

柏崎刈羽原子力発電所
安田層の堆積年代に関する地質調査

報告書

平成 25 年 4 月 18 日

東京電力株式会社

目 次

1. はじめに
2. 安田層の堆積年代に関する地質調査
 - 2.1 調査概要
 - 2.2 調査結果
 - (1)発電所敷地内
 - (2)発電所北側
 - (3)横山地点
 - 2.3 安田層の堆積年代
3. 敷地内の断層活動性評価
 - 3.1 柏崎平野周辺における地質・地質構造
 - (1)地形
 - (2)地質層序
 - (3)柏崎平野の中部更新統～上部更新統の堆積環境
 - (4)柏崎平野周辺の褶曲形成史
 - (5)敷地近傍陸域の地質構造
 - 3.2 敷地の地質・地質構造
 - (1)地形
 - (2)地質層序
 - (3)地質構造
 - 3.3 基礎地盤の安定性
4. まとめ
- 【参考文献】

1. はじめに

柏崎刈羽原子力発電所の敷地内の断層については、設置許可申請時等に実施した詳細な地質調査結果に基づき、耐震設計上考慮すべき活断層ではないと評価している。

一方、平成 24 年 8 月 10 日に開催された経済産業省旧原子力安全・保安院の地震・津波に関する意見聴取会（地質・地質構造関係）において、安田層（第四系）の形成年代について、より詳細な検討が必要との意見があった。

これを踏まえて、当社は、当該地層の年代をより精緻に評価することを目的として地質調査を実施し、敷地内の断層の活動時期についてとりまとめた。

本報告は、現時点での評価結果を取りまとめたものであり、今後も継続して調査・分析を行っていくこと、現在国により活断層評価に関する審査基準等の策定が進められていることから、基準等が定められた段階で改めて適合性等について評価を行っていく予定である。

2. 安田層の堆積年代に関する地質調査

2.1 調査概要

柏崎平野及びその周辺に分布する安田層を対象として、発電所敷地内、発電所北側及び柏崎平野南部の横山地点の 3 地点において地質調査を実施した（第 2-1 図）。

いずれの地点においても、ボーリング調査を実施するとともに、ボーリングコアから試料を採取して、テフラ分析、花粉化石分析及び珪藻化石分析を実施した。花粉化石分析及び珪藻化石分析は、原則として 50cm 程度の間隔で実施した。

2.2 調査結果

各地点における調査結果は以下のとおりである。

(1) 発電所敷地内

発電所敷地内においては、群列ボーリングを実施しており（第 2-2 図）、安田層の下部に阿多鳥浜テフラ（約 24 万年前；町田・新井，2003）及びその直上に結晶質テフラを確認している（第 2-3 図）。

既往ボーリングで採取されていた安田層の全層準を分析対象とするため、既往の群列ボーリングのうち、G-7 孔において阿多鳥浜テフラ層準付近から上位について、同 G-10 孔において阿多鳥浜テフラ層準付近から下位について、それぞれ花粉化石分析及び珪藻化石分析を実施した（第 2-3 図）。

さらに、G-7 孔近傍において、G-16 孔～G-18 孔の 3 孔を追加してボーリング調査を実施し（第 2-2 図）、G-16 孔において、花粉化石分析及び珪藻化石分析を実施した。

発電所敷地内におけるボーリング孔の柱状対比及び花粉化石分析

及び珪藻化石分析位置を第 2-4 図に示す。

a. テフラの同定・対比

発電所敷地内においては、上記の群列ボーリング調査結果により、安田層中部の標高-10 数 m に阿多鳥浜テフラ等が確認されている(第 2-3 図)。G-7 孔では深度 39.81m (標高-12.42m) において阿多鳥浜テフラが、その直上の深度 38.27m (標高-10.88m) において結晶質テフラが確認されており、また、G-10 孔の深度 60.57m (標高-11.36m) において結晶質テフラが確認されている(第 2-4 図, 第 2-5 図)。

追加した G-16 孔でも深度 37.82m (標高-10.48m) に白色ガラス質細粒テフラが、その直上の深度 36.99m (標高-9.65m) に結晶質テフラが、G-18 孔でも深度 38.59m (標高-11.27m) に白色ガラス質細粒テフラが、その直上の深度 37.74m (標高-10.42m) に結晶質テフラがそれぞれ確認され(第 2-4 図, 第 2-5 図)、いずれの白色ガラス質細粒テフラも、火山ガラスの主成分分析により阿多鳥浜テフラに同定・対比された(第 2-6 図)。

また、G-16 孔においては、安田層最下部付近の深度 57.54m (標高-30.20m) に白色ガラス質細粒テフラが確認され(第 2-4 図, 第 2-5 図)、同テフラは、火山ガラスの主成分分析によって加久藤テフラに同定・対比された(第 2-6 図)。加久藤テフラの噴出年代は、町田・新井(2003)によると、海洋酸素同位体ステージ(Marine Isotope Stage, 以下, MIS と呼ぶ)9 の海進期(約 33 万年前~34 万年前)とされている。

一方、上記の群列ボーリング及び追加したボーリングにおいては、確認できなかったが、敷地北部の 5 号機造成法面においては、標高

21m 付近の安田層最上部に白色ガラス質テフラが挟在している（第 2-2 図，第 2-5 図）。このテフラは，岸ほか（1996）において，「未記載」としたものと同一テフラである。同テフラについて，火山ガラスの主成分分析を行った結果，BT51（約 21.6 万年前；長橋ほか，2004）に類似しているものの，同定・対比には至らなかった（第 2-6 図）。このため，本テフラの同定・対比について，今後も検討を行う。

b. 花粉・珪藻化石分析結果

G-7 孔及び G-10 孔の花粉化石分析結果を第 2-7 図に，G-7 孔の珪藻化石分析結果を第 2-1 表に，G-10 孔の珪藻化石分析結果を第 2-2 表に示す。

G-10 孔の深度 81.14m（標高-31.93m）以深，安田層基底までは，トウヒ属，ツガ属などの針葉樹が卓越し，寒冷な気候が推定される（第 2-7 図）。同区間は，珪藻化石群集から汽水域と推定される（第 2-2 表）。

G-10 孔の深度 77.50m（標高-28.29m）～深度 74.00m（標高-24.79m）の間では，トウヒ属，ツガ属などの針葉樹が減少し，コナラ亜属が増加しており，やや温暖な気候が推定される（第 2-7 図）。同区間は，珪藻化石群集から汽水域と推定される（第 2-2 表）。

前述のとおり，G-7 孔近傍の G-16 孔では，標高-30.20m に加久藤テフラが確認されたことを考慮すると，G-10 孔の深度 77.50m（標高-28.29m）～深度 74.00m（標高-24.79m）の間は MIS9 に，G-10 孔の深度 81.14m（標高-31.93m）以深は MIS10 に対比される。

G-10 孔の深度 73.70m（標高-24.49m）～深度 64.42m（標高-15.21m）

の間では、再びトウヒ属、ツガ属などの針葉樹が増加し、寒冷的な気候が推定され（第2-7図）、MIS8に対比される。同区間は、珪藻化石群集から下部は汽水域、上部は淡水域と推定される（第2-2表）。この区間においては、深度73.00m（標高-23.79m）～深度70.50m（標高-21.29m）の間でトウヒ属、ツガ属の産出頻度が高く、コナラ亜属がほとんど産出しないことから、この区間が寒冷化のピークであり、その後、深度69.97m（標高-20.76m）より上位ではトウヒ属、ツガ属は減少傾向に、コナラ亜属、ブナ属は増加傾向にあることから、温暖期への漸移的变化と考えられる（第2-7図）。

G-10孔の深度64.00m（標高-14.79m）以浅及びG-7孔の深度39.97m（標高-12.58m）～深度9.97m（標高17.42m）の間では、ブナ属、ハンノキ属、コナラ亜属が卓越し、ツガ属、トウヒ属の産出頻度が低いことから、やや温暖な気候が推定され（第2-7図）、MIS7に対比される。この区間の最下部には阿多鳥浜テフラが挟在しており、同テフラはMIS7の初期あるいはMIS8～MIS7境界付近とされ（町田・新井，2003）上記の対比と整合する。同区間は、珪藻化石群集から下部は淡水域、中部は汽水域、最上部は淡水域と推定される（第2-1表，第2-2表）。また、この区間上部の深度20.10m（標高7.29m）以浅では、トウヒ属、ツガ属が増加傾向にあることから、寒冷期への漸移的变化と考えられる（第2-7図）。

G-7孔の深度9.53m（標高17.86m）以浅では、ツガ属、トウヒ属が優勢であり、両属の増加は下位層から漸移的であることから、MIS6に対比される。同区間は、珪藻化石群集から淡水域と推定される（第2-1表）。なお、G-7孔については、花粉化石分析及び珪藻化石分析結果を踏まえ、既往調査における安田層と番神砂層・大湊砂層の境

界を見直した。

G-16 孔の花粉化石分析結果を第 2-8 図に，同孔の珪藻化石分析結果を第 2-3 表に示す。

G-16 孔の深度 57.48m（標高-30.14m）以深，安田層基底までは，トウヒ属，ツガ属などの針葉樹が卓越し，寒冷的な気候が推定され（第 2-8 図），この区間は，その最上部に加久藤テフラが挟在することから MIS10 に対比される。珪藻化石分析結果によると，同区間のうち，深度 61.48m（標高-34.14m）以深は淡水域，その上位は汽水域と推定される（第 2-3 表）。なお，上述のとおり，加久藤テフラの噴出年代は，町田・新井（2003）によると MIS9 の海進期とされ，約 33 万年前～34 万年前と推定されていること，本孔の花粉化石群集からは寒冷期から温暖期への移行期と推定されることから，MIS9 の海進初期の可能性がある。

G-16 孔の深度 56.90m（標高-29.56m）～深度 55.40m（標高-28.06m）の間では，ツガ属などの針葉樹が減少しており，やや温暖的な気候が推定され（第 2-8 図），この区間は，その直下の深度 57.54m（標高-30.20m）に加久藤テフラが挟在することから MIS9 に対比される。同区間は，珪藻化石群集から汽水域と推定される（第 2-3 表）。

G-16 孔の深度 52.65m（標高-25.31m）～深度 43.00m（標高-15.66m）の間では，再びトウヒ属，ツガ属などの針葉樹が増加し，寒冷的な気候が推定され（第 2-8 図），この区間は，深度 37.82m（標高-10.48m）に挟在する阿多鳥浜テフラの下位に位置することから MIS8 に対比される。同区間は，珪藻化石群集から淡水域と推定される（第 2-3 表）。

G-16 孔の深度 38.00m（標高-10.66m）以浅，安田層上限までの区

間では、ブナ属、ハンノキ属、コナラ亜属が卓越し、ツガ属、トウヒ属の産出頻度が低いことから、やや温暖な気候が推定され（第 2-8 図）、この区間は、その最下部に阿多鳥浜テフラが挟在することから MIS7 に対比される。同区間は、珪藻化石群集から最下部は淡水域、中部は汽水域、最上部は淡水域と推定される（第 2-3 表）。また、この区間上部の深度 14.98m（標高 12.36m）以浅では、トウヒ属、ツガ属が増加傾向にあることから、寒冷期への漸移的变化と考えられる（第 2-8 図）。

(2) 発電所北側

発電所北側に位置する刈羽村寺尾及び同村西元寺付近においては、反射法地震探査測線（北-2 測線）沿いに、群列ボーリングを実施している（第 2-9 図）。群列ボーリング調査結果によると、安田層下部に阿多鳥浜テフラが、安田層最上部に白色ガラス質テフラが挟在することを確認している（第 2-9 図）。また、同地点においては多くの場合、安田層の上位に大湊砂層及び番神砂層が直接重なっているものの、北 2-②孔のみにおいて、安田層と大湊砂層及び番神砂層との間に、谷埋性の堆積物が確認され、安田層を削り込んだ谷地形の存在が示唆された（第 2-9 図）。

このことから、北 2-②孔及び谷埋性の堆積物が認められない北 2-③孔において、花粉化石分析及び珪藻化石分析を実施するとともに、安田層を削り込んだ谷地形の存否を確実にすることを目的に、北 2-⑦孔と北 2-⑧孔のボーリング調査を実施した（第 2-9 図）。

北 2-③孔～北 2-⑦孔間の柱状対比図を第 2-10 図に、この区間を含む北 2-⑤孔～北 2-⑥間の地質断面図を第 2-11 図に示す。

追加した北 2-⑦孔及び北 2-⑧孔のいずれにおいても、北 2-②孔と同様の谷埋性の堆積物が確認され、安田層上面を侵食して削り込む谷の存在が明らかとなった（第 2-10 図，第 2-11 図）。この谷地形は安田層最上部に挟在する白色ガラス質テフラを侵食して形成されていること（第 2-10 図，第 2-11 図），本地点での谷の侵食は高度差約 20m に達していること（第 2-11 図），谷による侵食面直下の安田層は風化していること（第 2-10 図）などから，この谷地形は安田層堆積終了後の海退期に形成され，その後の海進に伴って谷埋性の堆積物が埋積したものと判断される。

a. テフラの同定・対比

本地点では，上記のように，群列ボーリング調査の結果，安田層下部に阿多鳥浜テフラが，安田層最上部に白色ガラス質テフラが挟在することを確認している（第 2-9 図）。今回追加した北 2-⑦孔でも深度 43.39m（標高-3.70m）に白色ガラス質細粒テフラが，北 2-⑧孔でも深度 47.39m（標高-4.60m）に白色ガラス質細粒テフラがそれぞれ確認され（第 2-10 図，第 2-11 図，第 2-12 図），いずれの白色ガラス質細粒テフラも，火山ガラスの主成分分析によって阿多鳥浜テフラに同定・対比された（第 2-13 図）。

また，既往の群列ボーリングにおいては，安田層最上部に白色ガラス質テフラが挟在していることを確認しており（第 2-10 図，第 2-11 図，第 2-12 図），このテフラは，岸ほか（1996）において，「未記載」とされたものと同テフラである。北 2-③孔の深度 33.45m（標高 25.99m）で確認している同テフラについて，火山ガラスの主成分分析を行った結果，BT51 に類似しているものの，同定・対比には至

