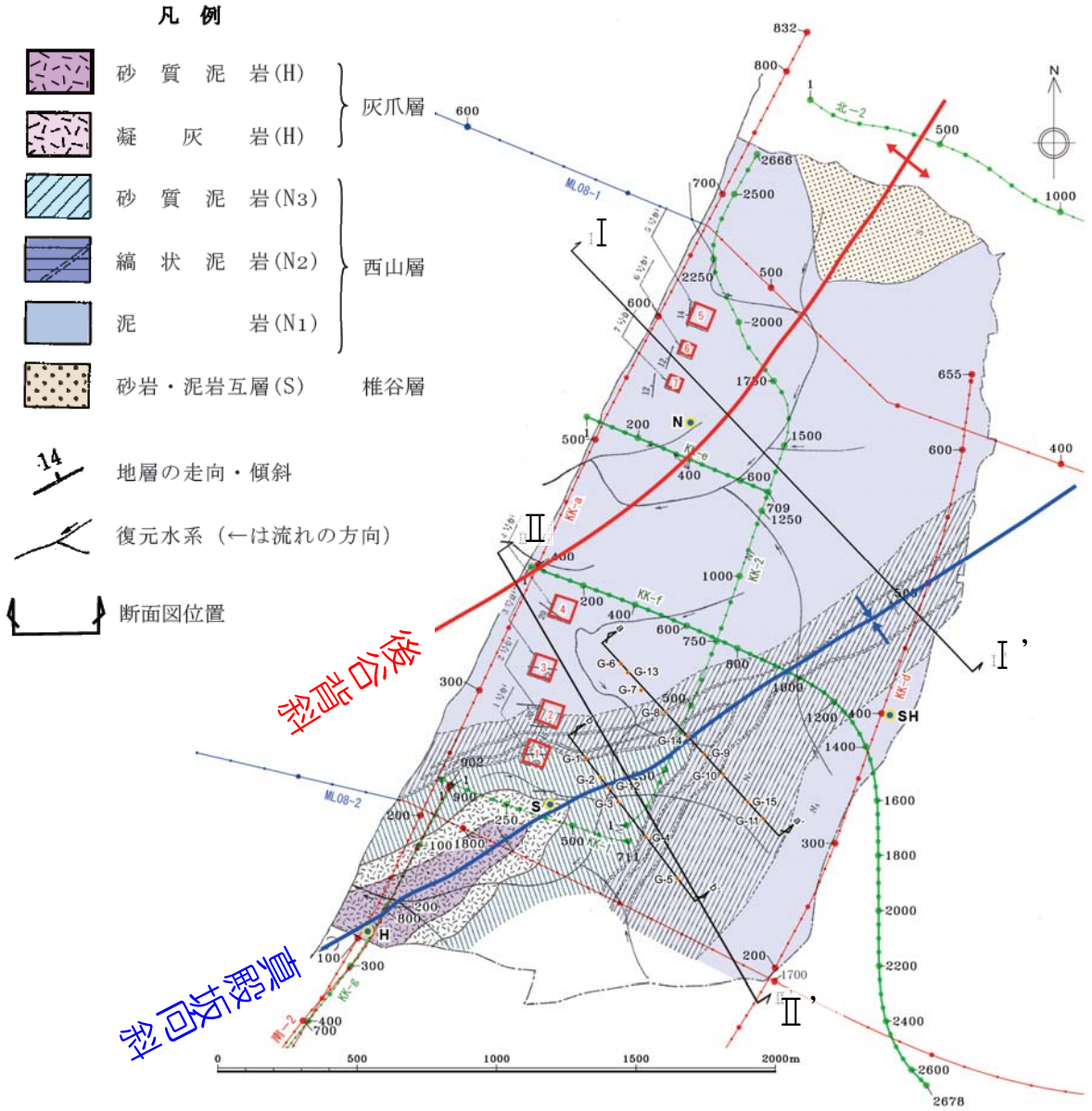
3. 敷地内断層の評価

4. まとめ


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 敷地内の地質構造図

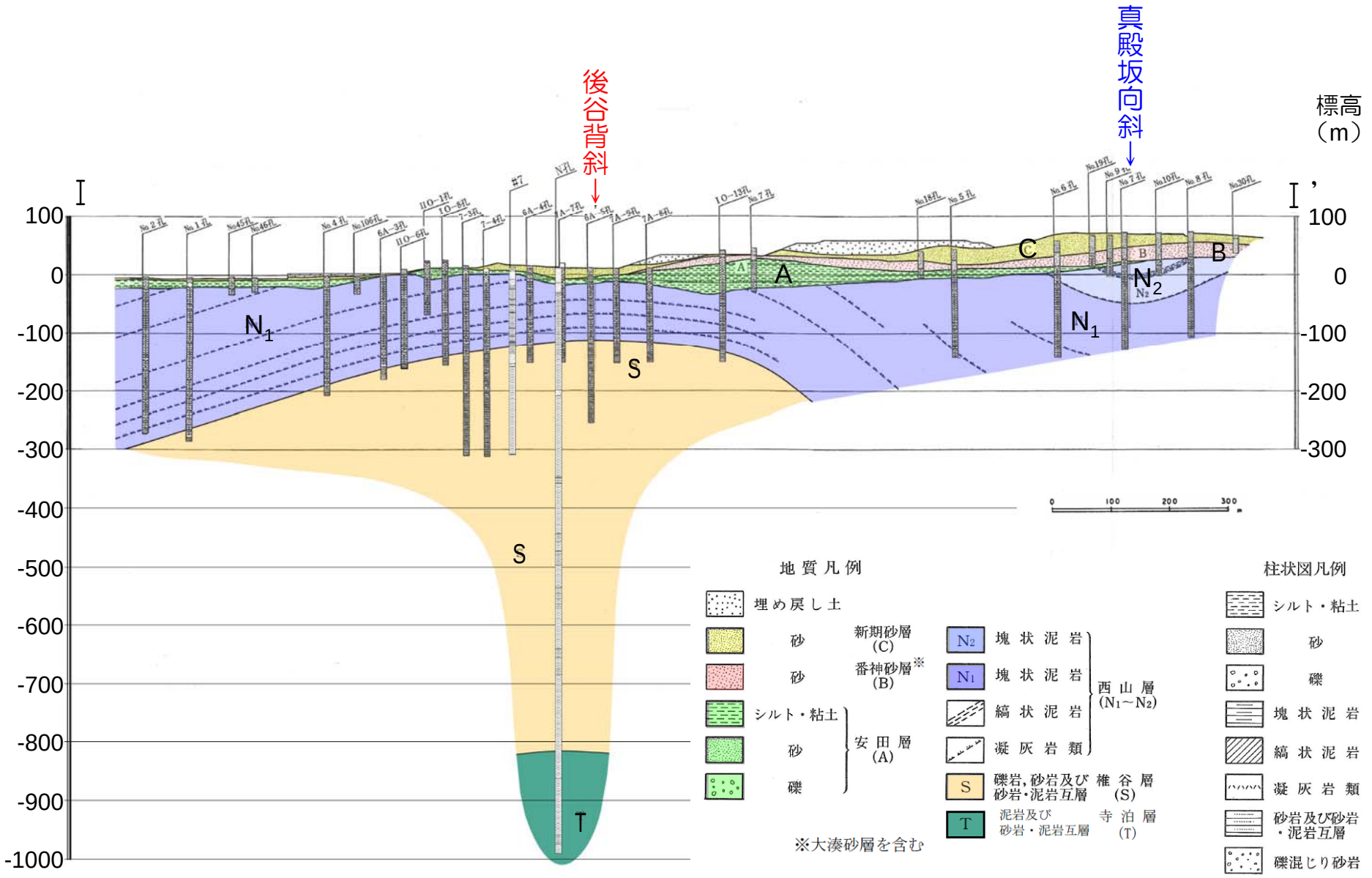
- 敷地北部では椎谷層が上位の西山層に囲まれて、敷地南西部では灰爪層が下位の西山層に囲まれて分布している。
- 後谷背斜及び真殿坂向斜は、NE－SW方向に連続し、全体としてSW方向にプランジしている。





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

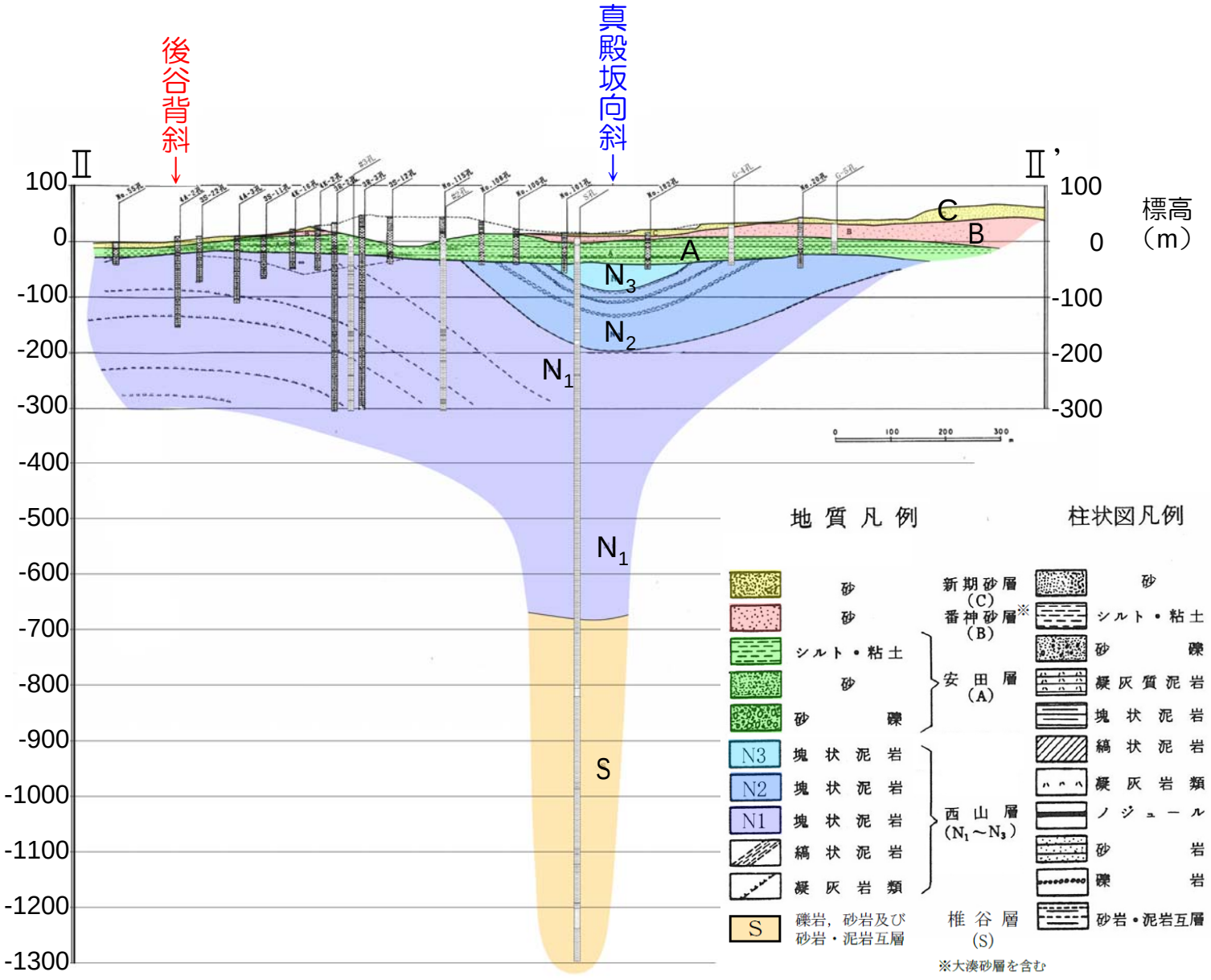
# 敷地内の地質断面図（Ⅰ－Ⅰ’断面）





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 敷地内の地質断面図（Ⅱ－Ⅱ’断面）

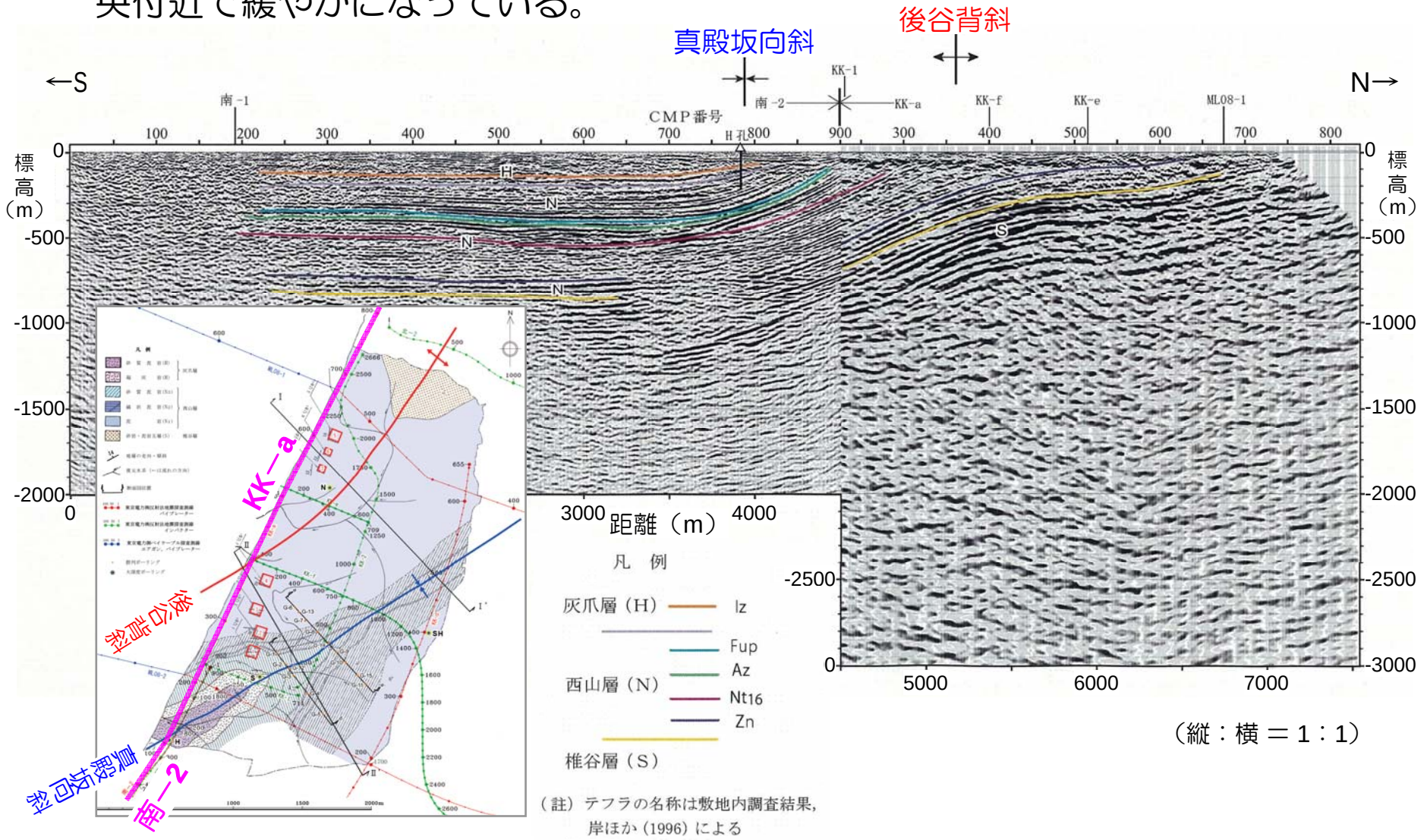




無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 反射法地震探査結果（南－2～KK－a測線）

- 真殿坂向斗及び後谷背斜は、海側へ連続するものの、それぞれ敷地南側及び中央付近で緩やかになっている。

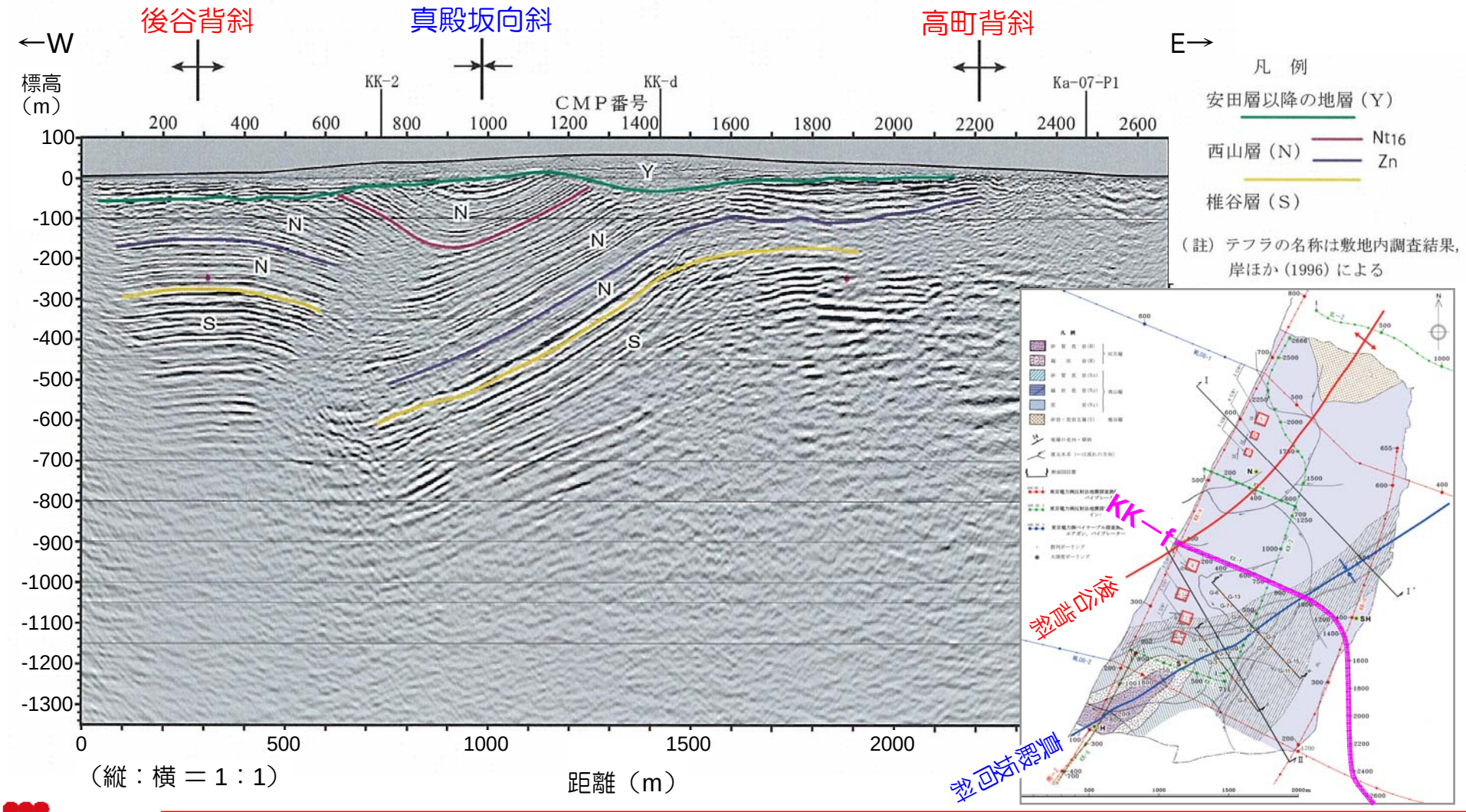




無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 反射法地震探査結果（KK－f測線）

- 西山層以下の地層に認められる褶曲構造は、安田層以上の地層に不整合に覆われている。

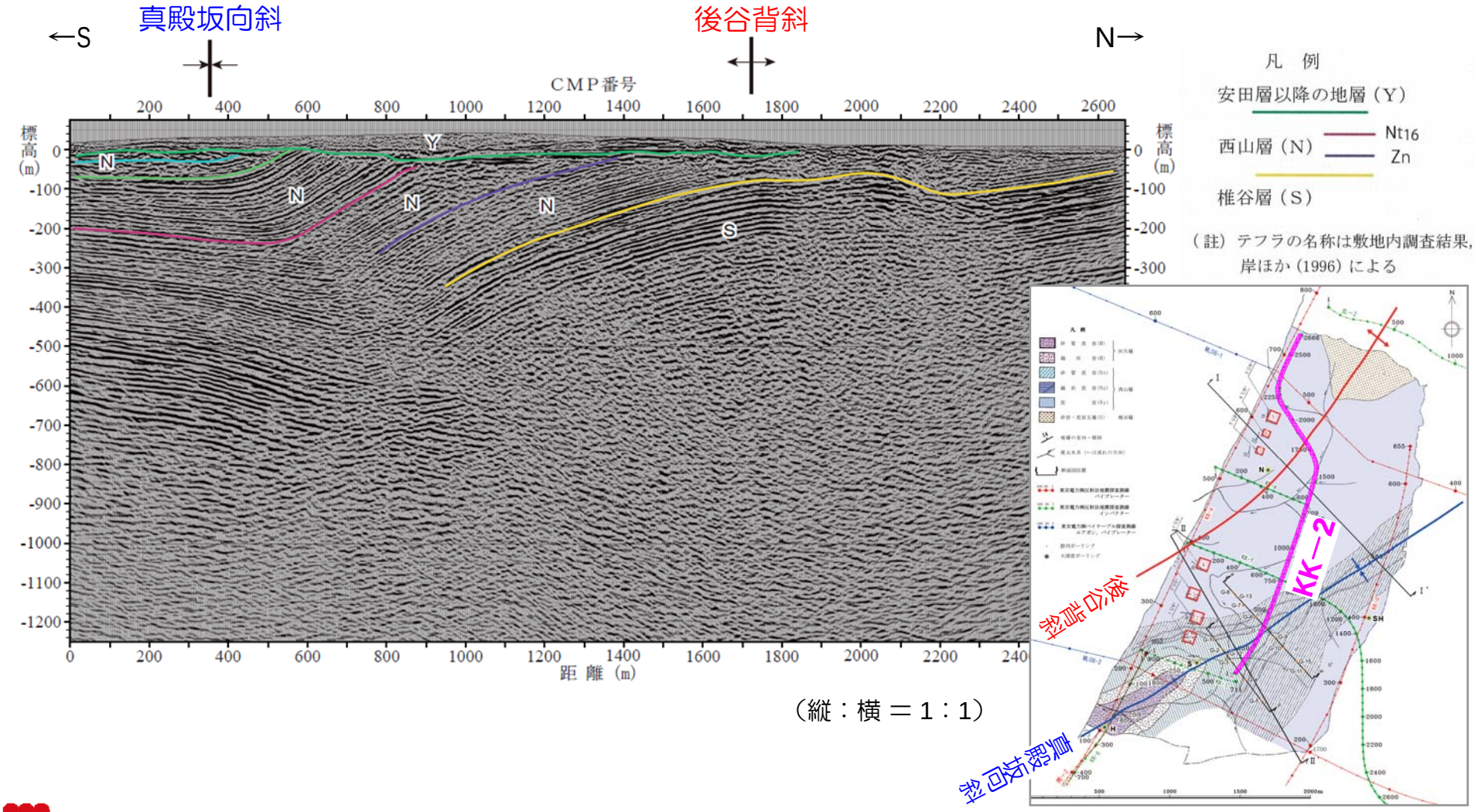




無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 反射法地震探査結果（KK－2測線）

- 西山層以下の地層に認められる褶曲構造は、安田層以上の地層に不整合に覆われている。

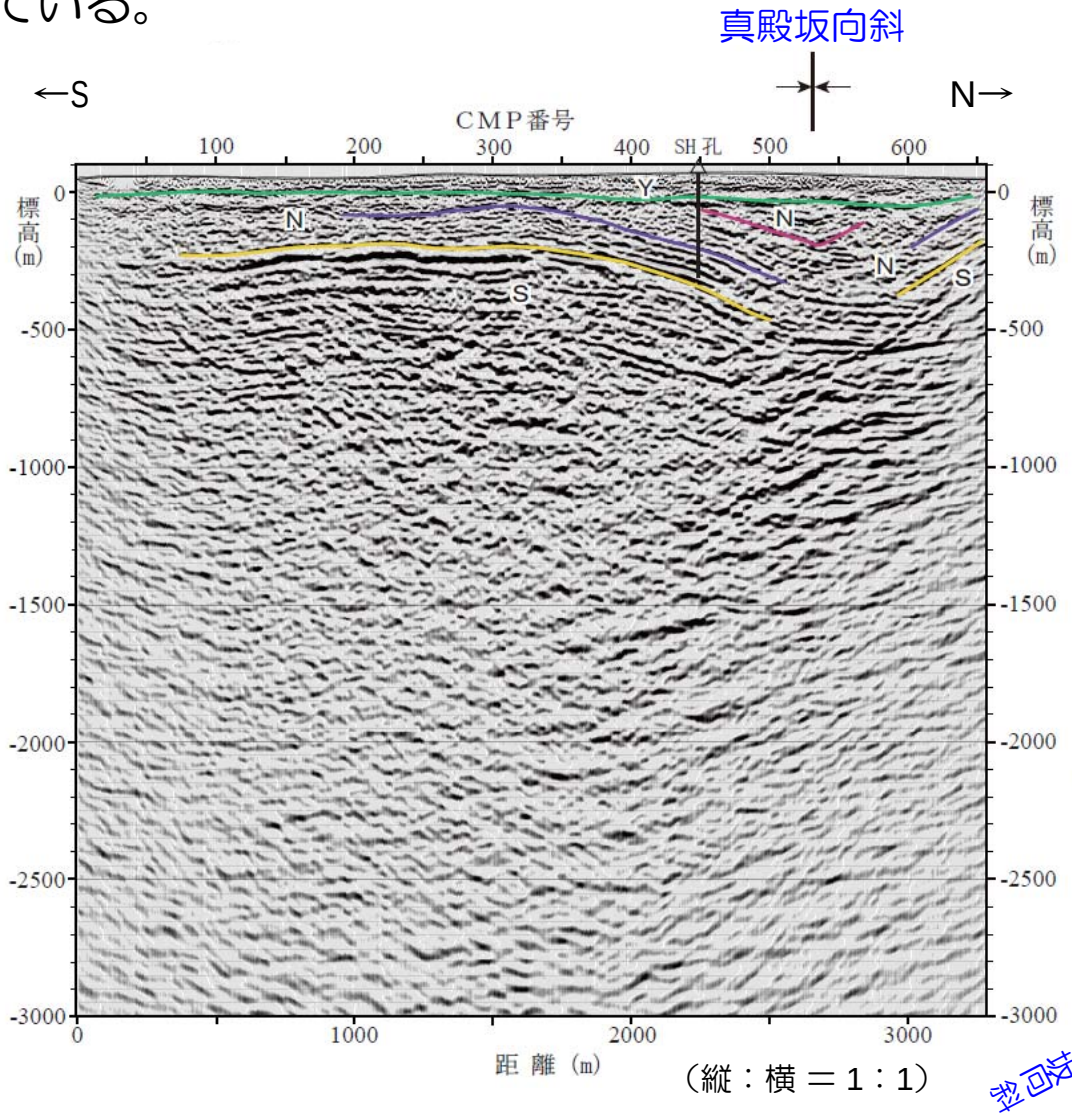