らなかった（第 2-13 図）。このため、本テフラの同定・対比について、今後も検討を行う。

b. 花粉・珪藻化石分析結果

北 2-③孔の花粉化石分析結果を第 2-14 図に、同珪藻化石分析結果を第 2-4 表に、北 2-②孔の花粉化石分析結果を第 2-15 図に、同珪藻化石分析結果を第 2-5 表に示す。

北 2-③孔の深度 61.97m（標高-2.53m）以深は、トウヒ属、ツガ属などの針葉樹が卓越し、寒冷な気候が推定され（第 2-14 図）、本孔の深度 61.64m（標高-2.2m）に阿多鳥浜テフラが挟在することから、MIS8 に対比される。同区間は、珪藻化石群集から淡水域と推定される（第 2-4 表）。なお、北 2-③孔の深度 69.07m（標高-9.63m）以深の安田層からは、花粉化石がほとんど産出しない。

北 2-③孔の深度 61.47m（標高-2.03m）以浅、安田層上面までの区間では、ブナ属、ハンノキ属、コナラ亜属が卓越し、ツガ属、トウヒ属の産出頻度が低いことから、やや温暖な気候が推定され（第 2-14 図）、この区間では、その最下部に阿多鳥浜テフラが挟在していることから MIS7 に対比される。同区間は、珪藻化石群集から下部は淡水域、中部は汽水域、上部は淡水域と推定される（第 2-4 表）。また、この区間上半部の深度 40.45m（標高 18.99m）以浅では、トウヒ属、ツガ属が増加傾向にあることから、寒冷期への漸移的变化と考えられる（第 2-14 図）。

一方、北 2-②孔の深度 42.97m（標高-6.09m）～深度 42.50m（標高-5.62m）には、ツガ属、トウヒ属が比較的多く産出し、寒冷な気候が推定される（第 2-15 図）。その下位の安田層中からは花粉化石が

ほとんど産出しないものの、本孔の深度 39.94m（標高-3.06m）に阿多鳥浜テフラが挟在することから、この層準は MIS8 に対比される。

北 2-②孔の深度 41.97m（標高-5.09m）～深度 29.47m（標高 7.41m）の間では、ブナ属、ハンノキ属、コナラ亜属が卓越し、やや温暖な気候が推定され（第 2-15 図）、この区間は、その最下部に阿多鳥浜テフラが挟在することから、MIS7 に対比される。同区間は、珪藻化石群集から淡水域と推定される（第 2-5 表）。

北 2-②孔の深度 26.40m（標高 10.48m）以浅の分析試料は、前述の安田層堆積終了後の海退に形成された谷地形を埋めて堆積した谷埋堆積物から採取したものである。これらの試料ではいずれも、ブナ属、ハンノキ属、コナラ亜属が卓越し、ツガ属、トウヒ属の産出頻度が低いことから、やや温暖な気候が推定され（第 2-15 図）、谷埋堆積物は、MIS7～MIS6 に対比される安田層を不整合に覆うこと、本孔では北 2-③孔の深度 40.45m（標高 18.99m）以浅に認められた寒冷期への漸移的变化と考えられる花粉化石群集が欠如することから、MIS6～MIS5e の堆積物と判断される。珪藻化石群集から、谷埋堆積物下部は汽水域、同上部は淡水域と推定される（第 2-5 表）。

(3)横山地点

柏崎平野団体研究グループ（1966）は、柏崎平野周辺部に分布する沖積面からの比高が 10m～20m の段丘面を安田段丘と命名し、同段丘面の構成層を安田層と定義した。同グループは、安田層の模式地を柏崎市横山の露頭（Loc.⑰）とし、安田層をシルト層と砂層の不規則な互層からなる上部層とシルト層優勢な下部層に区分し、下部層をさらに上半部と下半部に細分しており、上部層と下部層との境

界は標高 14m 程度としている（第 2-16 図）。また、同グループは、横山の模式露頭において、花粉化石分析及び珪藻化石分析を実施して、下部層では、主に花粉化石 *Fagus*（ブナ属）の産出状況から、上位に向かって全体的にはより冷温化しており、下半部と上半部との境界付近で一時的に温暖な環境になったこと（第 2-16 図）、珪藻化石の産出状況から、下部層のうち下半部は淡水性の堆積物、上半部は汽水性の堆積物であることが考えられるとしており、また、上部層では、花粉化石、珪藻化石のいずれも検出されないとしている。

柏崎平野団体研究グループ（1966）が安田層の模式地とした横山の露頭（Loc.⑰）は、現在では植生のため観察できないこと、標高 8m 付近から基盤（新第三系）までの層序が不明であることから、柏崎市横山の段丘面（M_I面）上から、Yk-1 孔及び Yk-2 孔のボーリングを実施して（第 2-16 図）、前述の発電所敷地内及び発電所北側に分布する安田層等との対比に関するデータを得ることとした。

Yk-1 孔及び Yk-2 孔並びに柏崎平野団体研究グループ（1966）による横山の模式露頭の柱状対比図を第 2-17 図に示す。

a. テフラの同定・対比

Yk-1 孔の深度 44.20m（標高-22.76m）に白色ガラス質細粒テフラが、その直上の深度 42.84m（標高-21.40m）に結晶質テフラが、Yk-2 孔でも深度 44.06m（標高-21.93m）に白色ガラス質細粒テフラが確認され（第 2-17 図、第 2-18 図）、いずれの白色ガラス質細粒テフラも、火山ガラスの主成分分析により阿多鳥浜テフラに同定・対比された（第 2-19 図）。

また、Yk-2 孔においては、阿多鳥浜テフラの下位の深度 48.03m（標

高-25.90m) に白色ガラス質細粒テフラが確認され，同テフラは，黒雲母を含み，火山ガラスの K_2O 含有量が高い特徴があるものの，対比は不明である（第 2-19 図）。

b. 花粉・珪藻化石分析結果

Yk-2 孔の花粉化石分析結果を第 2-20 図に，同孔の珪藻化石分析結果を第 2-6 表に示す。

Yk-2 孔の深度 46.98m（標高-24.85m）以深では，トウヒ属，ツガ属等の針葉樹はほとんど産出せず，ブナ属，ハンノキ属が卓越しており，やや温暖な気候が推定される（第 2-20 図）。Yk-2 孔では，深度 44.06m（標高-21.93m）には阿多鳥浜テフラが挟在しており，前述の北 2-③孔，G-10 孔とは異なり，同テフラの下位に寒冷期を示唆する花粉化石群集が産出しないことから（第 2-20 図），MIS8 が欠如している可能性が高い。この場合，上記の Yk-2 孔の深度 46.98m（標高-24.85m）以深の温暖期は MIS9 に対比され，この区間は，珪藻化石群集から下部は汽水域，上部は淡水域と推定される（第 2-6 表）。

Yk-2 孔の深度 44.60m（標高-22.47m）～深度 32.00m（標高-9.87m）の間では，ブナ属，ハンノキ属，コナラ亜属が卓越し，ツガ属，トウヒ属の産出頻度が低いことから，やや温暖な気候が推定され（第 2-20 図），この区間は，その最下部に阿多鳥浜テフラが挟在していることから MIS7 に対比される。同区間は，珪藻化石群集から淡水域と推定される（第 2-6 表）。

Yk-2 孔の深度 28.20m（標高-6.07m）～深度 6.18m（標高 15.95m）の間では，ブナ属，ハンノキ属，コナラ亜属が卓越し，ツガ属，トウヒ属の産出頻度が低く，前述の北 2-②孔の谷埋堆積物から産出す

る花粉化石群集と類似した特徴を示し、やや温暖な気候が推定される（第 2-20 図）。また、深度 31.83m（標高 -9.70m）～深度 28.20m（標高 -6.07m）付近に礫質砂層が分布しており、下位の MIS7 の堆積物を削り込んでいる可能性がある。これらのことから、Yk-2 孔の深度 28.20m（標高 -6.07m）～深度 6.18m（標高 15.95m）は MIS6～MIS5e の堆積物に対比され、珪藻化石群集から、同区間の下部は淡水域、上部では汽水域と淡水域とが繰り返しているものと推定される（第 2-6 表）。

なお、Yk-2 孔の深度 4.60m（標高 17.53m）以浅においては、花粉化石及び珪藻化石のいずれも産出しない。同区間は、柏崎平野団体研究グループ（1966）による安田層上部層に相当する。

2.3 安田層の堆積年代

今回調査を行った発電所敷地内、発電所北側、横山地点の 3 地点における安田層の対比結果を第 2-21 図に示す。

海岸部の大湊砂層の下位に分布し、従来、安田層として一括されていた腐植質なシルト～粘土層優勢な地層及び平野内の M₁ 面を形成する安田層上部層の下位に分布する安田層下部層について、示標テフラ、花粉化石及び珪藻化石に基づきそれらの堆積年代の検討を行った。

発電所敷地内においては、安田層は、下位から MIS10～MIS9 の堆積物、MIS8～MIS7 の堆積物からなり、その最上部においてやや寒冷的な気候が推定されることから、MIS7 と MIS6 の境界付近（約 20 万年前）の堆積物を含むものと推定されるが、MIS5e の堆積物を含まず、中子軽石層（ ≥ 13 万年前；町田・新井，2003）が上面に挟在する大

湊砂層（MIS5e の堆積物）に覆われる（第 2-22 図）。（詳細は 3.1 にて後述）。

一方，発電所北側及び横山地点の安田層については，局所的に MIS7 の堆積物を削り込んだ谷地形を MIS6～MIS5e の堆積物が埋めている。この谷埋堆積物は海岸部では大湊砂層に，平野内では M₁ 面を形成する安田層上部層にそれぞれ覆われている。

3. 敷地内の断層活動性評価

3.1 柏崎平野周辺における地質・地質構造

発電所敷地を含む柏崎平野及びその周辺地域には、新第三紀～第四紀更新世にかけての地層が厚く堆積しており、新第三系～下部更新統には NNE-SSW～NE-SW 方向の褶曲構造が発達している。

これら褶曲構造における変形域の移動、変形速度の変遷などについて、岸・宮脇（1996）は、テフラ層序・微化石層序・古地磁気層序の検討を行い、鮮新統から下部更新統に 10 層準以上の時間面を設定した上で、堆積相、化石相等から古環境の検討を行うとともに、褶曲構造の詳細な検討を行い、当地域の褶曲形成史を明らかにしている。

また、柏崎平野には、下位より青海川層、安田層、番神砂層等からなる中部更新統上部～上部更新統が分布しており、これらの地層について、岸ほか（1996）は、空中写真を用いた地形分類、テフラに基づく段丘面の対比、段丘面と面を構成する堆積物との関係などについて検討を行い、層序・堆積年代・古環境等を明らかにしている。

これら既往の研究、2007 年新潟県中越沖地震後に実施した反射法地震探査結果及び前章の安田層の堆積年代に関する地質調査結果を踏まえて柏崎平野周辺の褶曲形成史、柏崎平野の中部更新統～上部更新統の堆積環境について以下に述べる。

なお、本報告書における第三紀と第四紀の境界については、従来の表記を変更せず用いている。

(1)地形

柏崎平野及びその周辺地域は、柏崎平野、長岡平野、両平野間の丘陵、柏崎平野南側の米山山塊からなる（第 3.1-1 図）。

丘陵は、概ね NNE-SSW 方向に細長く配列し、地形上の特徴から、寺泊町から柏崎市にかけての日本海に面した寺泊・西山丘陵、その東側の中央丘陵、八石丘陵等に区分される。

柏崎平野は、およそ南北 15km、東西 4km~7km の平野であり、北側は寺泊・西山丘陵に、東側は中央丘陵に、南側は米山山塊にそれぞれ囲まれており、平野西側には海岸線に沿って荒浜砂丘が発達している（第 3.1-2 図）。

発電所敷地は、寺泊・西山丘陵南西端部の荒浜砂丘に位置する。

当該地域の新第三系~下部更新統には NNE-SSW 方向~NE-SW 方向の褶曲構造が発達しており、背斜部は丘陵に、向斜部は平野あるいは主要河川沿いの低地に対応しているが、寺泊・西山丘陵では、褶曲構造と地形との対応が良くない（第 3.1-1 図）。

(2)地質層序

a. 新第三系~下部更新統の層序

柏崎平野及びその周辺地域における新第三系~下部更新統の層序については、主に岩相、貝化石に基づく広域対比が行われ、下位から、中期~後期中新世の寺泊層、後期中新世~鮮新世初頭の椎谷層並びに鮮新世初頭~前期更新世の西山層、灰爪層、和南津層及び魚沼層に区分され、新潟標準層序として確立された（例えば、新潟県、1977；宮下ほか、1972）。なお、当地域の地下深部には、寺泊層の下位に、中期中新世の七谷層、前期中新世のグリーンタフ及び花崗岩類などからなる基盤岩類が伏在している。

新潟標準層序における各層は、それぞれ異なる底生有孔虫化石群集により特徴づけられており、これらの底生有孔虫化石群集と現在の日本海水域における底生有孔虫深度群集とは良い対応を示していることから（第 3.1-1 表）、標準層序は、岩相層序であるものの、広域にわたる堆積環境、特に堆積時の古水深を把握する上で有効な地層区分である。

当地域における地質層序の総括を第 3.1-2 表に、地質図を第 3.1-3 図に示す。

新潟標準層序は岩相層序であり、各層は時間単位として用いることができないため、褶曲形成史を解明する上での年代尺度として、当地域及びその周辺に広域に分布し、かつ確実に同定が可能なテフラを 18 層選定し、示標テフラとした（第 3.1-3 表）。

示標テフラの年代については、八石丘陵の小国町芝ノ又川及び土口川（以下、芝ノ又川・土口川ルート）、黒姫丘陵の柏崎阿相島川（以下、阿相島川ルート）、中央丘陵の出雲崎町常楽寺（以下、常楽寺ルート）において古地磁気測定を、また、常楽寺ルートにおいて珪藻化石分析を行い、古地磁気層序及び微化石層序との関係に基づき、堆積速度曲線を作成して、同曲線上で内挿、一部外挿して年代値を求めた（第 3.1-4 図）。

示標テフラと岩相層序との関係を第 3.1-5 図に示す。約 2.4Ma の阿相島テフラ（Az）及びそれ以降のテフラでは、同一テフラが南ほど浅い古水深を示す地層中に挟在しており、堆積場の浅海化は、南から北に向かって段階的に進行しており、北部でも寺泊・西山丘陵における浅海化は、隣接する中央丘陵北部に比べて早い時期に生じている。すなわち、約 2.4Ma 以降においては、西山層、灰爪層、和

南津層及び魚沼層は広い範囲で指交関係にある。

b. 下部更新統～中部更新統の層序

上記の魚沼層以下の地層には NNE－SSW 方向～NE－SW 方向の褶曲構造が発達しており，褶曲した魚沼層以下の地層を不整合で覆って，柏崎平野には大坪層（柏崎平野団体研究グループ，1966）が，中央丘陵の南部には久米層（小林ほか，1989）が，寺泊層・西山丘陵と中央丘陵との間の島崎川流域には和島層（立石ほか，1985）が，また，中央丘陵の東縁部には脇野町層（池辺，1941）がそれぞれ分布する（第 3.1－2 表，第 3.1－3 図）。これらの地層はいずれも，堆積面を残していないことから段丘堆積物とは区別される。これら 4 層のうち，久米層の最下部には吉水テフラ（約 0.95Ma）が，脇野町層には阿多鳥浜テフラ（約 24 万年前）が挟在することが確認されているものの，大坪層及び和島層については直接の年代を示すデータが得られておらず，両層の堆積年代については，岸・宮脇（1996）によると，褶曲の形成時期との関連などから大坪層は 1Ma 頃，和島層は脇野町層とほぼ同時期と推定されている。

c. 中部更新統～上部更新統の層序

柏崎平野地域には，青海川層，安田層，大湊砂層，番神砂層などの中期更新世末期～後期更新世の地層が分布する。岸ほか（1996）は，柏崎平野における中期更新世末期～後期更新世の示標テフラとして，阿多鳥浜テフラ，中子軽石層，御岳瀉町テフラ（約 9.5 万年前～約 9 万年前；町田・新井，2003），大山倉吉テフラ（ ≥ 5.5 万年前；町田・新井；2003）等を報告している（第 3.1－4 表）。

(a)段丘面・段丘堆積物

柏崎平野及びその周辺において、主に縮尺約 1/20,000 の空中写真を用いて段丘面区分を行った。その結果、柏崎平野及びその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、 M_I^+ 面、 M_I 面、及び M_{II} 面に区分される（第 3.1-6 図）。H 面が柏崎平野団体研究グループ（1966）による青海川面に、 M_I^+ 面、 M_I 面及び M_{II} 面が同グループの安田面にほぼ相当するが、 M_{II} 面は安田面に一括されている。

H 面は、柏崎平野及びその周辺における最高位の段丘面であり、段丘面の高度は標高 50m~80m 程度である。段丘面は開析が進み、わずかに平坦面を残す程度であり、尾根状を呈する。

柏崎市の鯨波海岸に分布する H 面は、柏崎平野団体研究グループ（1966）等による青海川面に相当し、H 面は、柏崎平野南端部の柏崎市上軽井川付近、南下付近、平井付近、平野北部の中央丘陵西縁の西山町坂田付近、また、北部海岸の柏崎市椎谷付近にも分布する（第 3.1-6 図）。H 面構成層である青海川層は、鯨波海岸では主に礫層及び淘汰の良い砂層から、柏崎平野などでは主に泥岩礫層及びシルト層からなり、層厚は数 m~10 数 m 程度である。

なお、小池・町田編（2001）によると米山海岸の上輪及び青海川付近において局所的に MIS5c の旧汀線高度が標高 70m~80m の値を示すとされている。この付近の段丘面については、第 3.1-7 図に示すように、その構成層がクサリ礫層からなり、マトリックスも風化が進んでいること、礫層は層厚が 2.5m 以上のローム層に覆われ、ローム層上部に阿蘇 4 テフラ（約 8.5~9 万年前；町田・新井，2003）

が挟在することから、高位段丘面と判断される。同段丘面の形成年代については、ローム層の堆積速度を一定と仮定した場合、30 数万年前と推定される。

H 面及びその構成層である青海川層については、その形成年代あるいは堆積年代を推定できる示標テフラ等は確認されていないものの、後述のように、 M_1 面が MIS5e に対比されることなどから、H 面は MIS7 ないしそれ以前と推定される。

M_1 面は柏崎平野において最も広く分布する段丘面であり、段丘面の高度は平野中央部において標高 20m~30m 程度である。 M_1 面は面の開析が進んでいるものの、平坦面が比較的広く保存されている。

M_1 面は、上記のように、柏崎平野団体研究グループ（1966）の安田面に概ね対比され、同グループは、安田面の構成層を安田層と定義しており、柏崎平野内の M_1 面は安田層により構成されているものの、海岸部に分布する M_1 面直下の構成層は大湊砂層であることが確認され（第 3.1-8 図）、 M_1 面直下の構成層が、平野内と海岸部とで異なっている。

(b)安田層

柏崎平野内の M_1 面を構成する安田層については、柏崎平野団体研究グループ（1966）により柏崎市横山を模式地（第 3.1-9 図の Loc.1）とされ、安田層は、シルト層と砂層との不規則な互層からなる上部層とシルト~粘土層優勢な下部層とに区分されており、下部層は、全体的に腐植質であり、その層相などから海進に伴う谷埋性の堆積物と推定される。横山における上部層と下部層との境界は標高 14m 程度であり、この 2 部層の区分は平野内では概ね水平に広く追跡で

き、平野北部では、下部層が欠如し、上部層が下位の大坪層あるいは灰爪層を直接不整合で覆う（第 3.1-9 図）。安田層下部層は沖積層下に没し、その下限は不明であったが、前章で述べたように、模式地である横山において実施した地質調査結果によると、安田層下部層下の標高-10m~-25m 程度に MIS7 に対比される地層が伏在し、同地層内に阿多鳥浜テフラが挟在していること、さらに下位の標高-25m 程度以深には MIS9 に対比される地層が伏在していることが確認された（第 2-21 図）。

M_1 面については、その形成時期を推定できる示標テフラ等は確認されていないものの、同面は柏崎平野において最も広く分布すること、同面構成層である安田層は海進期における谷埋性の堆積物であること、後述するように、同面を構成する安田層上部層は大湊砂層と同時異相の関係にあり、大湊砂層の離水面付近に中子軽石層が検出されていること（岸ほか、1996）などから、 M_1 面は MIS5e に対比される。

柏崎平野と丘陵との境界付近の平野縁辺部には M_1^+ 面が分布する（第 3.1-6 図）。 M_1^+ 面は丘陵側から平野側に向って緩く傾斜するやや起伏のある扇状地性の平坦面であり、鯖石川の平野への出口付近、別山川支流の中央丘陵から平野への出口付近に認められ、現在も沖積扇状地の発達が認められる所に一致すること、平野中央部では M_1 面に漸移あるいは一部では数 m の崖によって M_1 面と接すること（第 3.1-9 図）などから、 M_1^+ 面は M_1 面形成期あるいはそれより若干以前に、丘陵から平野に流入する河川により形成された扇状地あるいは三角州堆積面であると考えられる。

柏崎平野中央部の安田面分布域の外縁部には、 M_1 面より 5m 程度

低位に段丘面が認められ、この面は M_I 面と明瞭な比高を有する段丘崖で接していることから、 M_{II} 面とした（第 3.1-6 図）。半田付近（第 3.1-9 図の Loc.11）等の M_{II} 面においては、層厚 2m~3m 程度の中粒~粗粒砂層が下位の安田層下部層を覆っていることが確認された。同堆積物は、その基底の高度分布から安田層を侵食して堆積したものであり、 M_{II} 面は MIS5e の海進後、次の海面安定期である MIS5c に対比される。

(c)大湊砂層

岸ほか（1996）は、柏崎平野団体研究グループ（1966）が番神砂層とした地層のうち、水成相を呈する下部層を大湊砂層とし、風成相を呈する上部層を番神砂層と再定義している。

海岸部に分布する M_I 面直下の構成層は、上記のように、柏崎市長崎付近、刈羽村西元寺付近、鯨波海岸などにおいて大湊砂層であることが確認されており（第 3.1-8 図）、大湊砂層の下位には腐植質でシルト~粘土層優勢な堆積物が分布しており（第 3.1-10 図）、岸ほか（1996）はこの堆積物を安田層下部層として取り扱っている。

大湊砂層は黄灰色~黄褐色、一部橙褐色の分級の良い中粒砂層からなり、層厚は数 m~10 数 m である。本砂層は、全体的に砂鉄質であり、数 mm~数 cm のシルト層を挟在することが多く、平行ラミナ、波長の短いウェーブリップルないしカレントリップルが発達し、一部で比較的波長が長い斜交層理も認められる。本砂層中からは貝化石は確認されないものの、比較的大型の生痕化石が散点的に認められる。これらの層相から、大湊砂層は海浜~浅海堆積物と認定される。

本砂層は、後述の風成層である番神砂層に覆われている。海浜～浅海成の大湊砂層から風成の番神砂層への層相変化は漸移的であるが、比較的短区間のうちに海浜～浅海相から、粒度・層相変化に乏しく均質な風成相に変化する。また、両砂層境界付近に顕著な土壌の発達認められないことなどから、両砂層は整合・漸移の関係にある。

大湊砂層と番神砂層との境界付近、すなわち水成層－風成層境界付近には、刈羽村十日町、柏崎市長崎、同市鯨波等において、中子軽石層に同定される軽石層が検出されている（岸ほか、1996；第3.1－10図）。中子軽石層の年代は、信濃川中流地域におけるテフラの堆積速度がほぼ一定として、約15万～13万年前と推定され（早津ほか、1982）、町田・新井（2003）によっても約13万年前ないしそれよりも古いとされているものの、信濃川下流地域では、Ota（1969）が南関東の下末吉面に対比した段丘面において、中子軽石層は同面を構成する堆積物の最上部に挟在することが確認されている（早津・新井、1982）ことから、中子軽石層の降下期は、下末吉海進すなわちMIS5eのピーク期の可能性もある。これらのことから、大湊砂層と番神砂層との境界、すなわち大湊砂層の離水面はMIS5eの離水面に相当するものと判断した。

大湊砂層と番神砂層との境界面の高度は、海岸部において大湊砂層が形成するM₁面に連続し、この面の高度は、柏崎平野内において安田層上部層が形成するM₁面の高度と同程度で連続している（第3.1－11図）。このことから、大湊砂層は安田層上部層とほぼ同時期の堆積物であり、両者は指交関係にあるものと判断される。

(d) 番神砂層

番神砂層は、灰白色，一部で褐色～赤褐色を呈する塊状の中粒砂層を主とし，一般に良く固結している。層厚は最大 25m 程度である。番神砂層は均質で粒度変化が少なく，一般に無層理であるが，不明瞭ながら高角度で傾斜した層理，埋没土壤がみられることも多い。これらの層相から番神砂層は風成層，すなわち古砂丘堆積物と認定される。

発電所敷地内において，番神砂層の最上部に御岳潟町テフラが確認された（第 3.1－10 図）。このことから，番神砂層には，大湊砂層の離水後，引き続き堆積した風成砂層のほかに，それより新しい時代の風成砂層が含まれている。また，番神砂層を覆う風成ローム層から，柏崎市東の輪町，同市松波，刈羽村寺尾西等の番神砂層分布域のほぼ全域において，約 5.5 万年前ないしそれよりも古い大山倉吉軽石層が検出された（第 3.1－10 図）。大山倉吉軽石層の産出層準は，番神砂層を覆う風成ローム層最上部の黒色土壌直下から産出する地点と，風成ローム層最下部から産出する地点の 2 種類に分かれる。このことから，番神砂層は古砂丘として，大山倉吉軽石層が降下するかなり前に固定した所と，大山倉吉軽石層降下直前に固定した所があり，少なくとも約 5 万年前には古砂丘は固定したものと考えられる。

(e) 沖積層・新期砂層

柏崎平野及び河川の低地内には完新世の沖積層が，荒浜砂丘には新期砂層が分布する。沖積層は砂・シルト・礫の不規則な互層からなり，未固結である。新期砂層は，未固結な淘汰の良い砂層からな

り，砂丘を形成している。

(3) 柏崎平野の中部更新統～上部更新統の堆積環境

岸ほか（1996）は，空中写真を用いた地形分類，テフラに基づく段丘面の対比，段丘面と面を構成する堆積物との関係などについて検討を行い，層序・堆積年代・古環境等を明らかにし，以下のとおりまとめている。

大湊砂層上限面は，MIS5eにおける離水面であり，離水後まもなく風成の番神砂層に覆われたため，大湊砂層上限面は離水時の状態のまま保存されることになったものと考えられる。また，平野内において MIS5e に対比される M_1 面・ M_1^+ 面は，面の頂部には定高性があり，面を覆う風成ローム層の層厚が 1m 程度と薄く，離水面と地表面はほぼ一致しているものとみなせる。これらのことから，柏崎平野における MIS5e の離水面（原面）は，大湊砂層上限面の高度及び M_1 面・ M_1^+ 面の頂部を連ねた高度により復元できる（第 3.1-12 図）。

復元された MIS5e における離水面の地形において，最高位旧汀線高度は，平野北部の柏崎市大湊，刈羽村寺尾西付近で標高 50m 程度，平野南部の柏崎市上軽井川付近でも標高 45m をやや超える程度，平野東縁の中央丘陵との境界部でも標高約 40m 以上である。離水面の地形は，最高位旧汀線付近から柏崎平野の中央部に向かって高度を減じ，中央部では標高 25m～20m 程度を示しており，平野中央部を中心とする盆状を呈している。

海岸部における離水面の地形は，柏崎市大湊付近から南西方向に連続する高まりとなっており，この高まりは大湊砂層の分布域と一

致し、高まりの東側の盆状部における離水面は安田層上部層によって形成されている。このことから、大湊砂層の離水面が形成する高まりは、海浜～浅海堆積物である大湊砂層により形成された砂州の形態を示すと判断される。この砂州は外海と内湾とを境し、内湾側には閉鎖水域での層相を示す安田層上部層が堆積している。すなわち、MIS5eの海進期に、柏崎平野においてバリアーシステムが形成されたことが示唆され、大湊砂層はバリアーの構成層であり、安田層上部層はその背後のラグーンの構成層であると考えられる。