（縦：横 ＝ 1：1）


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 反射法地震探査結果（KK－d測線）

- 西山層以下の地層に認められる真殿坂向斜は、安田層以上の地層に不整合に覆われている。



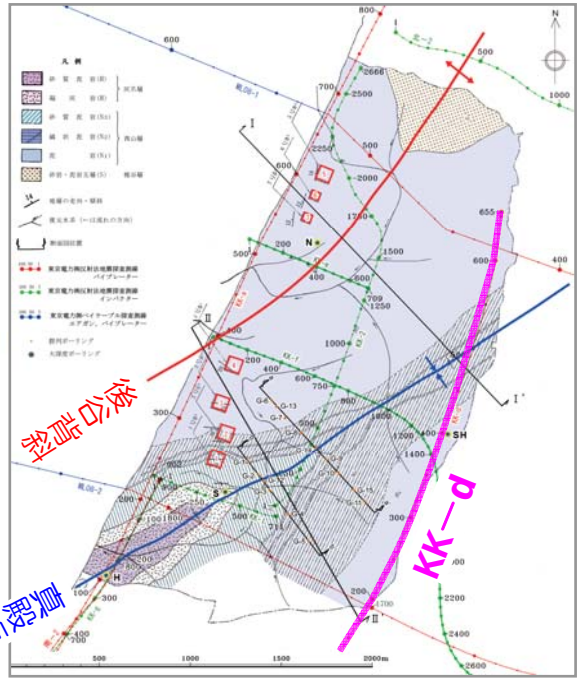

凡　例

安田層以降の地層（Y）

西山層（N）　Nt16　Zn

椎谷層（S）

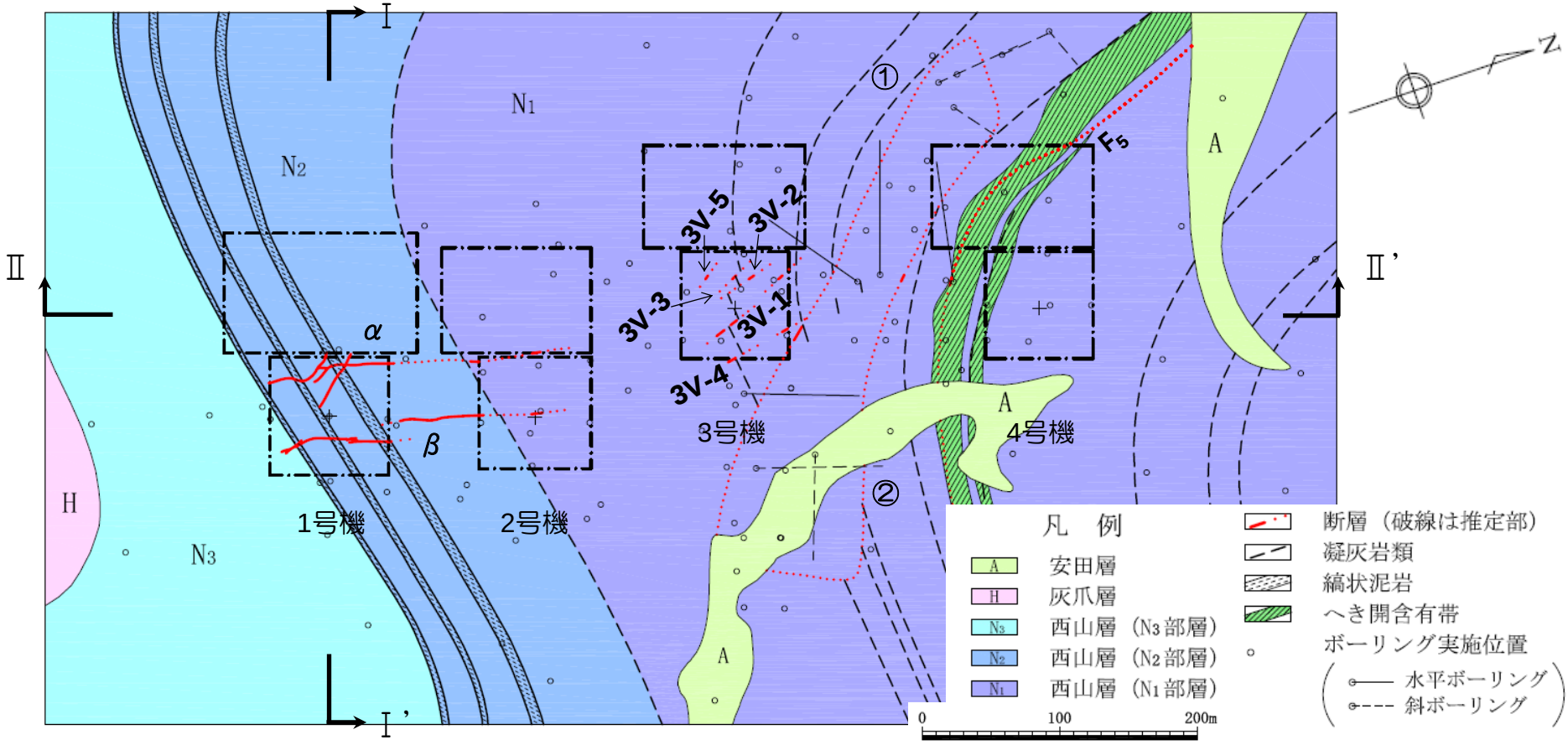
（註）テフラの名称は敷地内調査結果，岸ほか（1996）による



# 敷地内断層（1～4号機側、地質水平断面図）

- 1・2号機側には、褶曲軸と斜交する高角系断層のα・β断層が分布している。
- 3・4号機側には、褶曲軸と直交する高角系断層のV系断層、層理面に平行な低角系断層のF系断層及び環状を呈する地すべり性断層の①・②断層が分布している。

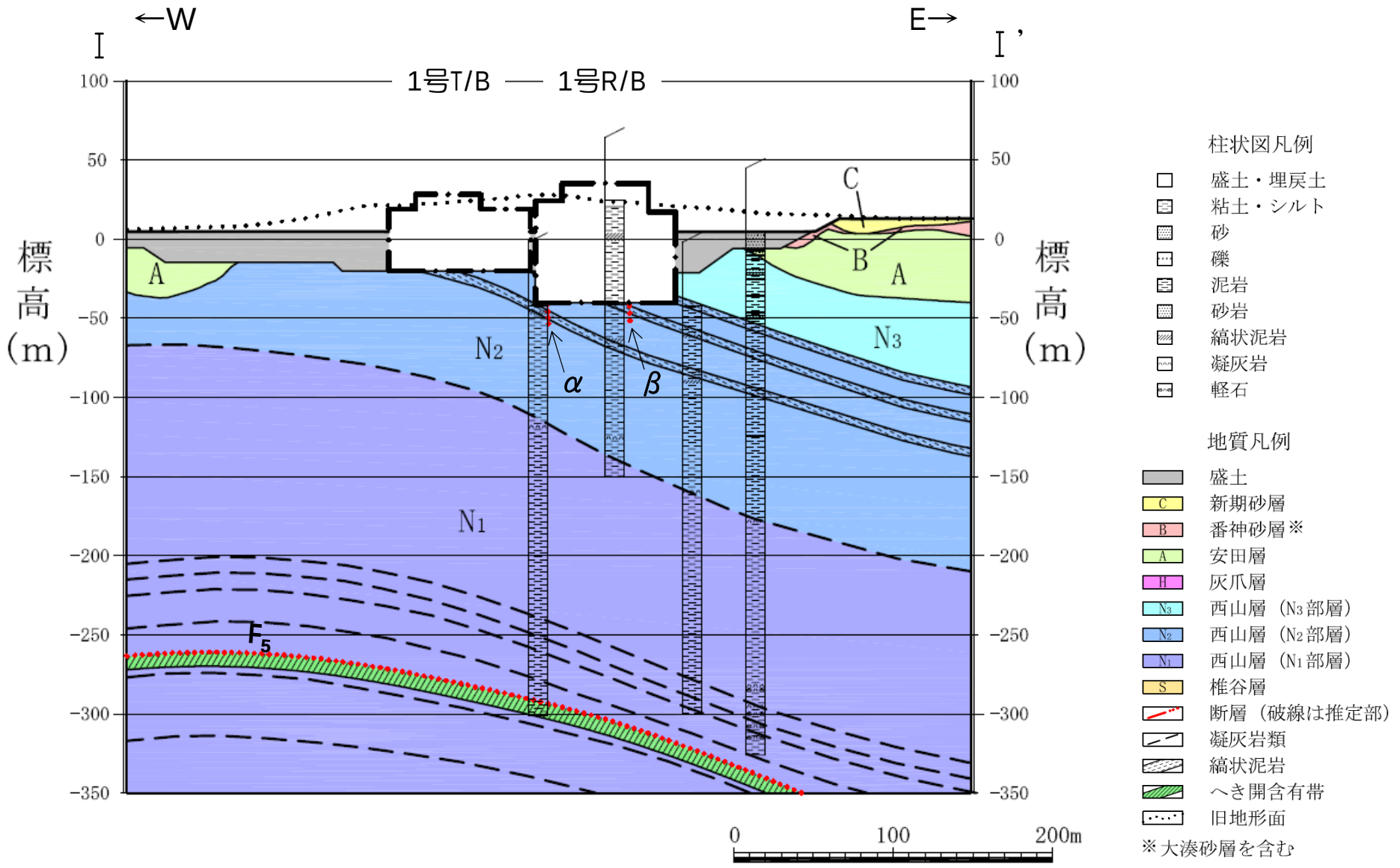
## 1・2号機原子炉建屋設置レベル（標高約－40m）の地質水平断面図





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

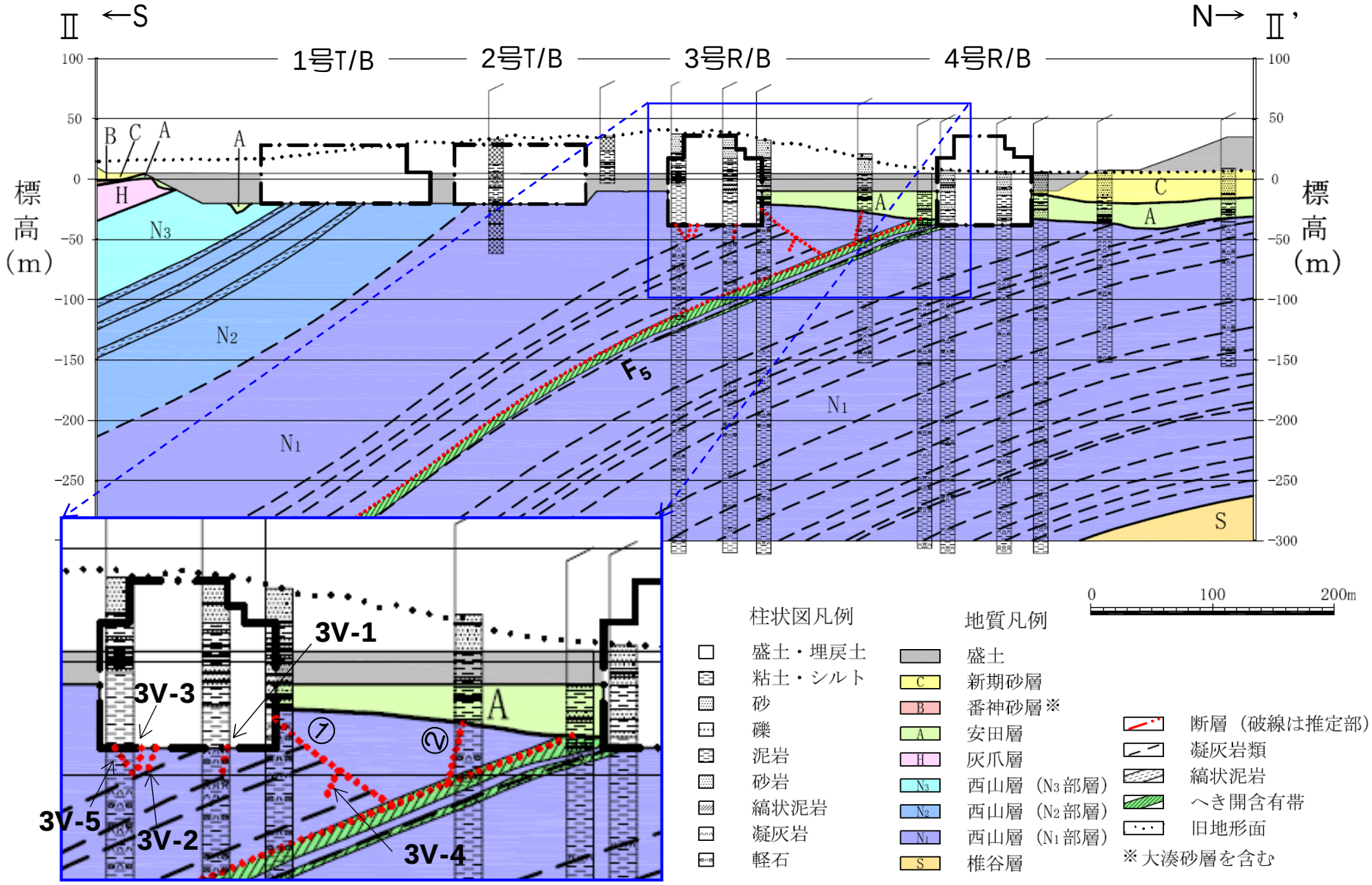
# 敷地内断層（1号炉心を通る汀線直交方向の地質鉛直断面図）





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 敷地内断層（3・4号炉心を通る汀線平行方向の地質鉛直断面図）