(4) 柏崎平野周辺の褶曲形成史

a. 陸域

岸・宮脇（1996）は、柏崎平野周辺地域における褶曲の形成時期について、示標テフラを時間軸とし、鮮新統～中部更新統の地質構造・堆積相から推定される古環境等に基づき検討した。

その結果、当地域において、①中央丘陵南部及びその南方地域では 2.8Ma～2.4Ma に、②寺泊・西山丘陵及びその前面の大陸棚では 2.0Ma～1.5Ma に、③中央丘陵南部では 1Ma 頃に、また、④中央丘陵の北部、八石丘陵等では 0.7Ma～0.3Ma にかけて、それぞれ褶曲が進行した。さらに、⑤信濃川左岸地域では後期更新世から現在にかけて褶曲（活褶曲）が進行している（第 3.1-13 図）。

③の褶曲を除けば、いずれの褶曲も広い範囲に及んでおり、40 万年～50 万年間という比較的短期間に大変形に達している。また、これらの褶曲期の前後には、いずれも長期間にわたり褶曲が顕著に進行しない静穏な褶曲期が存在している。

褶曲の最盛期は場所ごとに異なっており、全域的には静穏な褶曲

の中で、急速な褶曲が地域的かつ、断続的に発生している。これらの褶曲域はお互いに重複することはなく、少なくとも当地域に関する限り、新第三紀末以降では褶曲運動はその最盛期を西から東へ移動しながら進行しているように見える。

b. 海域

発電所敷地前面の海域には、2007年に発生した新潟県中越沖地震の震源域の西側に、2条の背斜構造（以下、F-B褶曲群と呼ぶ。）が同地震の余震分布に沿ってNE-SW方向に並走している（第3.1-14図）。

F-B褶曲群の2条の背斜うち、東側の背斜は、西翼の傾斜が急な非対称な背斜であり、背斜西翼のD層以下の地層に東上がりの逆断層が推定されることから、同断層の上盤側に形成された断層関連褶曲である。この背斜では、E層以下の地層に *growth strata* などは認められず、ほぼ平行に褶曲していることから、背斜の形成開始時期はD層堆積開始以降であり、この背斜を形成するD層はC層に傾斜不整合で覆われ、C層上部以上の地層に *growth strata* などは認められないことから、背斜の成長はC層堆積以降、活動を停止したものと考えられる。

F-B褶曲群の2条の背斜のうち、西側の背斜は、西翼の傾斜が急な非対称な背斜であり、東上がりの撓曲形態を示しており、撓曲構造の地下深部に東上がりの逆断層が想定され、この背斜は深部に想定される断層上盤側に形成された断層関連褶曲である。同背斜では、C層以下の地層はほぼ平行に褶曲し、B層以上の地層に *growth triangle* が認められることから、その形成開始時期はB層堆積以降で

ある。

音波探査記録の各層について、音波探査記録と基礎試錐「佐渡沖」(天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会, 1992)との対比を行った結果、C層基底面は浮遊性有孔虫化石 No.2 *Globorotalia inflata* bed 層準(約 1.4Ma; 佐藤ほか, 1988)に対比され、また、B層基底の年代は約 0.6Ma と推定された。これらのことから、F-B 褶曲群の 2 条の背斜のうち、東側の背斜の形成時期は 1.4Ma から 0.6Ma にかけてであり、西側の背斜の形成時期は 0.6Ma 以降と考えられる。

以上のように、新潟県中越沖地震の震源断層に関連したものと考えられる F-B 褶曲群についても、陸域と同様、断層関連褶曲形成の場が、時代とともに西方(陸域とは逆方向)へ移動しているものと判断される(第 3.1-15 図)。

(5) 敷地近傍陸域の地質構造

a. 概要

敷地近傍陸域の空中写真判読図を第 3.1-16 図に，地質図を第 3.1-17 図に，敷地近傍における反射法地震探査結果を第 3.1-18 図～第 3.1-24 図に示す。敷地近傍の地質構造は，西山層及びそれ以下の地層にみられる褶曲構造に特徴付けられる。

敷地北側の寺泊・西山丘陵南部には，いずれも軸が NE-SW 方向の後谷背斜及び長嶺背斜が分布する。両背斜間の真殿坂向斜は，北西側の翼が急な非対称な向斜構造であり，小松ほか（1968）などの一部の文献では真殿坂断層が示されている。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。

長嶺背斜の南方延長部においては，沖積層等が分布しており，刈羽村西元寺付近を経て同村高町付近に背斜が連続しており，高町付近では高町背斜と呼ばれている。

長嶺・高町背斜東側の平野内では緩い向斜構造が認められ，同向斜軸部においては，西山層中部以下の地層は北西側の翼がやや急な非対称な向斜構造を示すものの，西山層中部以上の地層は地層の屈曲部を伴わない緩やかな同斜構造あるいは向斜構造を示す。高町背斜南方延長部の柏崎市長崎付近では，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。

柏崎平野東側の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。同背斜は，軸部付近の両翼の地層が急傾斜を示すものの，反射法地震探査結果によると，同背斜の地下深部において，標高-1,500m 付近には寺泊層下部の S

タフ、標高-3,000m 付近には基盤岩類上面等にそれぞれ対比される反射面が認められ、これらの反射面は 10° 以下の西傾斜を示す。

また、敷地近傍における反射法地震探査結果によると、敷地の前面海域から陸域においては、寺泊層下部に挟在する S タフが緩やかな西傾斜で連続しており、敷地付近において西山層及び椎谷層等に見られる褶曲構造及び真殿坂断層が推定されている地質構造のいずれも、S タフより深部では認められない。

なお、敷地近傍陸域においては、いずれの文献においても、活断層、推定活断層あるいはその可能性のあるリニアメントは示されておらず、空中写真判読による変動地形学的調査によっても、活断層及び活褶曲に起因した変動地形の可能性のある地形（以下、リニアメントと呼ぶ。）は認められない。

b. 真殿坂断層

敷地北側の寺泊・西山丘陵においては、北西側の後谷背斜と南東側の長嶺背斜との間の真殿坂向斜軸部に一部の文献により真殿坂断層が示されており、同断層が位置する真殿坂向斜は、敷地に連続している。

真殿坂向斜の位置に推定されている真殿坂断層は、大村（1927, 1930）、池辺（1949）、小松ほか（1968）等によって示されている断層であり、後谷、長嶺両背斜間の向斜部に生じた $N40^{\circ} E$ 方向に延びる西傾斜の逆断層であるとされている。一方、「[新編] 日本の活断層」（1991）、「活断層詳細デジタルマップ」（2002）等の活断層に関するいずれの文献においても、真殿坂向斜及びその近傍に活断層、推定活断層あるいはその可能性のある変動地形は示されていない。

また、空中写真判読結果によると、真殿坂断層が推定されている真殿坂向斜を含め、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（第 3.1-25 図）。

寺泊・西山丘陵及び中央丘陵について、地形と地質構造との関係を比較すると、両丘陵とも堆積岩の寺泊層、西山層、灰爪層及び魚沼層が分布しており、岩質に差異はないものの、中央丘陵においては分水嶺と背斜軸とは比較的良く対応しているのに対して、寺泊・西山丘陵においては分水嶺と背斜軸とは斜交あるいは直交し、対応は認められない（第 3.1-26 図）。また、数値標高モデル（DEM）による寺泊・西山丘陵南端部の地形解析結果からも、背斜軸及び向斜軸と地形との対応は認められない（第 3.1-27 図）。

寺泊・西山丘陵における地質図を第 3.1-28 図に、地質断面図を第 3.1-29 図に示す。当該地域には、下位より、寺泊層、椎谷層、西山層及び灰爪層が分布しており、後谷、長嶺両背斜間の向斜軸部において、椎谷層、西山層の層理面は、向斜軸の西側では 40° 程度の南東傾斜を示すが、向斜軸近傍の幅約 50m 間で急傾斜となり、向斜軸部付近では $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 程度の南東傾斜、一部で反転し北西急傾斜を示し、向斜軸の東側では $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 程度の北西傾斜を示す。真殿坂断層が示されている付近は、軸部の地層が急傾斜を示す非対称な向斜構造となっており、同向斜構造は柏崎市西山町鎌田から刈羽村滝谷に至る間に認められる。

滝谷以南では、番神砂層等の上部更新統が分布するため、地表部において西山層等の構造を確認できないため、前述したように刈羽村寺尾周辺において反射法地震探査、ボーリング調査等を実施した（第 3.1-30 図）。その結果によると、西山層及び椎谷層に北西上が

りの逆断層あるいは軸部の地層が急傾斜を示す非対称な真殿坂向斜が認められる。同向斜構造を不整合に覆う安田層，大湊砂層等が分布しており，安田層，大湊砂層等の各地層境界面，安田層上部に挟在する白色ガラス質テフラ，安田層下部に挟在する阿多鳥浜テフラなどのいずれも，東方に微傾斜を示すものの，ほぼ水平に堆積しており，西山層及びそれ以下の地層にみられる褶曲構造に対応する変形は認められない（第 3.1-31 図）。

一方，鎌田以北においては，地表部では真殿坂断層に対応する軸部の地層が急傾斜を示す非対称な向斜構造は不明瞭となり，西山町灰爪以北においては，長嶺背斜及び真殿坂向斜の北方延長部に灰爪層が分布し，同層は 20° 程度東傾斜の同斜構造を示す（第 3.1-28 図，第 3.1-29 図）。この緩傾斜の同斜構造を示す灰爪層は，急傾斜を示す西山層を傾斜不整合で覆っていることが確認され（第 3.1-32 図），岸・宮脇（1996）は，この不整合を稲川不整合と呼んでいる。なお，稲川不整合の上位の灰爪層最下部には 1.5Ma の出雲崎火山灰（Iz）が挟在している。

また，鯨岡（1962）は「灰爪層基底の不整合下に西山層以下の地層よりなる古い背斜構造があり，寺泊層中に石油を胚胎しているが，この構造は灰爪層以上の地層に反映されていないことが認められる。」とし，池辺（1955）も，地表部で緩傾斜を示す灰爪層の下に翼部の急な背斜が存在し，灰爪層堆積後はほとんど褶曲していないとしている（第 3.1-33 図）。

以上のように，稲川不整合は，その位置等から池辺（1955）及び鯨岡（1962）が指摘した地下における灰爪層基底の不整合に連続するものであり，地下で確認されている西山層以下の地層にみられる

褶曲の 1.5Ma 以降における成長はないものと判断される。

3.2 敷地の地質・地質構造

(1)地形

敷地は、日本海と柏崎平野にはさまれた標高 80m～100mの寺泊・西山丘陵南西端部の荒浜砂丘に位置する。この砂丘は、複雑な小起伏がみられるが、全体としてはなだらかで丸味があり、海岸にほぼ平行した等高線で示される地形を呈している。

NE－SW方向に連なる標高 60m～90mを示す分水嶺を境として、日本海側は比較的緩やかな斜面を形成しているが、内陸側は相対的にやや急斜面となっている。

(2)地質層序

敷地における地質層序表を第 3.2－1 表に、地質図を第 3.2－1 図に、地質断面図を第 3.2－2 図に示す。

敷地の地質は、下位から新第三紀の寺泊層、椎谷層及び西山層、新第三紀～第四紀の灰爪層、それらを不整合で覆う第四紀の安田層、番神砂層、新期砂層からなる。

各地層の分布、岩相・層相、層位関係、堆積年代等は、以下のとおりである。

①寺泊層

本層は、敷地北部において実施したボーリングの深度 860m付近から調査下限の深度 1,000m程度まで分布を確認している。

主に黒灰～黒色を呈する泥岩及び砂岩・泥岩の互層からなる。

本層の堆積年代は、土編（1979，1981）等によると、中新世中期から後期であるとされている。

② 椎谷層

本層は、敷地北部では第四系の下位に分布している。

主に灰色～暗灰色を呈する砂岩優勢な砂岩・泥岩の互層からなり、細礫岩等を挟在する。上部になるに従って泥岩が優勢な岩相となり、塊状泥岩からなる西山層に漸移している。下位の寺泊層を整合に覆う。

本層の堆積年代は、土編（1979，1981）等によると、中新世後期～鮮新世初期であるとされている。

③ 西山層

本層は、ほぼ敷地全域にわたって第四系の下位に分布している。

主に暗緑灰色を呈する塊状無層理の泥岩からなり、スコリア粒、軽石粒、ノジュール、砂岩、凝灰岩、縞状泥岩等を挟在する。本層は、これらの挟み層の分布状況などによって下位から N_1 、 N_2 及び N_3 の3部層に区分することができる。

N_1 部層はシルト質～粘土質な泥岩からなる。上部にはスコリア粒、軽石粒等が含まれる程度で、ノジュールを除くと明瞭な挟み層は認められない。中部から下部には砂岩薄層、軽石粒、ガラス質な細粒凝灰岩、ノジュール等を挟在し、珪質海綿化石を多産する。

N_2 部層はシルト質な泥岩からなる。縞状泥岩、軽石質凝灰岩、スコリア質凝灰岩、ノジュール等を多く挟在する。

N_3 部層はやや砂質な泥岩からなり、上部ほど砂質な傾向がみられる。砂岩、軽石質凝灰岩、ノジュール等を挟み全般的に貝化石を産する。下位の椎谷層を整合に覆う。

本層の堆積年代については、鮮新世～更新世とする文献もあるが、西山層下部に挟在する Nt-7 火山灰層及び西山層中部に挟在する Nt-17 火山灰層のフィッシュトラック年代測定を行った結果、それぞれ 350 ± 20 万年前及び 340 ± 20 万年前の値が得られていること、西山層最上部に鮮新世末期の Fup テフラ、Tsp テフラ（約 2.3Ma；岸・宮脇，1996）が挟在すること、また、菊池ほか（1984）によると、火山灰層の対比から西山丘陵の西山層の堆積年代は鮮新世とされていることから、敷地に分布する本層の堆積年代は鮮新世と判断される。

④ 灰爪層

本層は、敷地南西部に分布している。

主に白色～灰白色の凝灰質泥岩，凝灰質砂岩及び軽石質凝灰岩からなり，下位の西山層を整合に覆う。

本層の堆積年代については，下位の西山層と整合に重なること，菊池ほか（1984）による対比，Iz テフラを挟在することなどから，鮮新世後期～更新世前期と判断される。