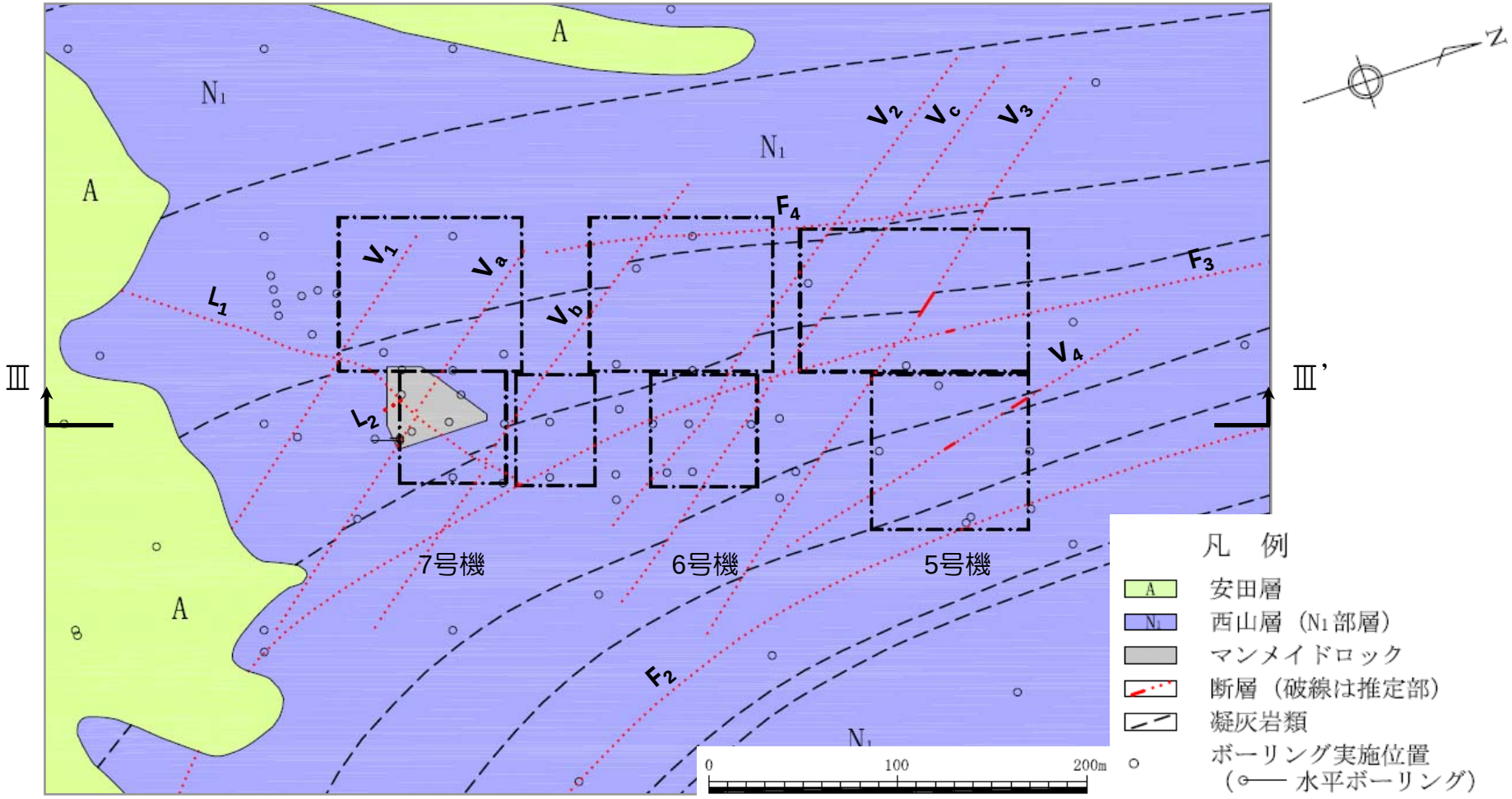


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 敷地内断層（5～7号機側）

- 5～7号機側には、褶曲軸と直交する高角系断層のV系断層、層理面に平行な低角系断層のF系断層、L系断層が分布している。

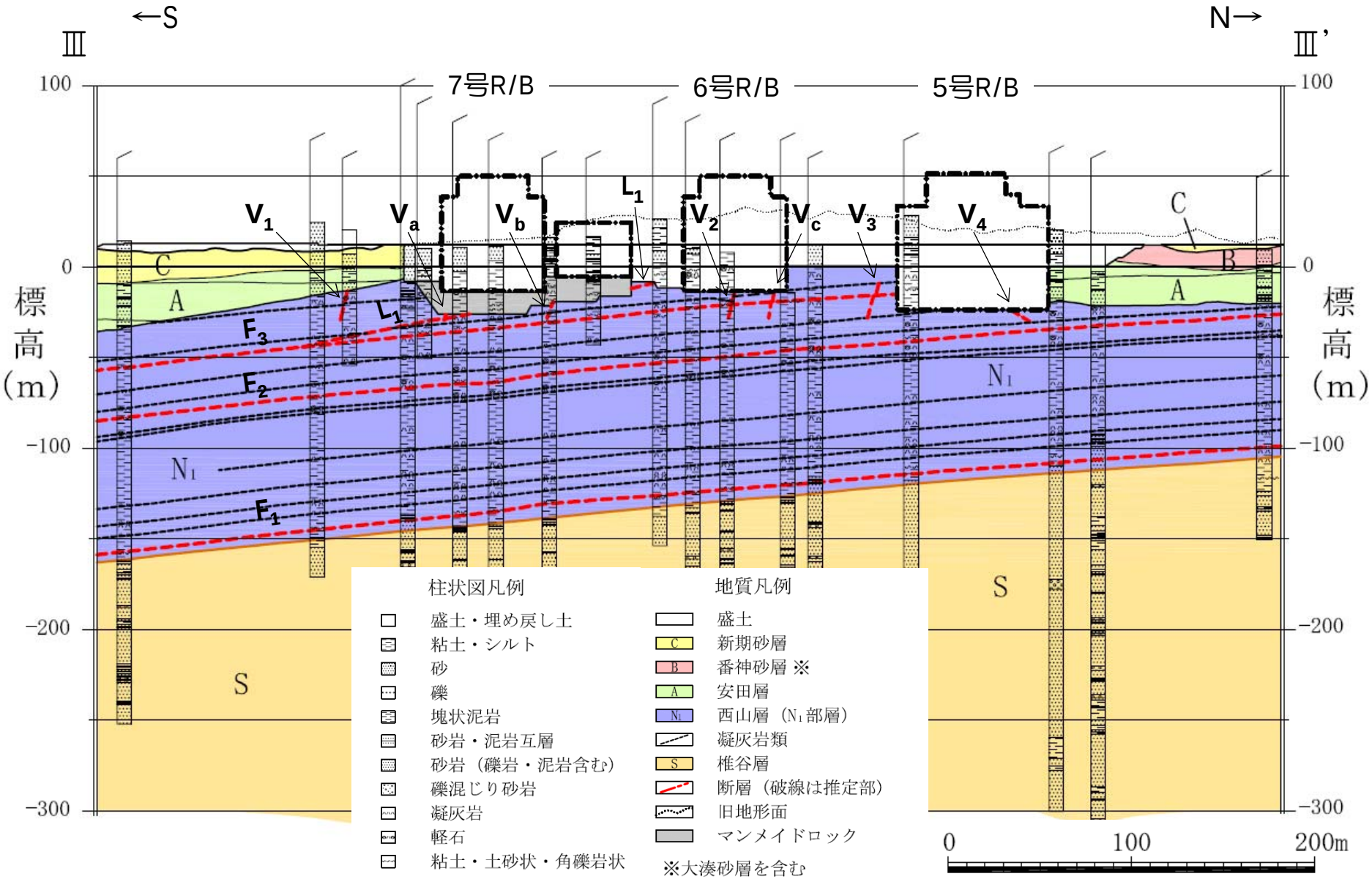
## 5号機原子炉建屋設置レベル（標高約－25m）の地質水平断面図





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 敷地内断層（6・7号炉心を通る汀線平行方向の地質鉛直断面図）

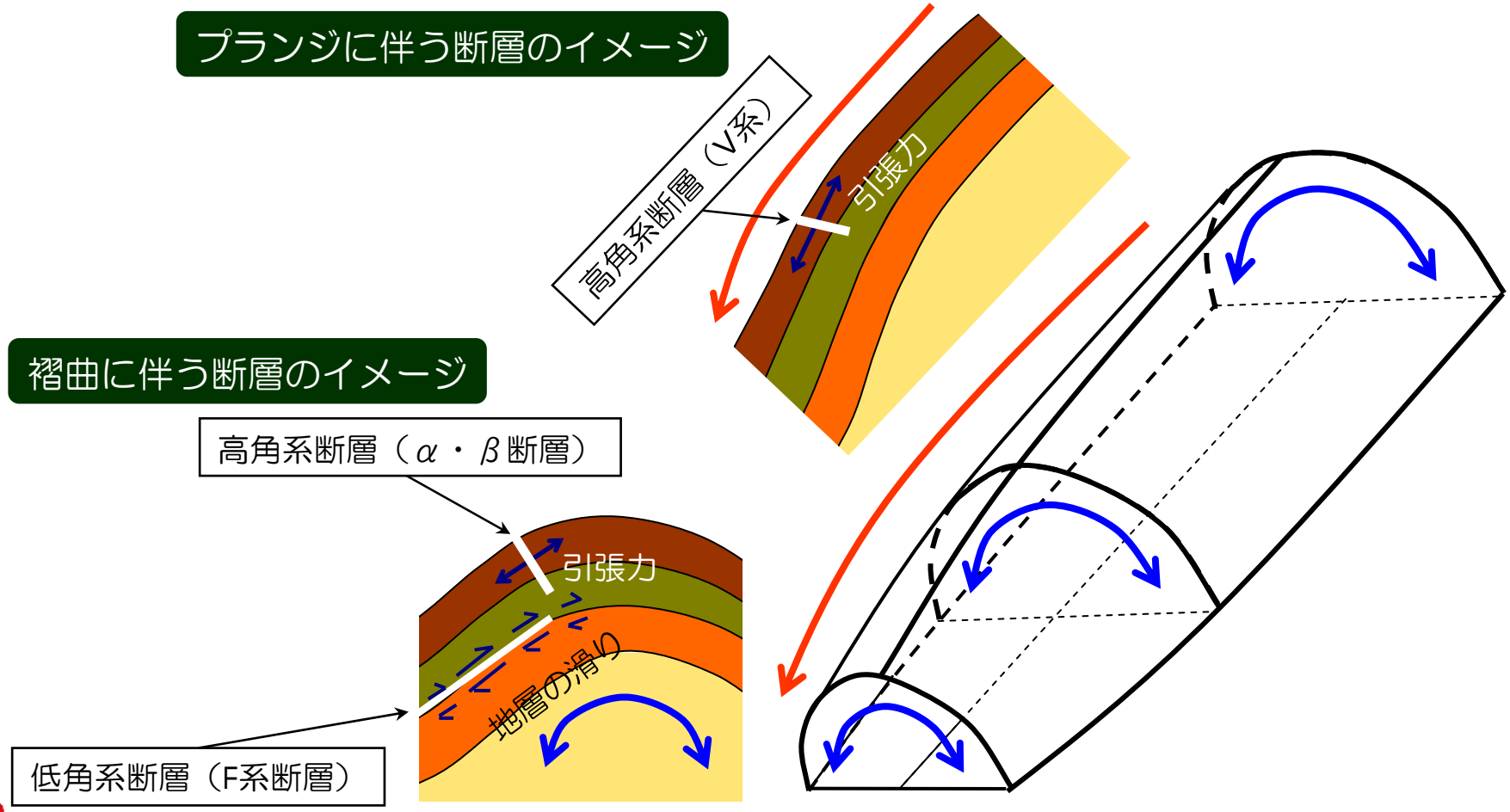




無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 敷地内断層と褶曲構造との関係

- 敷地内断層は、褶曲軸や層理面との関係から、褶曲軸に斜交する「高角系断層（α・β断層）」、褶曲軸に直交する「高角系断層（V系断層）」、層理面に平行な「低角系断層（F系断層）」等に分類され、地層が褶曲する際に形成された断層であり、地震を起こすようなものではないと考えられる。





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 敷地内断層の性状

■ 地質調査結果によると、最も浅部まで変位が及んでいるのはα・β断層である。

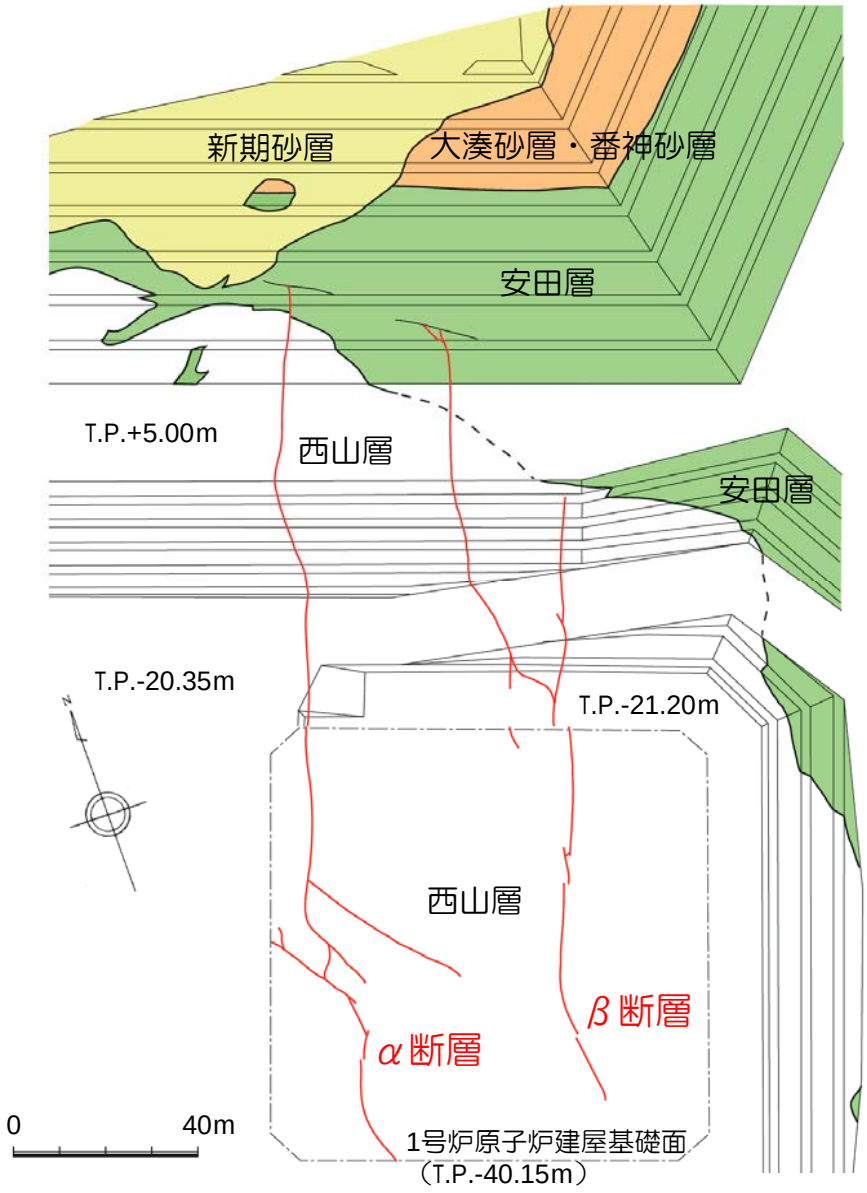
| 断層名 | 変位センス | 変位が及んでいない地層名※ |
|---|---|---|
| α・β断層 | 正断層 | 安田層$A_4$部層 |
| V系断層<br>（$V_1$～$V_4$、Va～Vc、3V-1～3V-5断層） | 正断層 | 安田層$A_3$部層 |
| F系断層<br>（$F_1$～$F_5$断層） | 逆断層 | 安田層$A_3$部層 |
| L系断層<br>（$L_1$、$L_2$断層） | 正断層（$L_1$断層）<br>逆断層（$L_2$断層） | 安田層$A_2$部層 |
| ①・②断層 | 正断層<br>（地すべり性断層） | 安田層$A_2$部層 |