⑤ 安田層

本層は，大湊砂層，番神砂層あるいは新期砂層の下位に，敷地のほぼ全域にわたって分布している。新第三系上限面に刻まれた河谷を埋積しながら堆積したため，新第三系の谷底部には砂や砂礫が分布し，新第三系が比較的高いところでは下部を欠き，上部が直接新第三系に接している。

主に粘土～シルトからなり，砂，砂礫等を挟在する。場所により

地層構成，層厚に差があるが，大局的には粗粒から細粒に変化する堆積サイクルが認められ，このサイクルによって下位から A_1 ， A_2 ， A_3 及び A_4 部層に区分することができる。

各部層のうち， A_1 部層は新第三系上限面の旧河谷部に分布し，砂，砂礫を挟む。 A_2 部層は砂，厚い砂礫，有機物を挟む。 A_3 部層は貝化石を含み，有機物あるいは縞状粘土を，また，海岸寄りでは砂を伴う。 A_4 部層は砂を多く挟み，最上部に厚い砂を伴う。下位の第三系を不整合に覆う。

本層は，前述のとおり，下位から MIS10～MIS9 の堆積物，MIS8～MIS7 の堆積物からなり，その最上部においてやや寒冷な気候が推定されることから，MIS7 と MIS6 の境界付近（約 20 万年前）の堆積物を含むものと推定される。

⑥大湊砂層

本砂層は，新期砂層に覆われて，海岸付近を除く敷地のほぼ全域に分布している。

主に分級の良い赤褐色～黄褐色を呈する中粒～粗粒砂からなり，厚さ数 mm～数 cm のシルト層を挟在し，安田層を不整合に覆う。

本砂層は，その層相から海浜～浅海性の堆積物と判断され，敷地周辺において標高 25m 程度の M_1 面を構成しており，本砂層の最上部には中子軽石層に対比される軽石層が挟在する（岸ほか，1996）ことから，南関東における下末吉面（MIS5e）に対比される。

⑦番神砂層

本砂層は，新期砂層に覆われて，海岸付近を除く敷地のほぼ全域

に分布している。

主に分級の良い灰白色を呈する塊状の中粒～粗粒砂からなり、前述した大湊砂層に比べて固結度が高い。砂粒は大部分が石英及びチャート粒からなり、何種類かの重鉱物を含んでいる。風成の葉理構造が認められ、古砂丘を形成しており、下位の大湊砂層を整合あるいは一部不整合に覆う。

本砂層の堆積年代については、敷地周辺において本砂層最上部に御岳潟町テフラを挟在しており、本砂層を覆うローム層から大山倉吉軽石層が検出されることから、大湊砂層離水後、引き続き堆積した古砂丘堆積物であり、MIS5e～MIS4と判断される。

⑧新期砂層

本砂層は、敷地のほぼ全域にわたって、下位層を覆って分布している。下位層上限面に刻まれた谷を埋めるように堆積したため、場所により層厚が大きく変化している。

主に未固結の淘汰の良い細～中粒砂からなる。下部は茶褐色を呈し、上部は灰白色を呈し、現在の海浜、砂丘を形成しており、下位層を不整合に覆う。

本砂層の堆積年代については、 ^{14}C 年代測定の結果から、少なくとも約 6,000 年前と考えられる。

(3)地質構造

①褶曲構造

敷地の地質構造図を第 3.2-3 図に、反射法地震探査結果を第 3.2-4 図～第 3.2-10 図に示す。

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。西山層の傾斜は、敷地北部の5号、6号及び7号炉付近では $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の角度で西へ傾斜し、敷地南部の1号、2号、3号及び4号炉付近では $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ の角度で南へ傾斜している。また、西山層の走向は、敷地北部の5号、6号及び7号炉付近ではNNE-SW～N-S走向、敷地南部の1号、2号、3号及び4号炉付近ではWNW-ESE～ENE-WSW走向を示している。したがって、後谷背斜軸及び真殿坂向斜軸は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。これらの褶曲構造は緩やかで、各鍵層は連続している。反射法地震探査結果においても、後谷背斜及び真殿坂向斜の延長と判断される地質構造が確認されており、これらの位置はボーリング調査等による調査結果と一致している。

また、真殿坂向斜を横断して実施した既往のボーリング調査結果によると、安田層中に挟在する阿多鳥浜テフラ等がほぼ水平に分布している（第3.2-11図）ことから、敷地で認められる新第三系に認められる褶曲運動は、少なくとも安田層の堆積時にはほぼ終了していたものと考えられる。

②断層及びリニアメント

1号～7号炉基礎地盤及びその周辺において確認されている断層を第3.2-12図に、主要な断層と安田層との関係を第3.2-13図に示す。これらの断層は、褶曲の形成に伴って生じた高角系断層及び低角系断層、地すべり性断層に区分しており、これまでの地質調査結果から後期更新世以降の活動性はないと評価している。また、空

中写真判読からもリニアメントは認められない。

a. 高角系断層

高角系断層は、褶曲軸に対して斜交する α 断層及び β 断層と褶曲軸に対して直交するV系断層に区分される。 α 断層及び β 断層は、1号炉から2号炉にかけて分布しており、両断層ともNE-SW～N-S走向で、 $70^\circ \sim 80^\circ$ 程度東に傾斜する正断層である。両断層は、1号炉敷地造成法面で安田層A₃部層に達するものの、同層中の低角度小断層で止まっており、これより上方への延長は認められず、さらに、安田層の上位に分布する大湊砂層にも変位・変形を与えていない（第2-22図）。

V系断層は、比較的規模の大きいものとしてV₁～V₄，V_a～V_c及び3V-1～3V-5断層の12本の断層が分布しており、NW-SE～NNW-SSE走向、 $70^\circ \sim 90^\circ$ 程度西傾斜または $50^\circ \sim 70^\circ$ 程度東傾斜を示す正断層である。また、5号炉調査において、V₂断層を選定して試掘坑（追跡坑）調査を実施し、安田層A₃部層に延びていないことを確認している。

これらの断層が、新潟県中越沖地震の発生に伴い活動していないか確認するために、 β 断層及び3V-5断層を選定して立坑調査を実施した結果、上位の建設時仮設ヤードの砕石やアスファルトに断層活動による変位は認められず、当該地震に伴う活動はないことを確認した（第3.2-15図）。

b. 低角系断層

低角系断層は、層理面に平行な逆断層であるF系断層、層理面と

逆向きの正断層である L_1 断層とそこから分岐する層理面に平行な逆断層である L_2 断層に区分される。

F系断層は、比較的規模の大きいものとして、 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 及び F_5 断層の5本の断層が分布しており、いずれも層理面に平行な逆断層である。また、5号炉調査において、 F_3 断層を選定して試掘坑（追跡坑）調査を実施した結果、西山層上限面にごく僅かな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。

L_1 断層及び L_2 断層は、分岐・合流の関係にある一連の断層で、 L_1 断層はENE－WSW走向で、 18° 南傾斜を示す正断層、 L_2 断層は L_1 断層から分岐する層理面に平行な逆断層である。 L_1 断層は6号炉付近では、 F_3 断層に合流しそれより下方には認められず、7号炉付近では、 F_3 断層の上位で面のゆ着した断層に移化している。

L_2 断層は L_1 断層に合流し、それより下方には認められない。また、6号及び7号炉の試掘坑による追跡調査を実施した結果、 L_1 断層及び L_2 断層とも、安田層 A_2 部層に延びていないことを確認している。

これらの断層が、新潟県中越沖地震の発生に伴い活動していないか確認するために、 F_3 断層を選定して立坑調査を実施した結果、上位の安田層に断層活動による変位は認められず、当該地震に伴う活動がないことを確認した（第3.2-15図）。

c. 地すべり性断層

地すべり性断層は、3号～4号炉の基礎地盤中に分布する中角度で東へ傾斜する①断層と、高角度で西へ傾斜する②断層及び7号炉

の西山層上限面付近に小規模に分布する層理面に平行な低角度の a 断層とそれに合流する中角度の b 断層に区分される。

①断層は 3 号炉の北に分布し，NW－SE 走向で 50° 東に傾斜する正断層である。②断層は 3 号炉と 4 号炉の間付近に位置し，NW－SE 走向で 81° 西に傾斜する正断層である。①断層及び②断層は，連続する一連の断層となっており平面的には環状を呈すること，F₅ 断層の上位にのみ分布し地下深部には連続しないことなどから，構造運動に起因する断層ではなく地すべりに起因した断層であると判断される。また，試掘坑（追跡坑）調査を実施した結果，①断層は安田層 A₂ 部層に延びていないことを確認している。

a 断層は，層理面に平行な逆断層，b 断層はそれに合流する横ずれ断層で，L₁ 断層の一部とで西山層上限面付近において閉じた土塊を形成しており，地下深部へは達していない。なお，a 断層及び b 断層は，原子炉建屋等の基礎掘削によって取り除かれている。

また，新潟県中越沖地震により敷地の地表部で生じた亀裂についてもトレンチ調査を実施し，亀裂は地表付近で消滅しており地下深部には達していないこと（第 3.2-16 図），当該地震による敷地地盤は大局的には西側へ移動する挙動を示したこと，建設時の埋め戻しが段階的に行われたため異なる盛土材が存在することなどから，地表付近のみで生じた亀裂であり，構造運動に関連して形成されたものではないと判断される。

以上のことから，敷地内の断層は，いずれも安田層中で止まっており，安田層堆積終了以降，すなわち約 20 万年前以降の活動はないと判断される。

3.3 基礎地盤の安定性

基礎地盤の安定性については、柏崎刈羽原子力発電所 1, 5, 6, 7 号機の耐震安全性評価において、原子炉建屋基礎地盤をモデル化した地震応答解析を行い、基準地震動 S_s による地震力に対する支持性能の確認を行っている（東京電力，2009，2010）。地震応答解析は二次元の動的有限要素法解析により行い、その解析用要素分割図は第 3.3-1 図，第 3.3-2 図に示すとおり、建屋直下に分布する断層についてもモデル化している。

検討の結果、地盤のすべり安全率、傾斜、支持力の観点から、基準地震動 S_s に対して、基礎地盤は十分な支持性能を有していることを確認している。また、断層についても、基準地震動 S_s に対してせん断破壊に達する要素は一部認められるものの連続しないことを確認した（第 3.3-3 図，第 3.3-4 図）。

以上より、基準地震動 S_s による地震力に対して、基礎地盤は安定性を有していると評価している。

4. まとめ

敷地内の断層活動性評価にあたって、安田層の形成年代について、より精緻に評価することを目的として地質調査を実施した。

その結果、敷地の安田層は、下位から MIS10～MIS9、MIS8～MIS7 及び MIS7 と MIS6 の境界付近（約 20 万年前）の堆積物からなり、MIS5e の堆積物を含まず、MIS5e の離水期に降下した中子軽石層を上面に挟在する大湊砂層に、不整合に覆われることが明らかとなった。

さらに、当該調査結果も踏まえて敷地内の断層の活動性評価を実施し、以下を確認した。

- ① 敷地内の断層は、いずれも安田層中で止まっており、安田層堆積終了以降、すなわち約 20 万年前以降の活動はないこと
- ② 柏崎平野周辺における活発な褶曲域は、陸域では西から東へ、海域では東から西へ移動しており、約 1.5Ma（約 150 万年前）以降敷地近傍における活発な褶曲活動は認められないこと
- ③ 新潟県中越沖地震後に実施した立坑調査の結果、敷地内の断層が、上位の碎石、アスファルト等に変位を与えておらず、当該地震に伴う活動がないこと
- ④ 基礎地盤の安定性評価によって、基準地震動 S_s による地震力に対して、 α 断層や β 断層等の敷地内の断層にすべりが発生しないこと

なお、本報告は、現時点での評価結果を取りまとめたものであり、今後も継続して調査・分析を行っていくこと、現在国により活断層評価に関する審査基準等の策定が進められていることから、基準等

が定められた段階で改めて適合性等について評価を行っていく予定である。

【参考文献】

- 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, p.1-16.
- 長橋良隆・吉川周作・宮川ちひろ・内山高・井内美郎（2004）：近畿
地方および八ヶ岳山麓における過去 43 万年間の広域テフラの
層序と編年－EDS 分析による火山ガラス片の主要成分化学組成
－, 第四紀研究, vol.43, no.1, p.15-35.
- 柏崎平野団体研究グループ（1966）：柏崎平野の第四系－新潟県第四
系・そのVI－. 新潟大学教育学部高田分校紀要, no.10, p.145-185.
- 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, p.88-112.
- 新潟県（1977）：新潟県地質図（1/20 万）および同説明書, 493p.
- 宮下美智夫・三梨 昂・鈴木尉元・島田患夫・影山邦夫・樋口茂夫
（1970, 1972）：日本油田・ガス田図 7, 「魚沼」地質説明書．
地質調査所, 36p.
- 小林巖雄・立石雅昭・黒川勝己・吉村尚久・加藤碩一（1989）：岡野
町地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 図幅）, 地質調査
所, 110p.
- 立石 雅昭・茂木 荘栄・小林 巖雄（1985）：中越 和島村周辺の第四
系：層序と層相：第四紀．日本地質学会学術大会講演要旨, 92,
p.75.
- 池辺展生（1941）：新潟県西山油田北部の層序．石油技術協会誌, 9,
p.172-183.

- 町田洋・新井房夫（1979）：大山倉吉軽石層一分布の広域性と第四紀編年上の意義．地学雑誌，vol.88，no.5，p.33-50.
- 小池一之・町田洋編（2001）：日本の海成段丘アトラス．東京大学出版会，105p.
- 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．地理学評論，vol.55，no.2，p.130-138.
- Yoko Ota（1969）：Crustal Movements in the late Quaternary Considered from the Deformed Terrace Plains in Northeastern Japan. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, vol.40，p.41-61.
- 早津賢二・新井房夫・白井亨（1982）：新潟県高田平野の中位段丘と古砂丘一形成時代についての火山灰編年学的考察一．地学雑誌，vol.91，no.1，p.1-16.
- 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（改訂版）．520p.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・亀尾浩司（1988）：日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序，その4：総括-太平洋側および鮮新統／更新統境界の模式地との対比．石油技術協会誌，vol.53，no.6，p.475-491.
- 小松直幹・渡辺亨（1968）：小断層より解析した西山油田の地質構造（予報）．石油技術協会誌，vol.33，no.3，p.157-162.
- 大村一蔵（1927）：石油地質学概要（15）．地球，vol.8，p.449-457.
- 大村一蔵（1930）：越後油田の地質及鉱床．地質学雑誌，vol.37，p.775-792.
- 池辺穰（1949）：西山油田の地質構造．石油技術協会誌，vol.14，no.3，

p.96-99.