※：V系断層、F系断層、①・②断層は、代表的な断層を選定して調査した結果


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 造成法面調査結果（α・β断層）

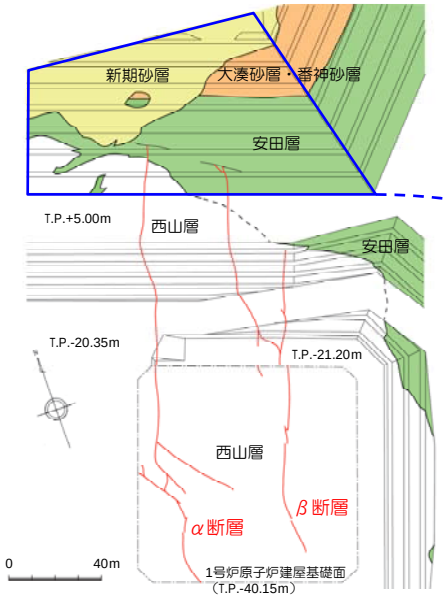
- α・β断層の分布状況及び上載地層（安田層）との関係については、1号機造成工事中の法面調査等において確認している。
- 確認されたα・β断層の長さは約210m～約220mである。



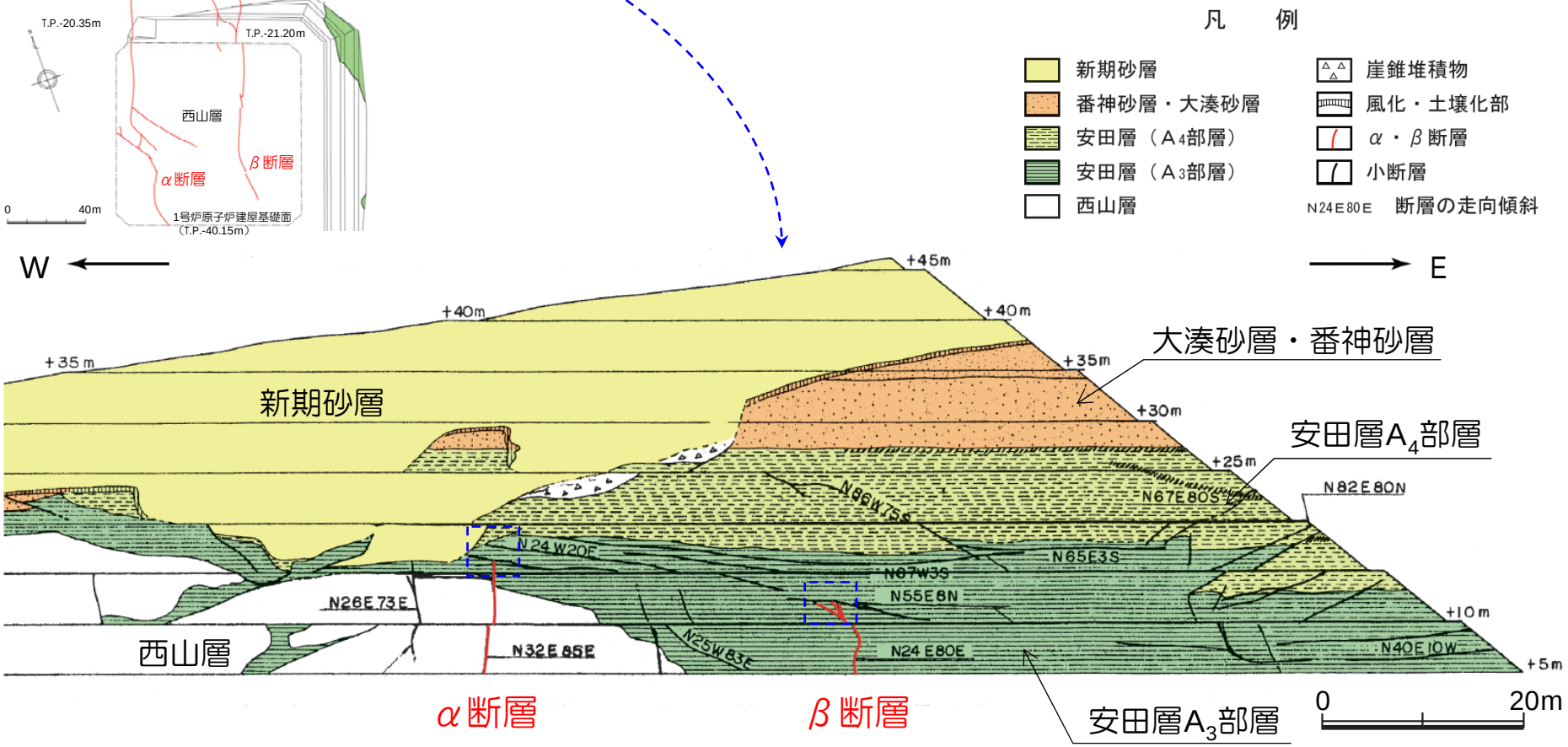


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 造成法面調査結果（α・β断層）




- 安田層$A_3$部層及び$A_4$部層中には、連続性に乏しい小規模な低角度断層がみられる。
- α・β断層は$A_3$部層中の小規模な低角度断層で止まっており、それより上方への延長は認められない。



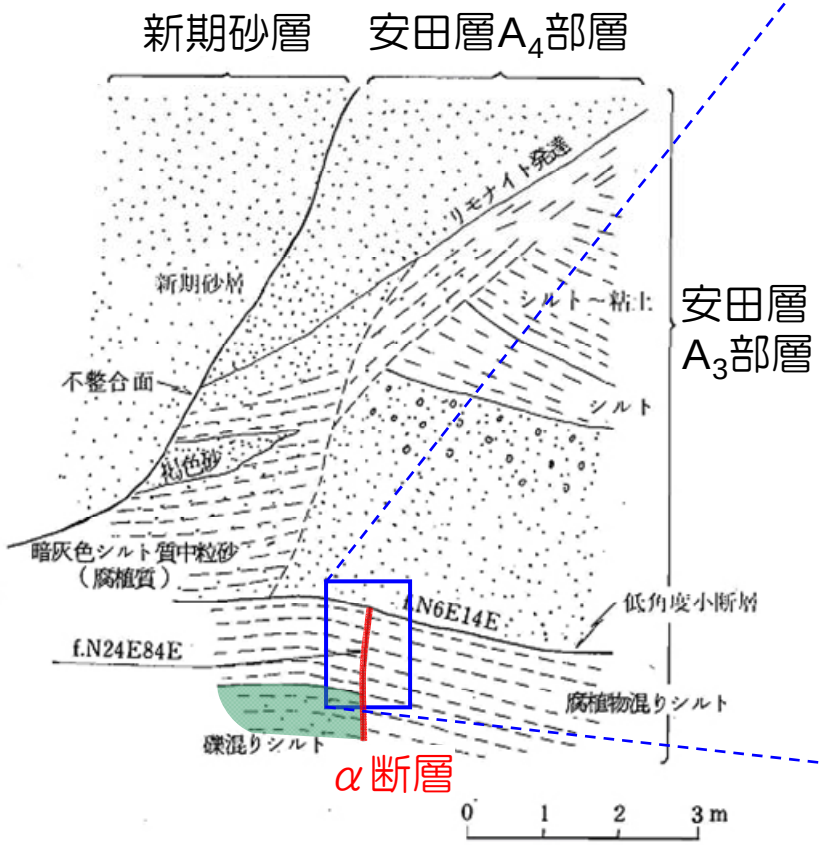

：次頁以降に示す詳細範囲


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 造成法面調査結果（α断層）

- α断層は安田層$A_3$部層中に分布する小規模な低角度断層で止まっており、これより上方への延長は認められない。

露頭スケッチ



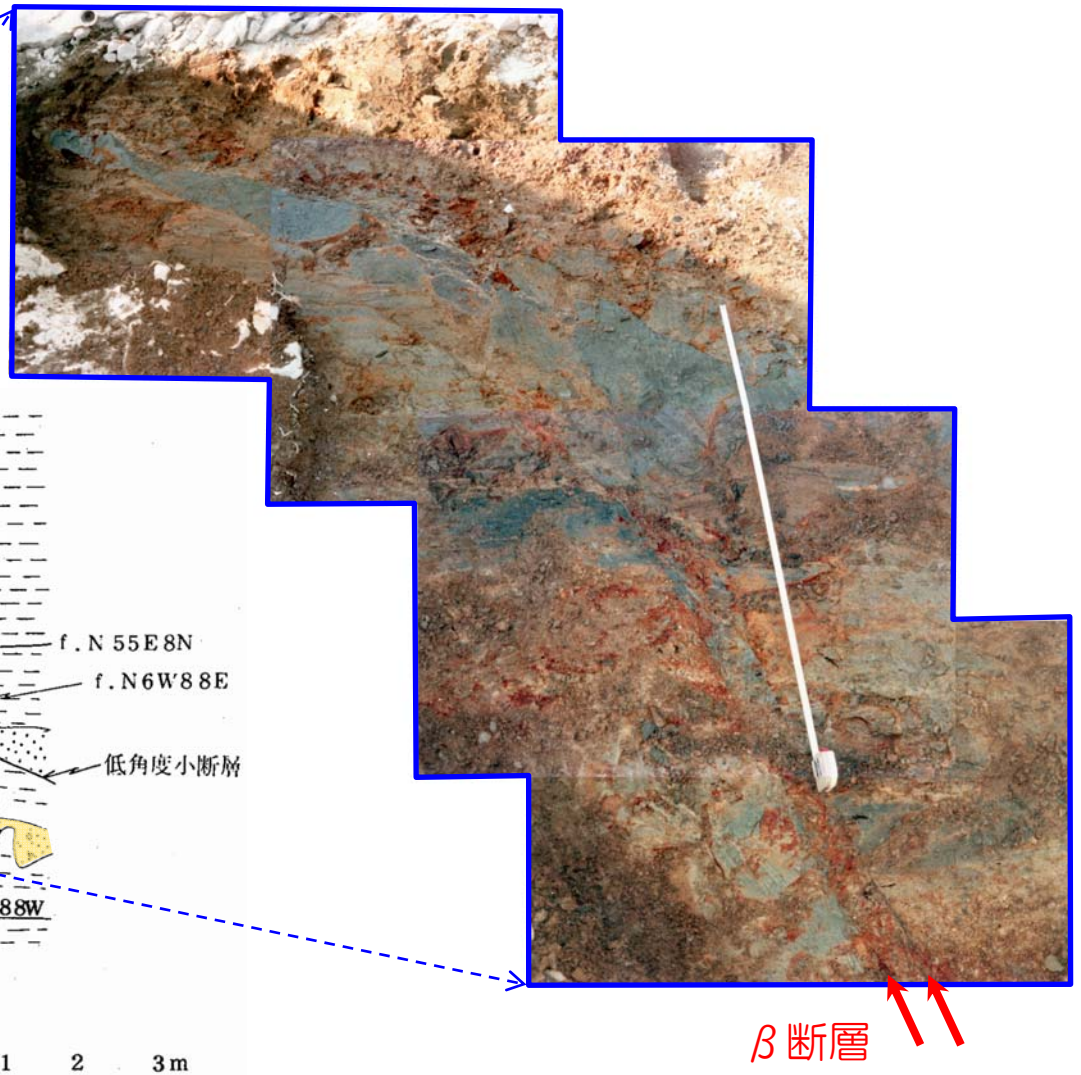

露頭写真

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

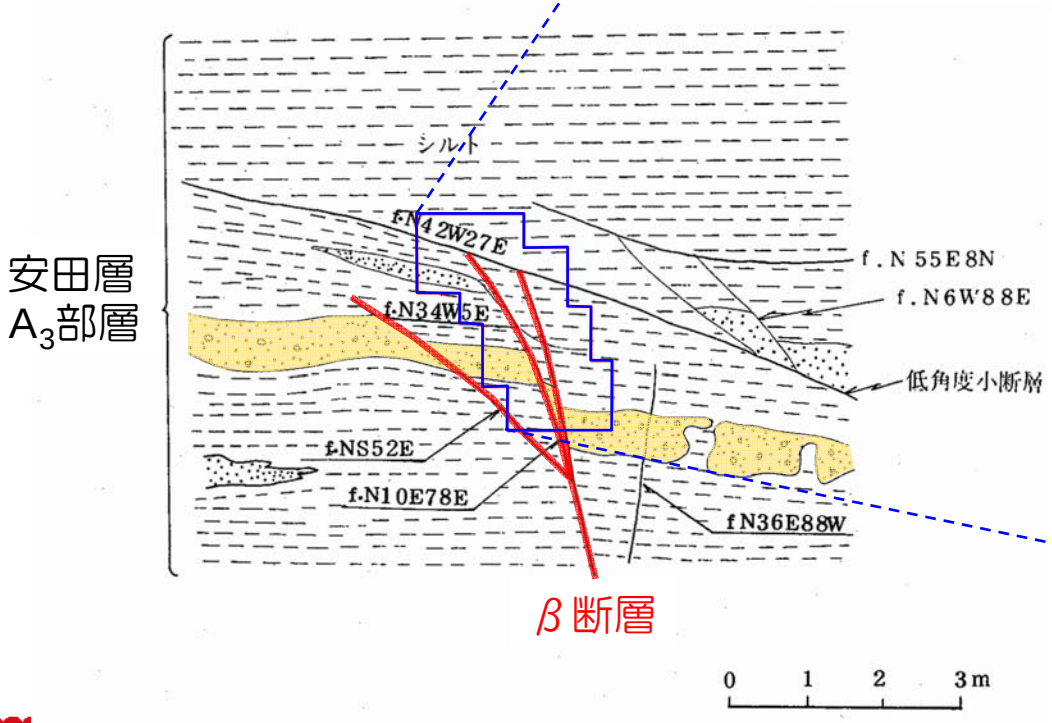
# 造成法面調査結果（β断層）

- β断層は安田層$A_3$部層中に分布する小規模な低角度断層で止まっており、これより上方への延長は認められない。

露頭写真




露頭スケッチ



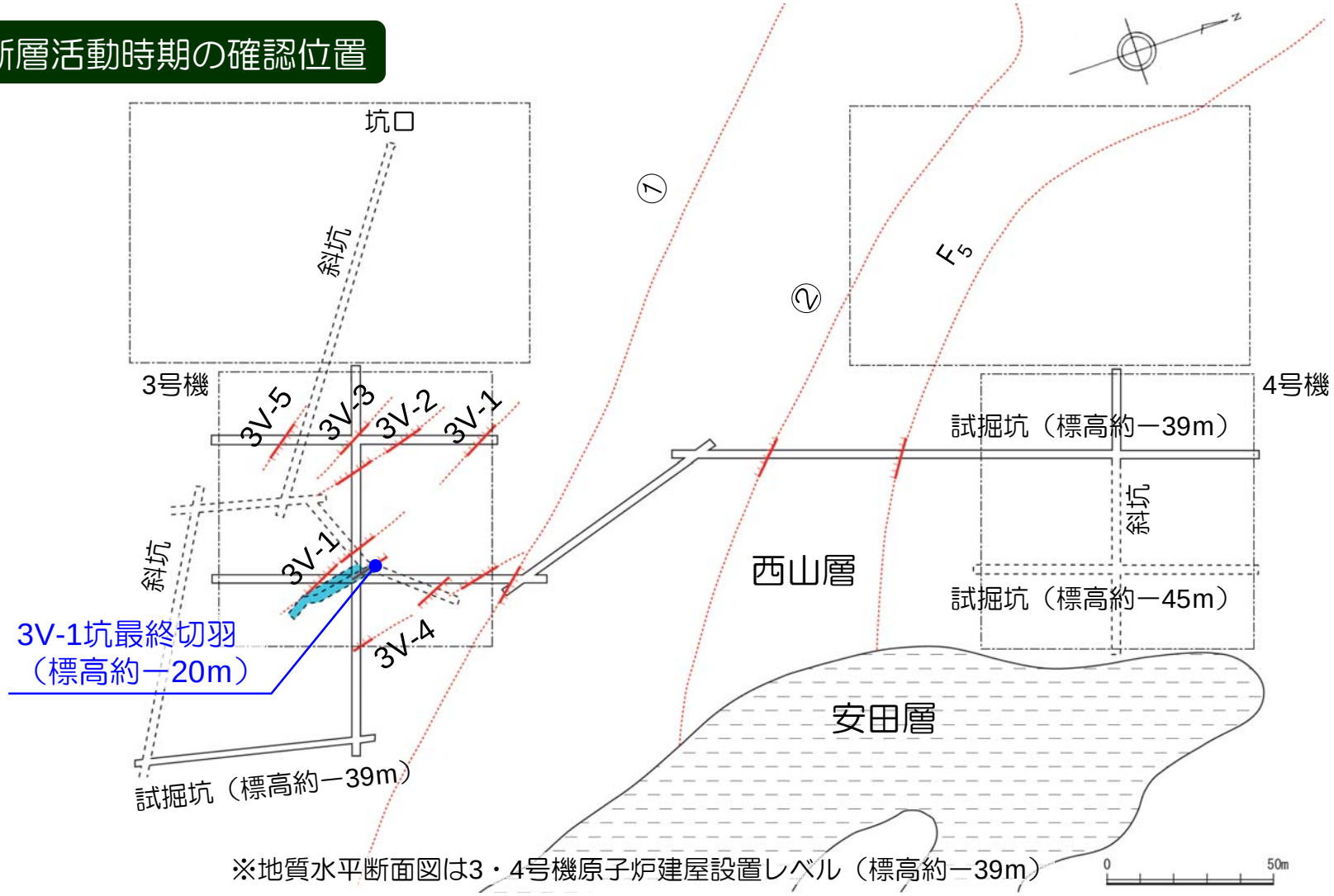


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 試掘坑調査結果（3・4号機）

- 3・4号機側では、V系断層のうち比較的規模が大きい3V-1断層を選定し、追跡坑により活動時期を確認している。

断層活動時期の確認位置



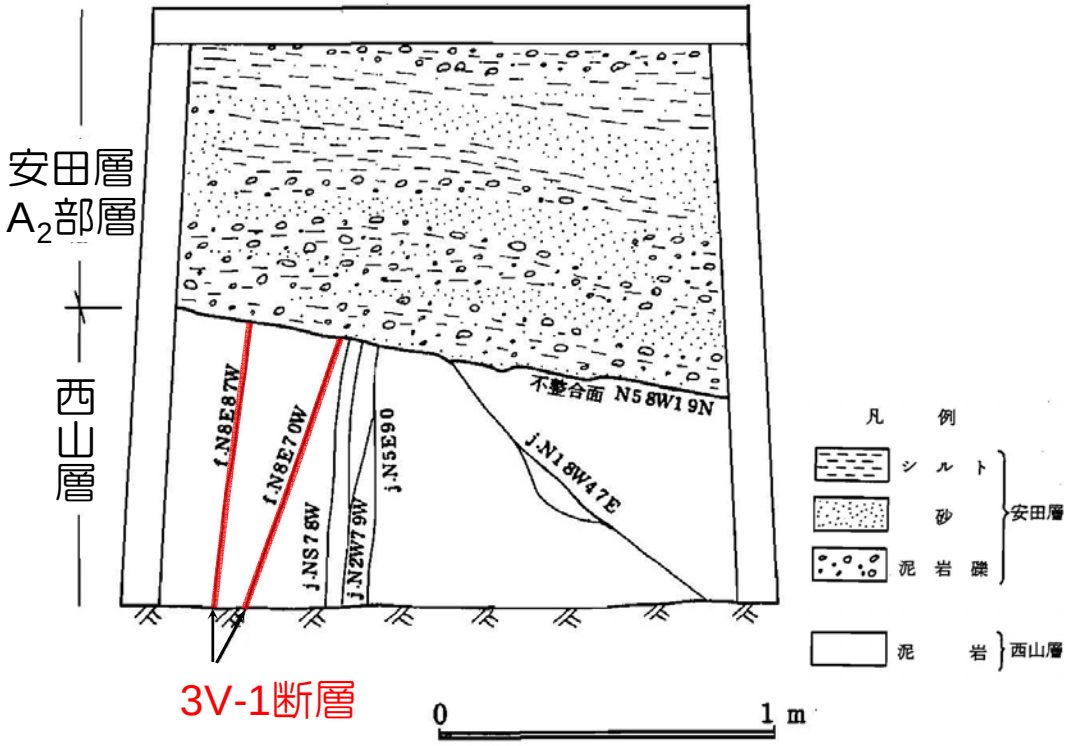

※地質水平断面図は3・4号機原子炉建屋設置レベル（標高約－39m）


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 試掘坑調査結果（3V-1断層）

- 3V-1断層については、追跡坑（3V-1坑）最終切羽において、西山層と安田層（$A_2$部層）との境界面には変位を与えておらず、かつ、安田層中には延びていないことを確認している。

露頭スケッチ



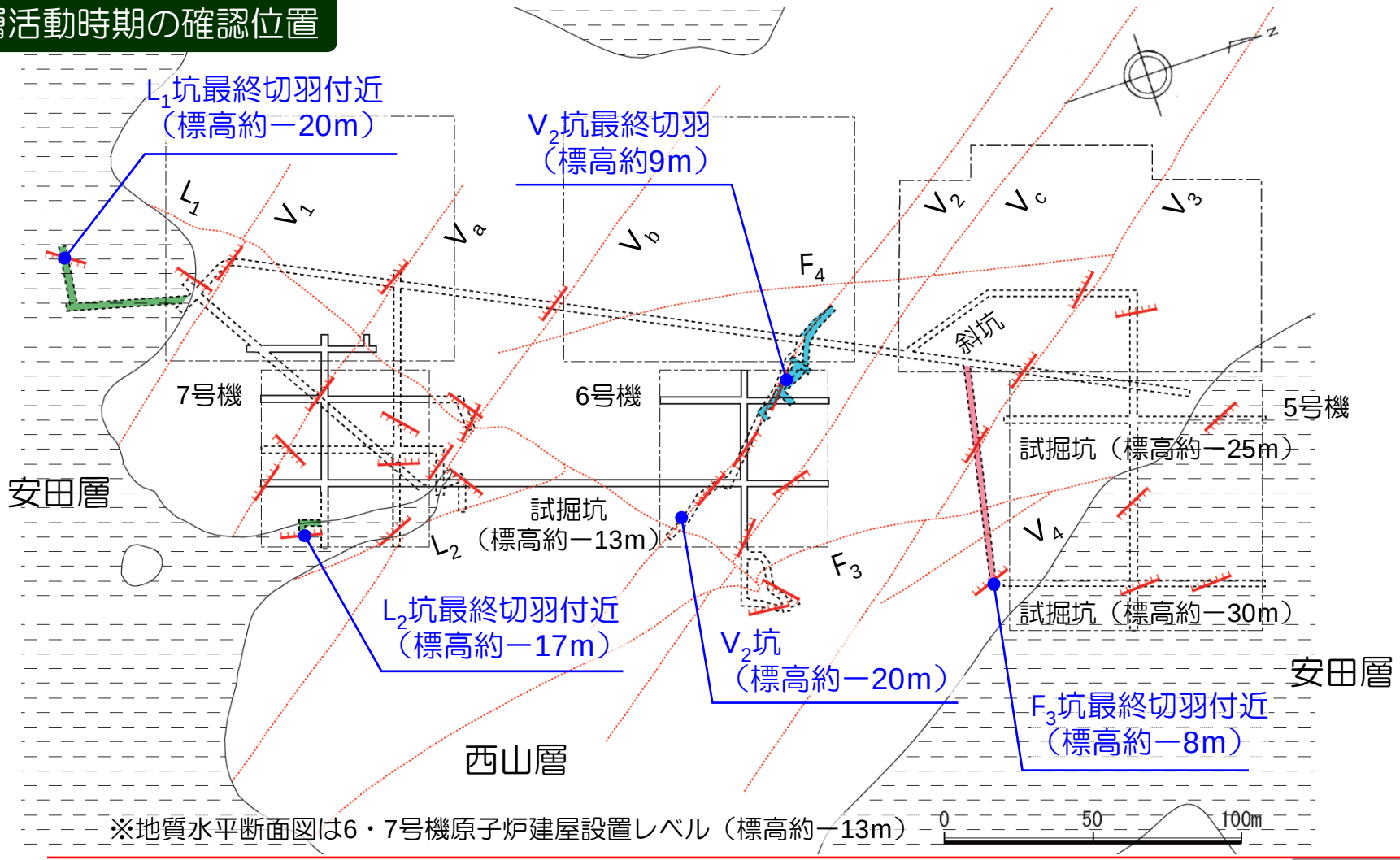

露頭写真

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 試掘坑調査結果（5～7号機）

- 5～7号機側では、$L_1$断層・$L_2$断層、F系及びV系断層については比較的規模が大きい$F_3$断層と$V_2$断層をそれぞれ選定し、追跡坑により活動時期を確認している。