活断層研究会編（1991）：[新編] 日本の活断層．東京大学出版会，
437p.

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，68p.

鯨岡明（1962）：荒谷層の意味するもの．石油技術協会誌，27，no.6，
p.309-346.

池辺穰（1955）：“夏川石”と西山油田．堆積学研究，no.9，p.6-9.

土隆一編（1979）：日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基
本資料．IGCP-114, National Working Group of Japan, 156p.

土隆一編（1981）：日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基
本資料「続編」．IGCP-114, National Working Group of Japan, 126p.

菊池かおる・黒川勝巳・丸山直子・落合浩代・小林巖雄（1984）：新
潟油田地域，灰爪層・西山層と魚沼層群の火山灰層による対比．
地質学雑誌，90，no.2，p.101-115.

東京電力（2010）：柏崎刈羽原子力発電所1号機「発電用原子炉施設
に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結
果報告書．

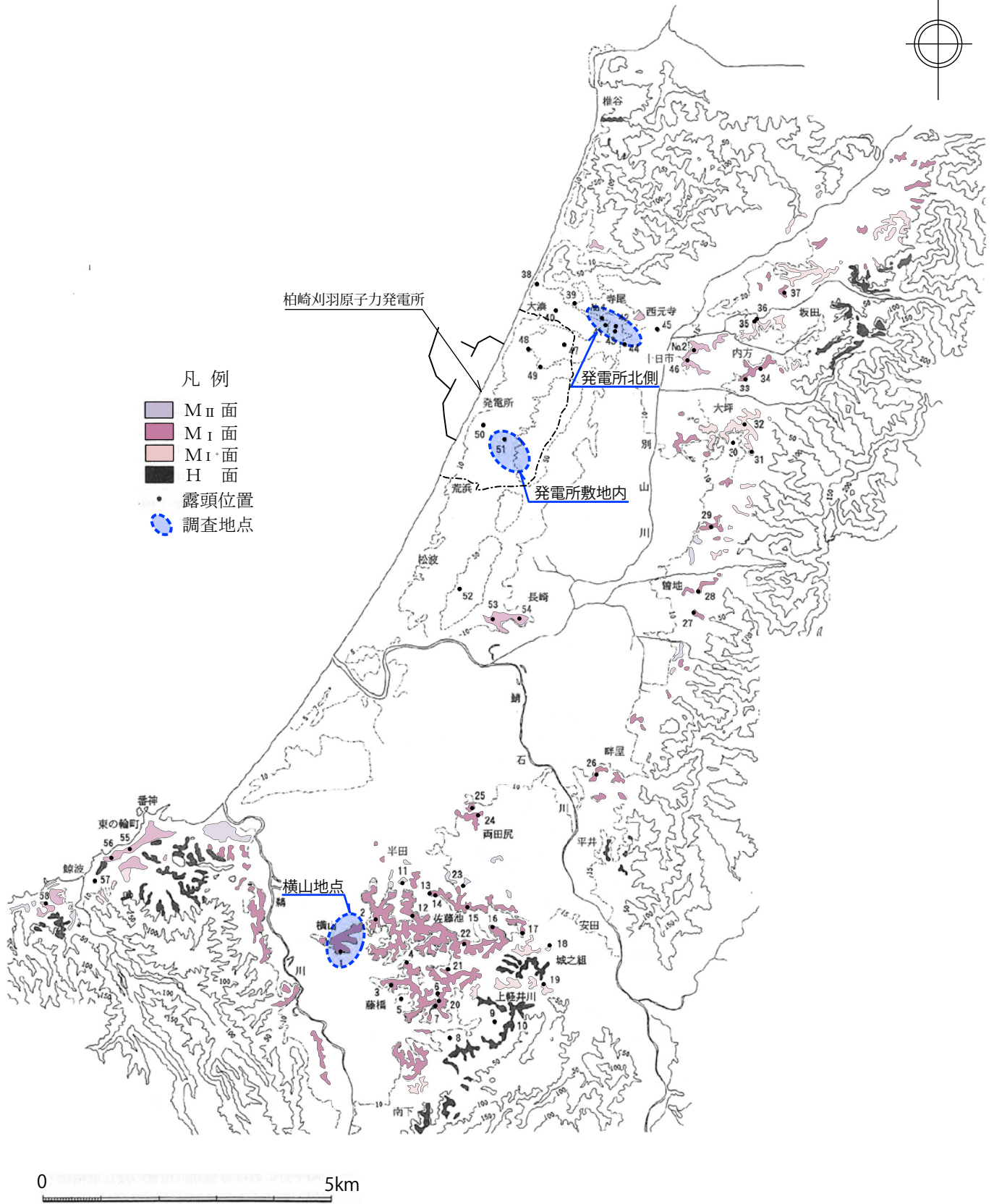
東京電力（2010）：柏崎刈羽原子力発電所5号機「発電用原子炉施設
に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果
報告書．

東京電力（2009）：柏崎刈羽原子力発電所6号機「発電用原子炉施設
に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結
果報告書（改訂版）．

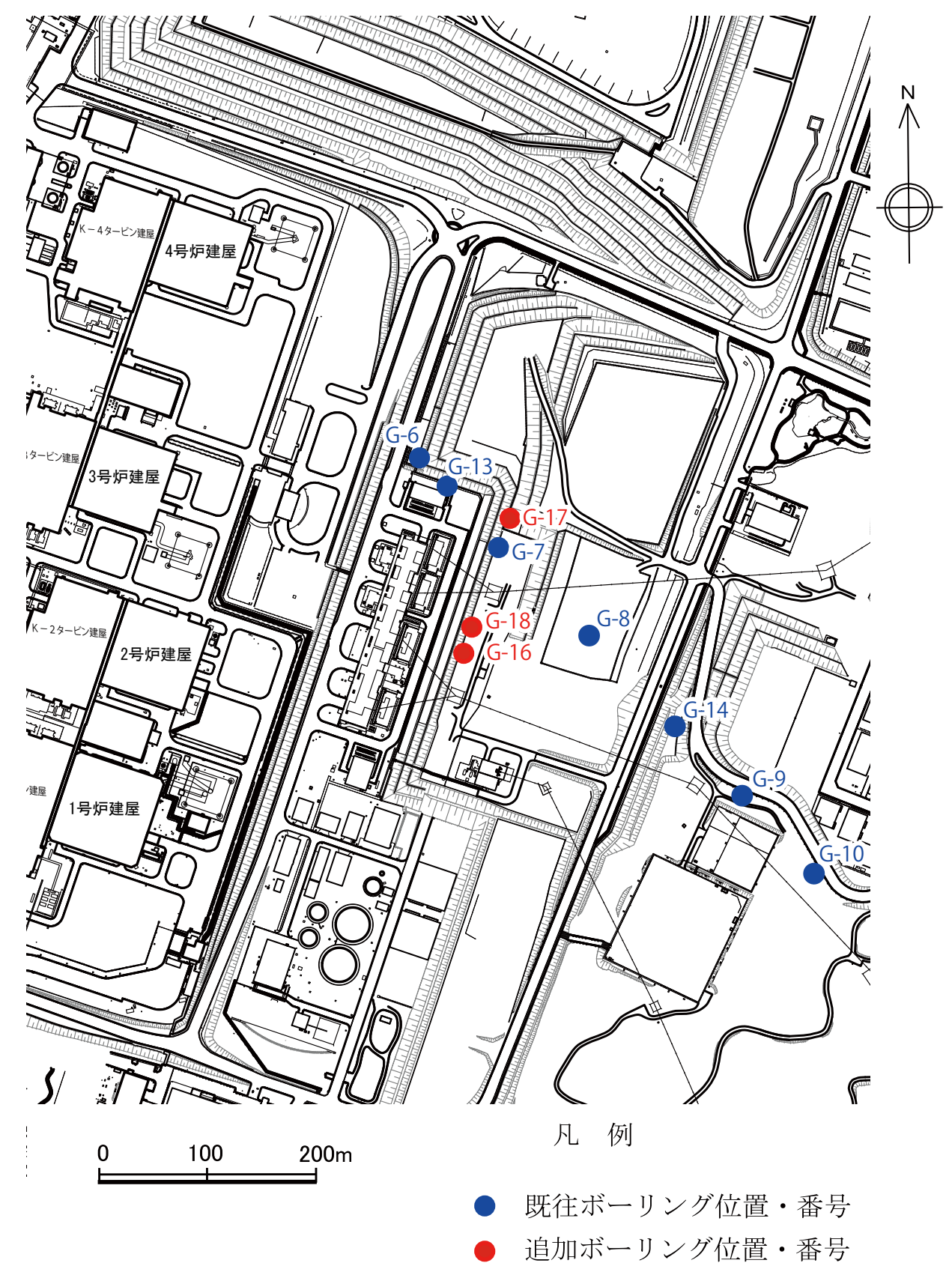
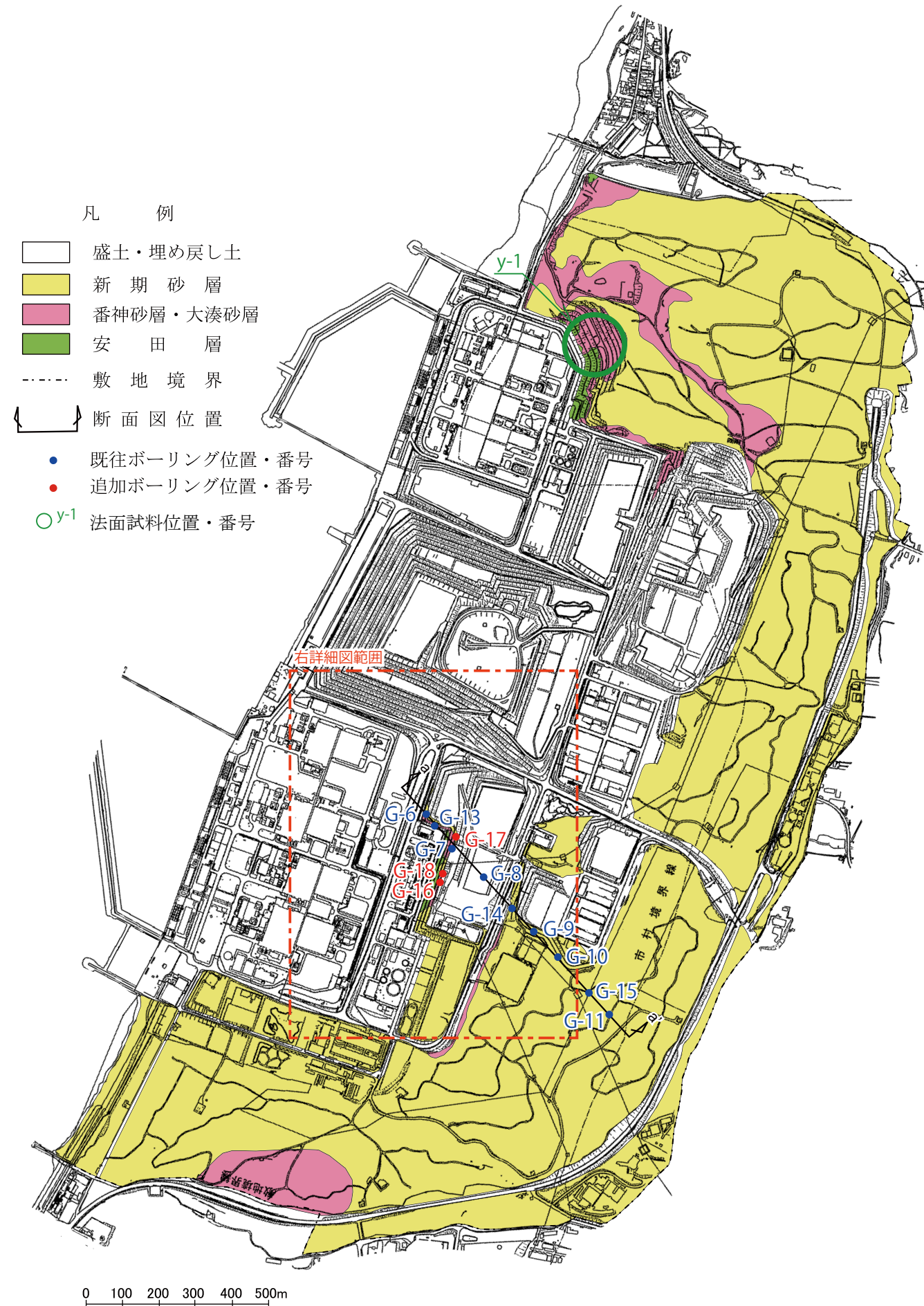
東京電力（2009）：柏崎刈羽原子力発電所7号機「発電用原子炉施設

に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果
報告書（改訂1）。

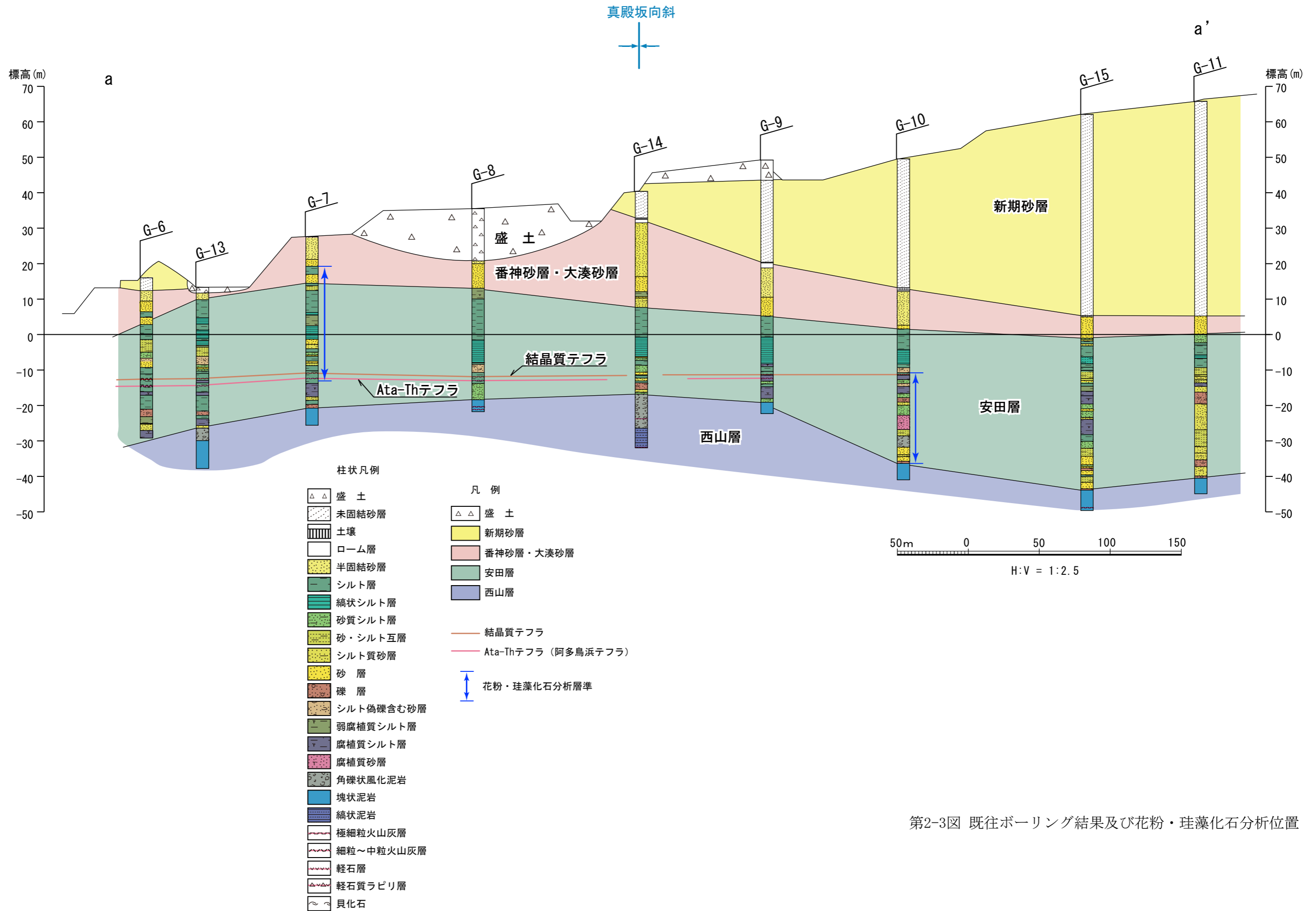
社団法人新潟県地質調査業協会（2002）：新潟県地盤図。



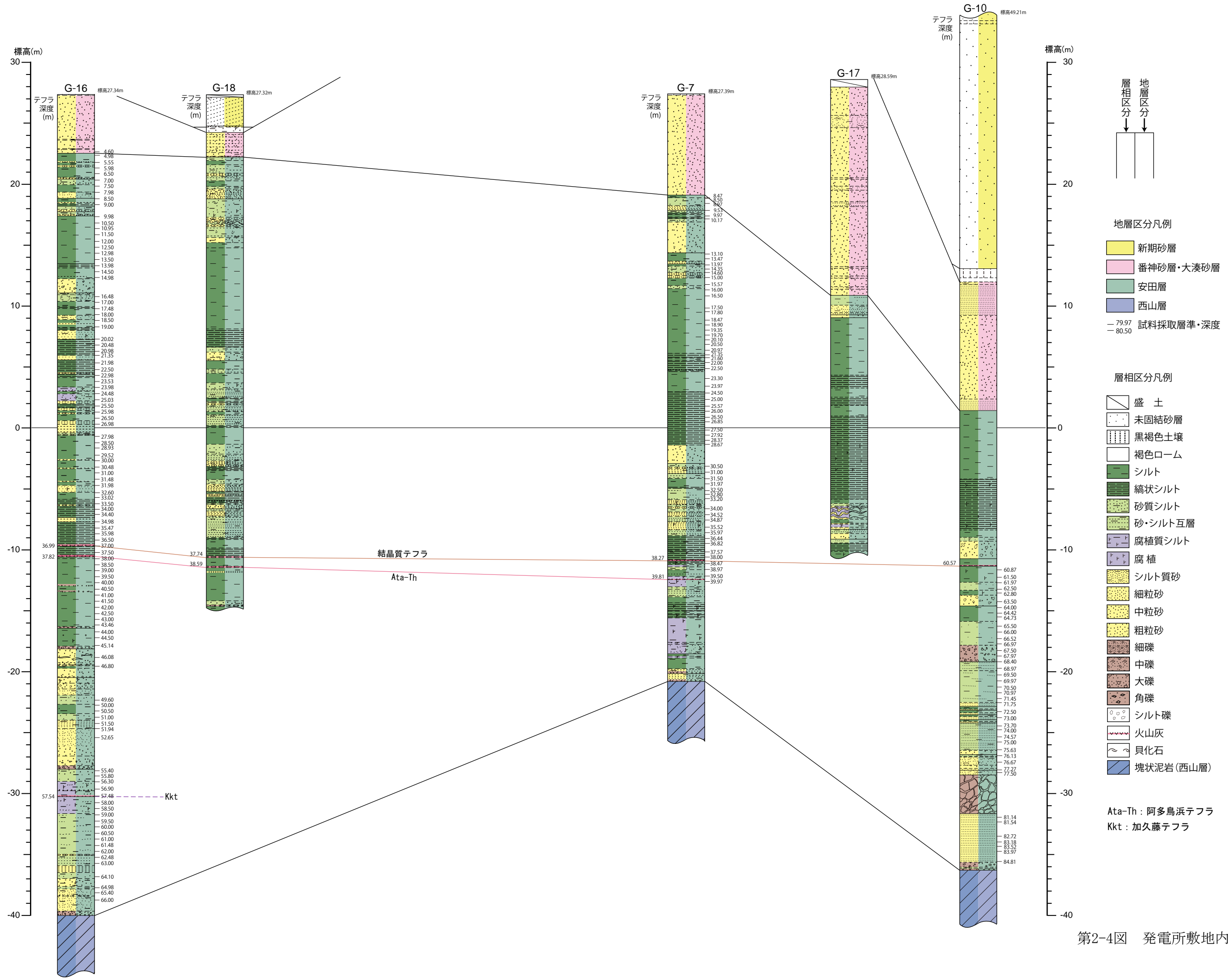
第2-1図 柏崎平野およびその周辺における段丘面分布図・調査位置図
(岸ほか, 1996に加筆)



第 2-2 図 発電所敷地内調査位置図



第2-3図 既往ボーリング結果及び花粉・珪藻化石分析位置

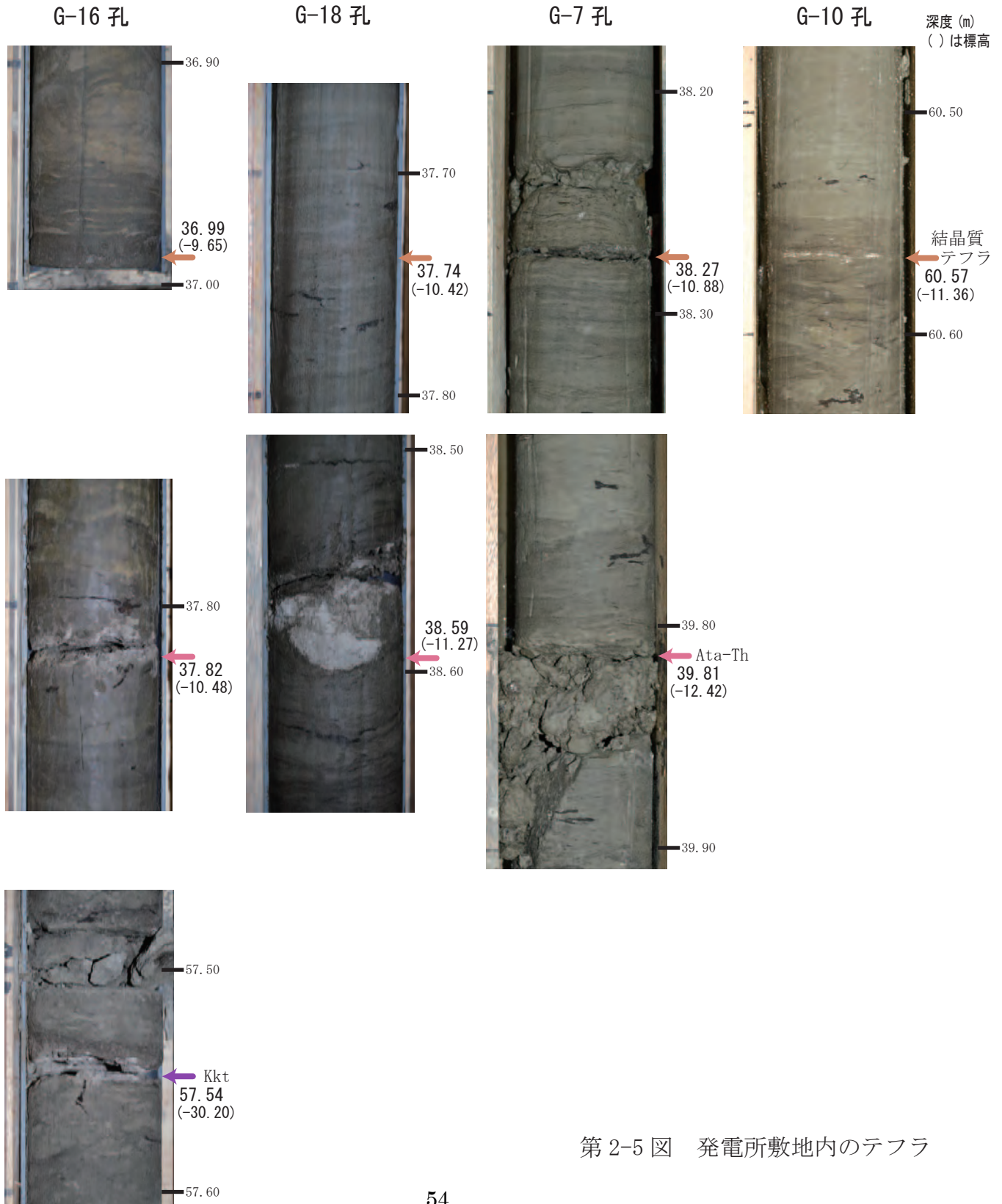


第2-4図 発電所敷地内柱状対比図

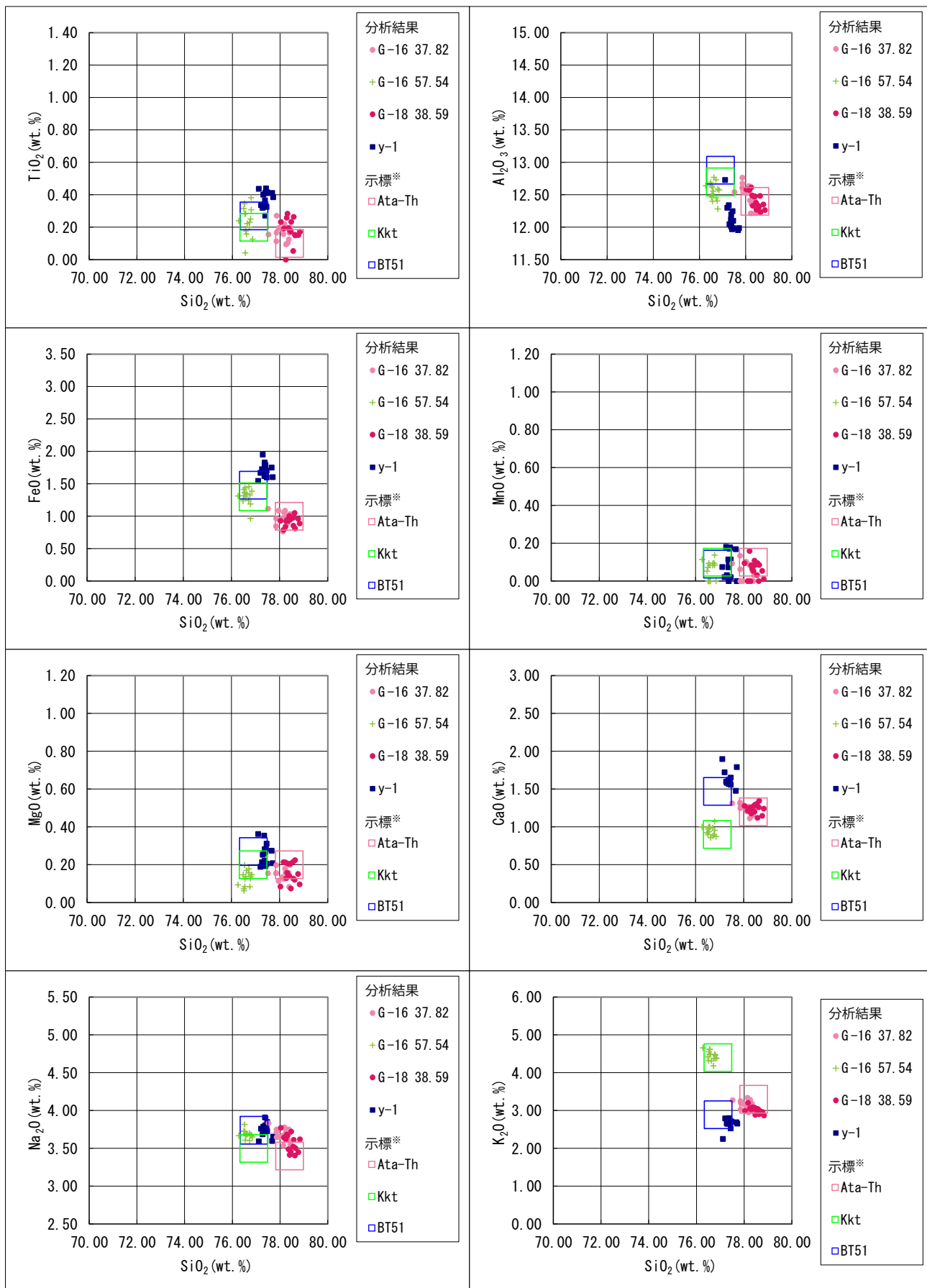


発電所敷地内 5号機造成法面
(位置は第 2-2 図参照：1983 年撮影)