断層活動時期の確認位置

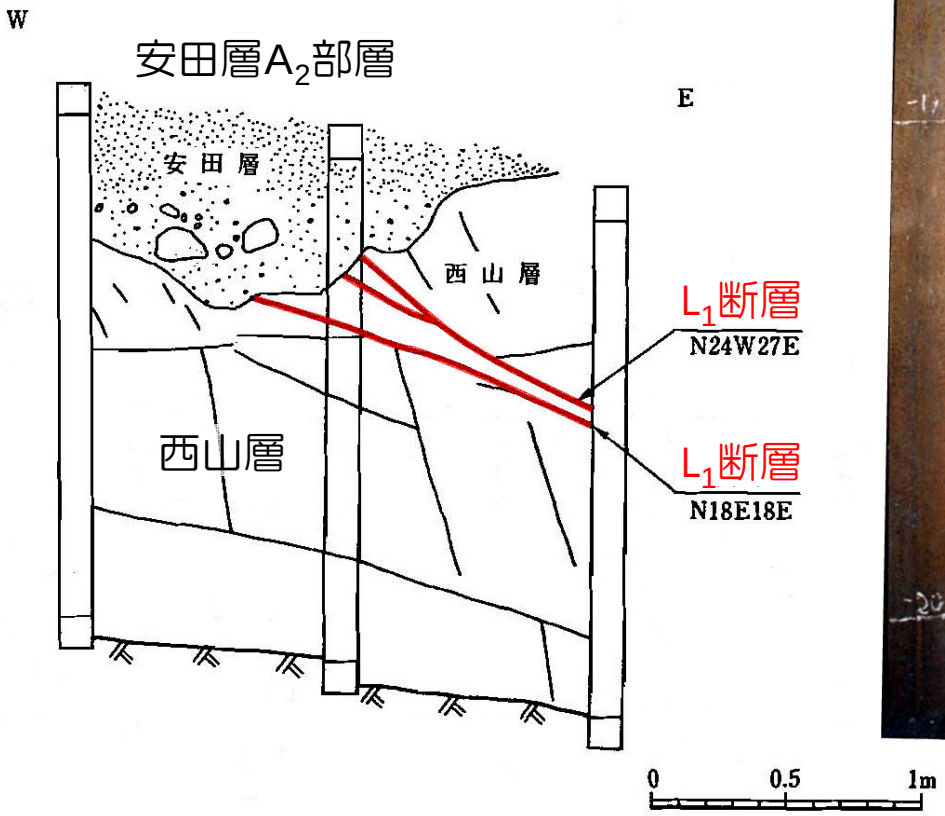



無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 試掘坑調査結果（$L_1$断層）

- $L_1$断層については、追跡坑（$L_1$坑）最終切羽付近の側壁において、安田層（$A_2$部層）に延びていないことを確認している。

露頭スケッチ

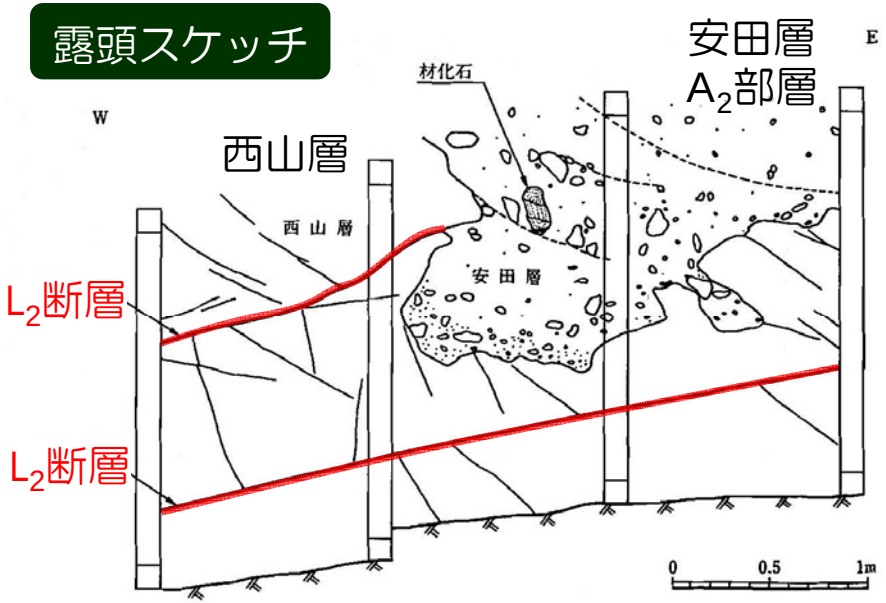



露頭写真

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

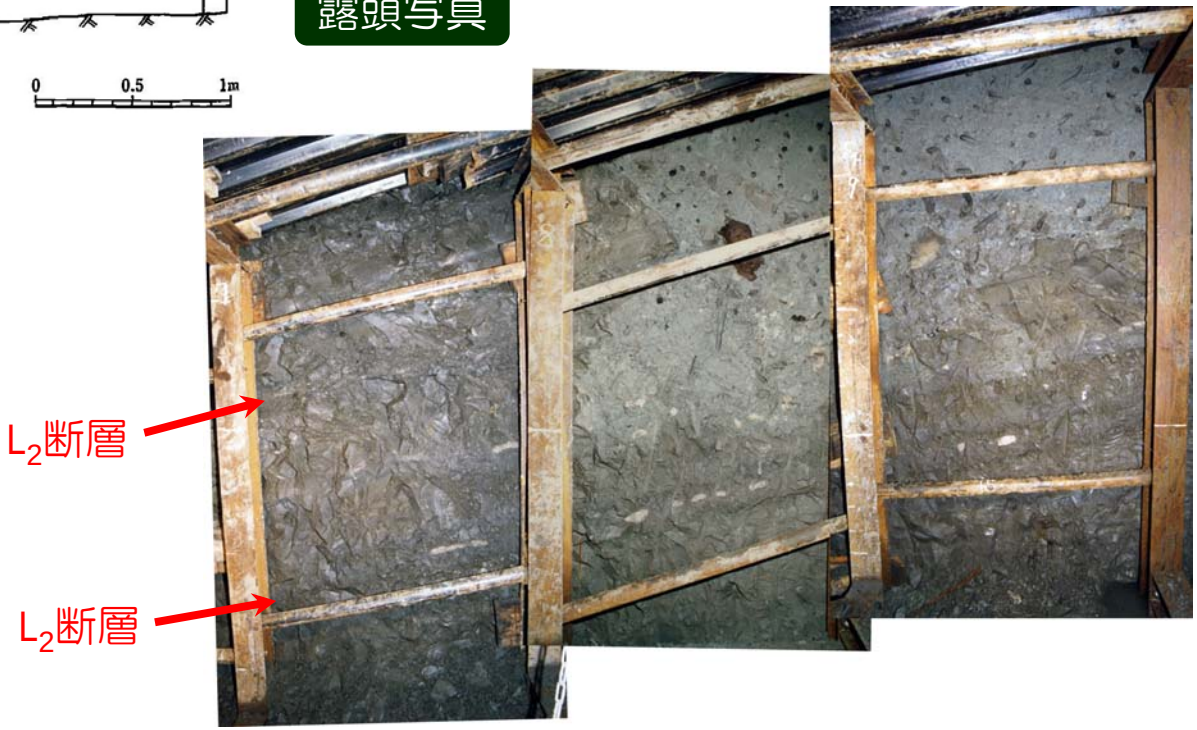
# 試掘坑調査結果（$L_2$断層）

露頭スケッチ




- $L_2$断層については、追跡坑（$L_2$坑）最終切羽付近の側壁において、安田層（$A_2$部層）に延びていないことを確認している。

露頭写真



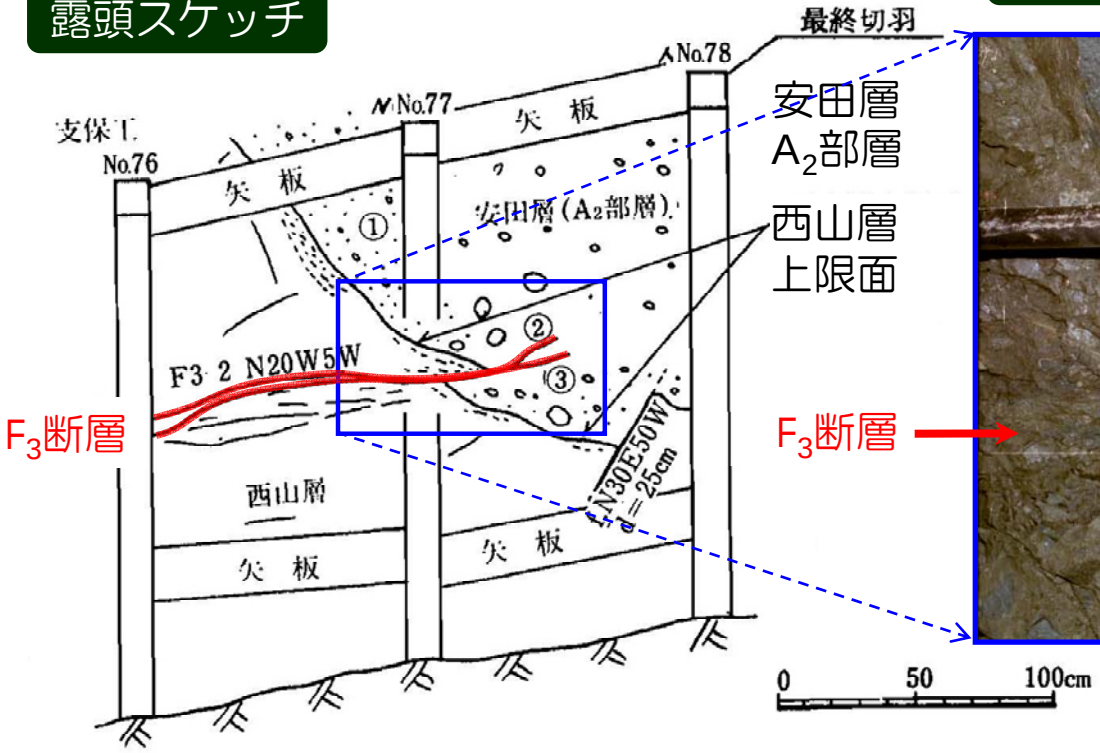


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 試掘坑調査結果（$F_3$断層）

- $F_3$断層については、追跡坑（$F_3$坑）最終切羽付近の側壁において、西山層上限面に変位を与えているが、安田層（$A_2$部層）に入ってすぐに消滅していることを確認している。

露頭スケッチ




露頭写真

① マトリックスに砂を含む泥岩礫層（安田層）

② N20W35W 粘土は伴わない。20cm連続して消滅。

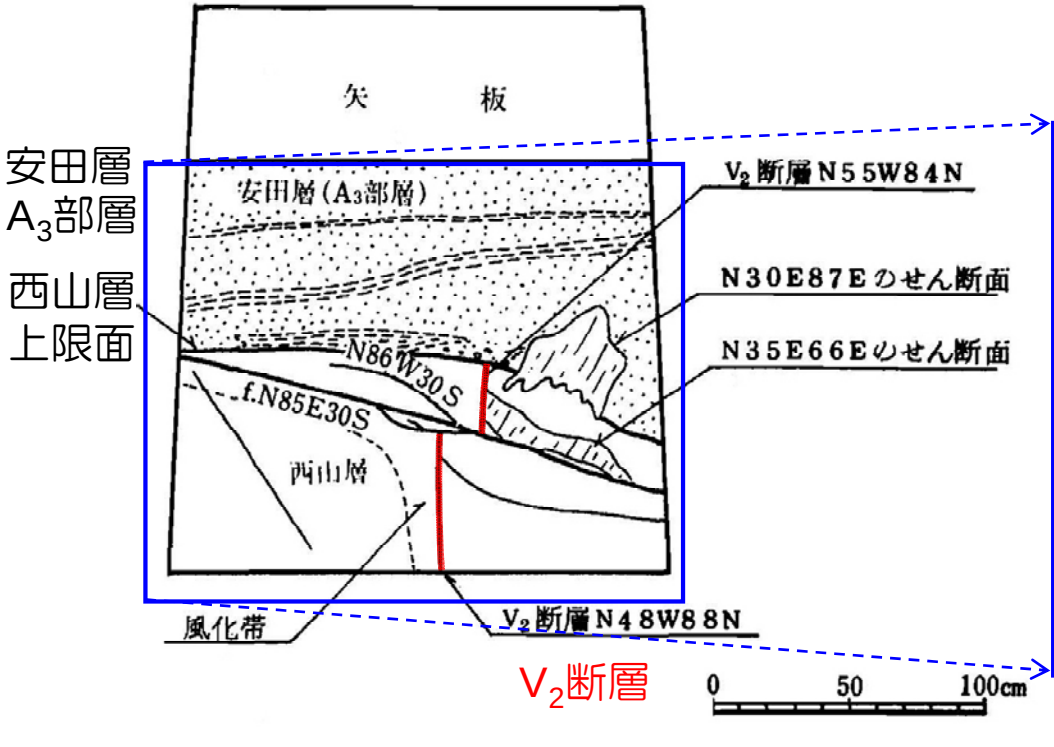
③ N5W30W 粘土は伴わない。25cm連続して消滅。


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 試掘坑調査結果（$V_2$断層）

- $V_2$断層については、追跡坑（$V_2$坑）最終切羽において、西山層と安田層（$A_3$部層）の境界面には変位を与えておらず、かつ、安田層中には延びていないことを確認している。

露頭スケッチ

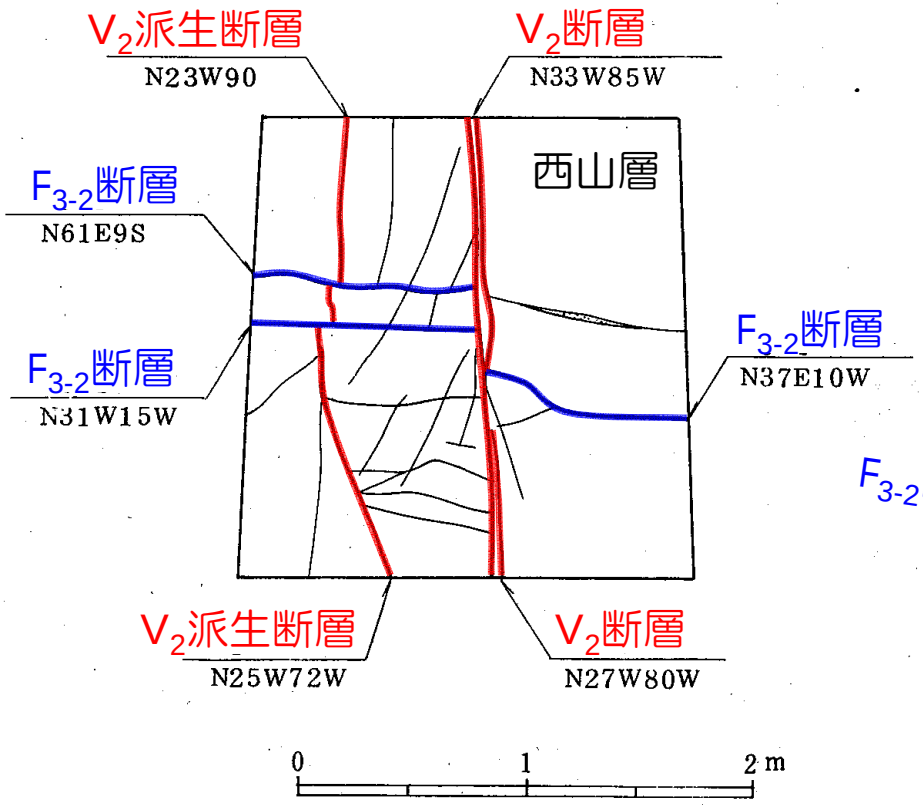



露頭写真

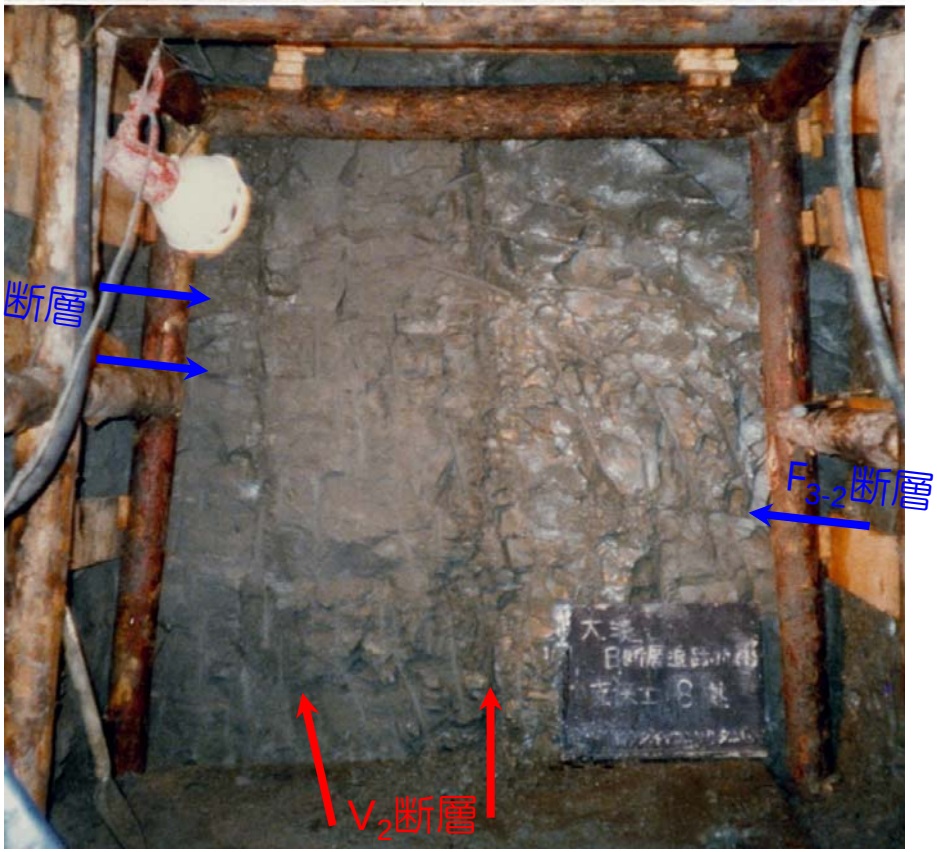
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 試掘坑調査結果（V系断層とF系断層の切り合い関係）

露頭スケッチ




- $V_2$断層と$F_3$断層については、調査坑（$V_2$坑）において、切り・切られの関係が確認されていることから、ほぼ同時期に形成されたものと考えられる。



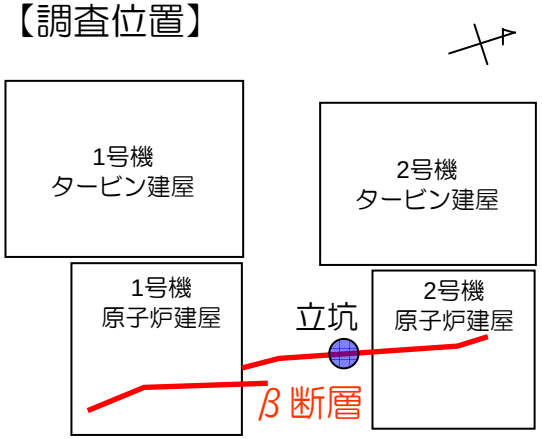


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

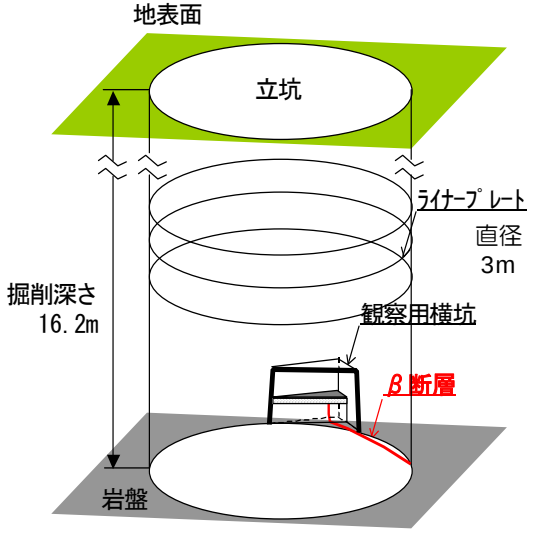
# 立坑調査結果（β断層）

- 立坑調査により中越沖地震に伴う活動の有無を確認した結果、β断層は建設時の道路に及んでいないことを確認している。

【調査位置】




【調査の概念図】



アスファルト舗装

砕石

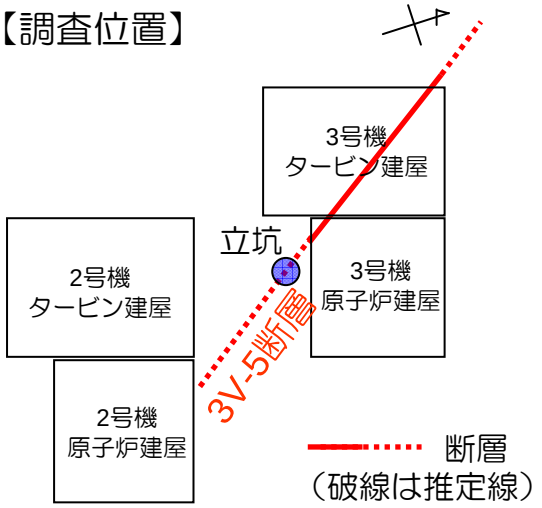
建設時の道路

岩盤
（西山層）

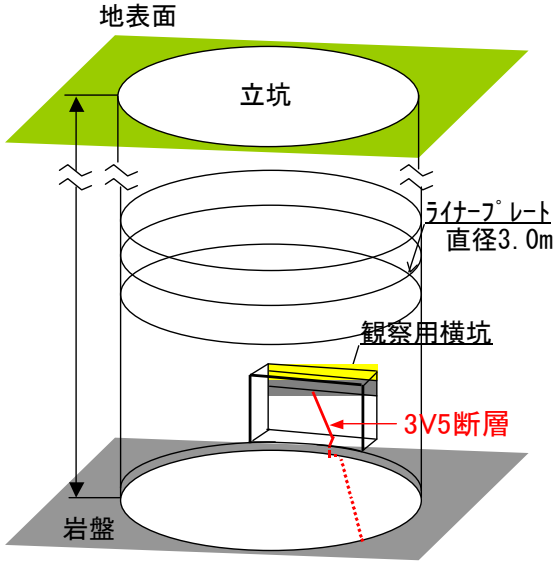

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 立坑調査結果（3V-5断層）

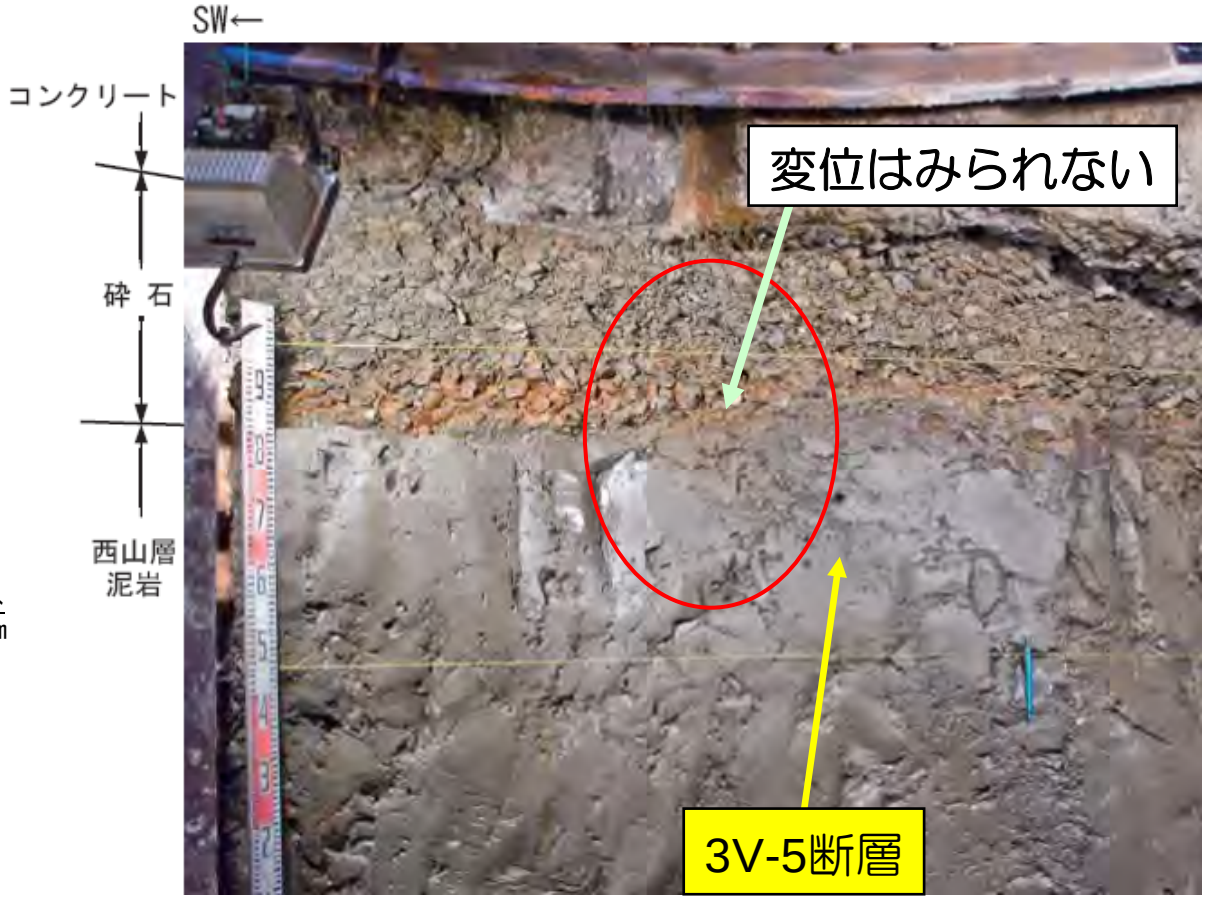
【調査位置】




【調査の概念図】



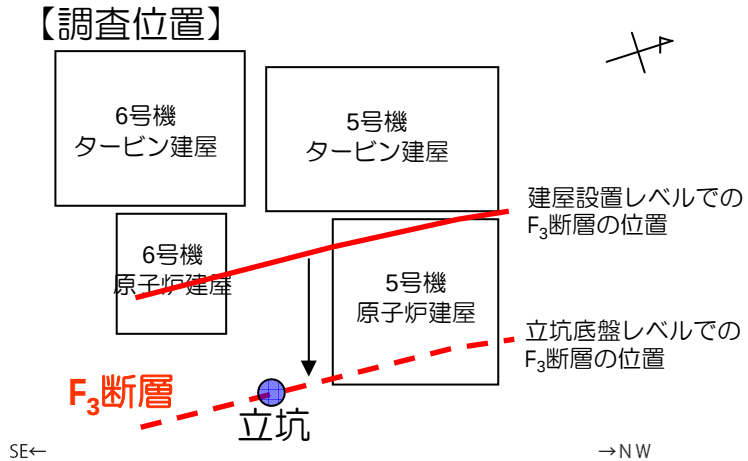

- 立坑調査により中越沖地震に伴う活動の有無を確認した結果、3V-5断層は上位の砕石に及んでいないことを確認している。



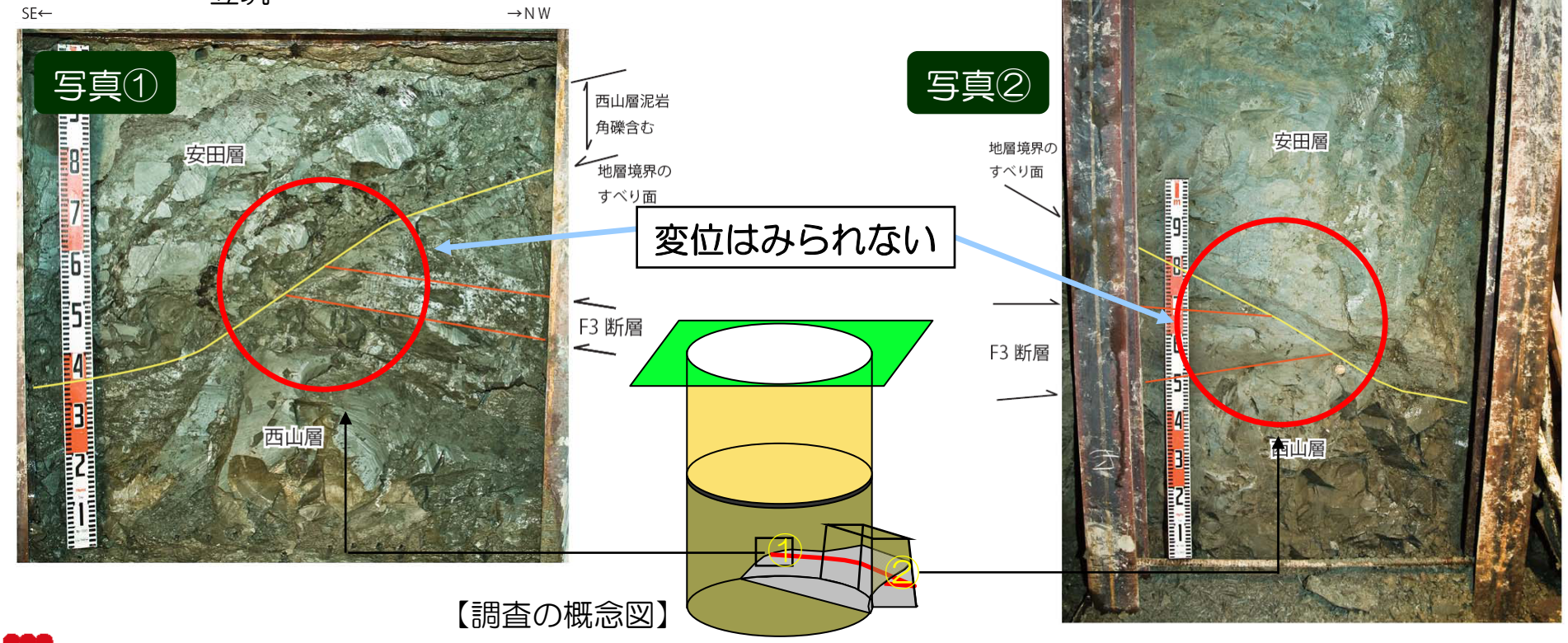


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 立坑調査結果（$F_3$断層）




- 立坑調査により中越沖地震に伴う活動の有無を確認した結果、$F_3$断層は安田層（$A_3$部層）と西山層の地層境界に及んでいないことを確認している。





無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 小　括

- 敷地内断層は、褶曲軸や層理面との関係から、地層が褶曲する際に形成された断層であり、地震を起こすような断層ではないと考えられる。

- 造成法面調査や試掘坑調査の結果によると、敷地内断層による変位はMIS5eの離水面を構成している大湊砂層の下位に分布する安田層中あるいは西山層中に認められ、これより上位には延長していないことから、少なくとも安田層堆積終了以降は活動していないと考えられる。

- また、中越沖地震後に実施した立坑調査の結果によると、敷地内断層は地震に伴って動いた形跡は認められない。

- 以上のことから、敷地内断層は耐震設計上考慮すべき活断層ではないと判断される。


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

1. 敷地及び敷地近傍における中部・上部更新統の地質層序

2. 真殿坂断層の評価

3. 敷地内断層の評価

4. まとめ


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# まとめ

- 敷地及び敷地近傍にリニアメントは判読されず、活断層は分布していない。

- 真殿坂断層については、反射法地震探査の結果によると、真殿坂向斜の深部に想定される断層構造はSタフに収斂しており、またボーリング調査の結果によると、少なくとも阿多鳥浜テフラ降下以降の活動は認められない。

- 敷地内断層については、造成法面調査や試掘坑調査の結果によると、少なくとも安田層堆積終了以降の活動は認められない。また、立坑調査の結果によると、中越沖地震時に動いた形跡は認められない。

- 以上のことから、真殿坂断層及び敷地内断層は、耐震設計上考慮すべき活断層ではないと判断される。


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

# 参考文献


- 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、No.1、pp.88-112.
- 早津賢二・新井房夫（1982）：信濃川下流地域（新潟県小千谷市付近）における河成段丘群の形成年代と段丘面の変位速度、地理学論評、55-2、pp.130-138.
- 町田洋・新井房夫（2003）：新編火山灰アトラス、東京大学出版会、336p.
- 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.
- 柏崎平野団体研究グループ（1965）：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研究紀要、No.10、pp.145-185.



無断複製・転載禁止　東京電力株式会社