安田層最上部 (標高 21m 付近) に挟在する
白色ガラス質テフラ (y-1)。

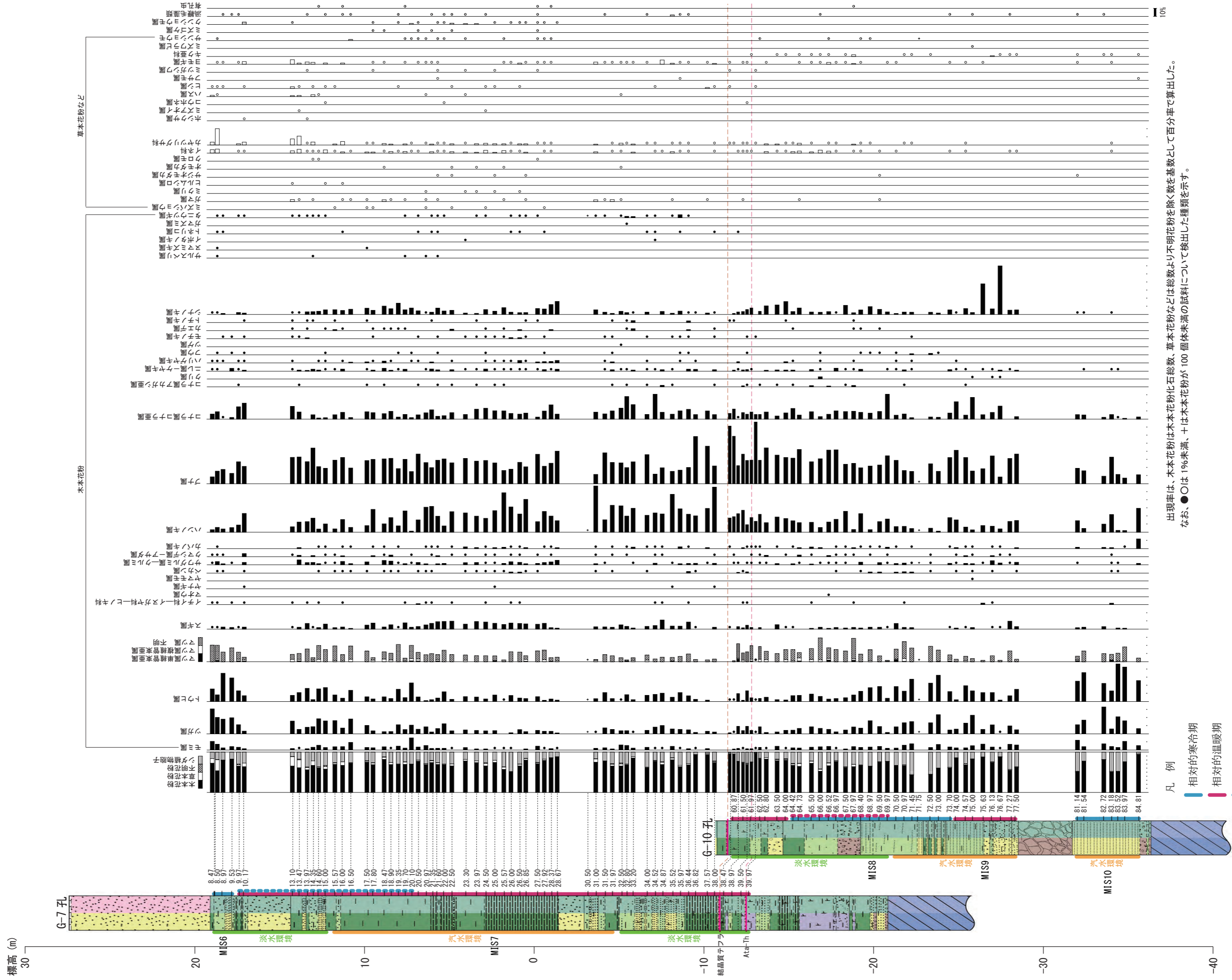


第 2-5 図 発電所敷地内のテフラ



※Kkt及びAta-Thは新編火山灰アトラス(2003), BT51は長橋ほか(2004)による。

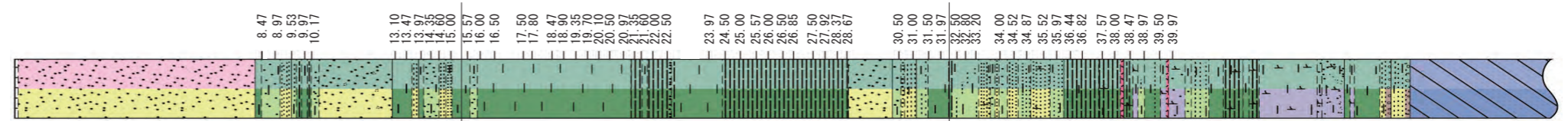
第2-6図 発電所敷地内の火山ガラスの主成分分析結果



出現率は、木本花粉は木本花粉化石総数、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、+は木本花粉が100個体未満の試料について検出した種類を示す。

第2-7図 G-7孔・G-10孔の花粉化石分析結果

柱状図の凡例は第2-4図参照。



第2-1表 G-7孔の珪藻化石分析結果

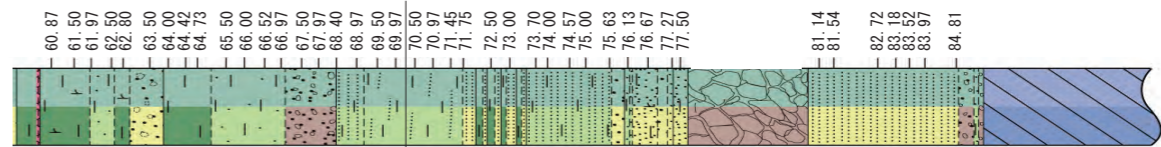
Depositional environment	Non-Marine										Brackish																				Non-Marine																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
ABUNDANCE (app. number of diatom valves per slide (X 100))	VR	VR	VR	R	R	R	VR	R	VR	VR	VR	VR	R	R	VR	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PRESERVATION	VP	VP	VP	M	M	M	VP	M	VP	VP	VP	VP	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
MARINE DIATOMS																																																										
b Achmanthes spp. (robust) curvatus																																																										
e A. ingens Rattr																																																										
b A. octonarius spp.																																																										
b Actinocyclus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg																																																										
b Arachnoidiscus spp.																																																										
b Aulacodiscus crux spp.																																																										
b Azpeitia spp.																																																										
b Bidulphia tuemoyi																																																										
b Cocconeis scutellum Ehrenberg																																																										
b C. marginatus Ehrenberg																																																										
b C. oculus-iridis Ehrenberg																																																										
b C. radiatus Ehrenberg																																																										
b C. (altered) spp.																																																										
b Cyclotella striata (del.)																																																										
b D. bombus																																																										
b D. smithii																																																										
b Fragilariopsis dolioilus																																																										
b Gramatophora spp.																																																										
b Hemidiscus cuneiformis																																																										
b Hyalodiscus obsoletus Sheshukova																																																										
b Isthmia spp.																																																										
b Lancinais spp.																																																										
b Melosira sol (Ehrenberg) Kuetzing																																																										
b Navicula marina																																																										
b N. lyra																																																										
b Neodenticula nansuetica (Zabelina) Akiba et Yanagisawa																																																										
b N. koizumii																																																										
e Nitzschia granulata Grunow																																																										
e N. cf. granulata																																																										
b Opephora martyti																																																										
b Paralia sulcata (Ehrenberg) I																																																										
b Podosira stelligera																																																										
e Proboscia barboi (Brun) Jordan et Priddle																																																										
b Rhizosolenia cf. styliformis Brightwell																																																										
b R. dimorpha Schrader																																																										
b S. dimorpha Schrader																																																										
b S. (altered) spp.																																																										
b Synedra tabulata																																																										
b S. cf. tabulata																																																										
b Thalassionema nitzsoides (Grunow) H. et M. Peragallo																																																										
b Thalassiosira antiqua																																																										
e T. convexa																																																										
e T. nidulus																																																										
e T. temperei (Brun) Akiba et Yanagisawa (alt.)																																																										
e T. trifurcata Fryxell et Hasle																																																										
b Thalassiothrix longissima Cleve et Gr																																																										
b T. aspera (Heribaud)																																																										
b Trachyneis																																																										
BRACKISH - NON-MARINE DIATOMS																																																										
b Diplois ovalis																																																										
b Diplois suborbiculari																																																										
b Rhopalodia spp.																																																										
NON-MARINE DIATOMS																																																										
b Actinella sp.																																																										
b Alnanthes spp.																																																										
b Amphora spp.																																																										
b Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen s. l.																																																										
b A. (delicate) spp.																																																										
b A. (altered) spp.																																																										
b Bacillaria paradoxa																																																										
b Caloneis spp.																																																										
b Campyrodiscus spp.																																																										
b Cistula spp.																																																										
b Cocconeis placentula																																																										
b Cyclotella comta																																																										
b C. meneghiniana																																																										
b C. spp.																																																										
b Cymbella spp.																																																										
b Diatoma spp.																																																										
b Diatomeia sp.																																																										
b Diplois elliptica																																																										
b Epithemia spp.																																																										
b Eunotia spp.																																																										
b Fragilaria spp.																																																										
b Frustulia spp.																																																										
b Gomphonema spp.																																																										
b Gyrosigma spp.																																																										
b Hantzschia amphioxys (Ehrenberg)																																																										
b Lulichia mutica																																																										
b Licmophora spp.																																																										
b Melosira arenaria																																																										
b M. octagona																																																										
b Meridion circulare																																																										
b Navicula spp.																																																										
b Neidium spp.																																																										
b Nitzschia spp.																																																										
b Pinnularia spp.																																																										
b Reimeria sinuata																																																										
b Sellaphora spp.																																																										
b Stauroneis niagarae																																																										
b S. (niigata) sp.																																																										
b S. spp.																																																										
b Surirella spp.																																																										
b Synedra ulna																																																										
b S. spp.																																																										
b Tabellaria fenestrata																																																										
b Tetracyclus sp.																																																										
b Thalassiosira brampoutae																																																										
Total number of diatoms counted																																																										
Resting spores of Chaetoceros																																																										
Resting spores of Chaetoceros (altered)																																																										
Diatom taxa recognized																																																										

海生種

汽水～淡水生種

淡水生種

凡：例
p：浮遊性；b：底生；e：絶滅種
含有量 VA：非常に豊富；A：豊富；C：普通；R：稀；VR：非常に稀
保存度 VG：非常に良い；G：良い；M：普通；P：悪い；VP：非常に悪い
+：非常に稀



第 2-2 表 G-10 孔の珪藻化石分析結果

Depositional environment		Non-Marine																			Brackish																						
Diatom assemblage		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
Sample	Serial number	60.87 61.50 61.97 62.50 63.00 64.00 64.42 64.73 65.50 66.00 66.52 66.97 67.50 67.97 68.40 68.97 69.50 69.97 70.50 70.97 71.45 71.75 72.50 73.00 73.70 74.00 74.50 75.00 75.63 76.13 76.67 77.27 77.50 81.14 81.54 82.72 83.18 83.52 83.97 84.81																																									
Depth (m)		60.90 61.53 62.00 62.53 62.83 63.53 64.03 64.45 64.76 65.53 66.03 66.55 67.00 67.53 68.00 68.43 69.00 69.53 70.00 70.53 71.00 71.48 71.78 72.53 73.03 73.73 74.03 74.60 75.03 75.63 76.16 76.70 77.30 77.53 81.17 81.57 82.75 83.21 83.55 84.00 84.84																																									
ABUNDANCE		VR	R	R	R	R	VR	VR	VR	VR	VR	VR	R	R	R	R	R	R	R	R	VR	R	R	R	R	R	C	R	R	R	R	A	C	R	C	C	C	C	C	C	C	C	
PRESERVATION		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	P	P	P	P	P	P	P	M	P	P	M	P	G	P	M	P	P	M	M	M	M	P	M	P	P	P	P	M	P
MARINE DIATOMS																																											
e A. Actinocyclus	curvatus																				1																						
e A.	ingens Retray																				1																						
b A.	octonarius																				1																						
b A.	senarius (Ehrenberg)	1																			1																						
b A.	senarius (altered)	1																			1																						
b Amphora	sp.																				1																						
b Anaulus	sp.																				1																						
b Arachnoidiscus	sp.	+																			+																						
b Aulacodiscus	crux	1																			1																						
b Auliscus	caelatus																				1																						
b Azpeitia	sp.																				1																						
b Biddulphia	tuemoyi																				1																						
e Cevitatus	miocenicus																				1																						
e Clavicula	polymorphus Grunow																				1																						
b Coconeis	costata																				1																						
b C.	scutellum Ehrenberg																				1																						
b C.	sp.																				1																						
b Coscinodiscus	marginatus Ehrenberg	1																			1																						
e C.	oculus-iridis Ehrenberg	1																			1																						
b C.	radiatus Ehrenberg	1																			1																						
b C.	sp.	1																			1																						
b C.	sp. (heavily alt.)	1																			1																						
b Cyclotella	striata	1																			1																						
e C.	cf. striata (v. small)	1																			1																						
e Delphineis	sp.																				1																						
e Denticulopsis	hustedtii (Sim. et Kanaya) Simonsen s. l.																				1																						
e D.	hyalina																				1																						
b Diplooneis	bombus																				1																						
b D.	githii																				1																						
b D.	sp.																				1																						
b Fragilariopsis	doliolus																				1																						
b F.	oceanica																				1																						
b Grammatophora	sp.	2																			1																						
b Hamulidiscus	coniformis																				1																						
b Hamulidiscus	obsoletus Sheshukova																				1																						
b Isthmia	sp.																				1																						
b Mastogloia	sp.																				1																						
b Melosira	sol (Ehrenberg) Kuetzing																				1																						
b Navicula	lyra																				1																						
b N.	sp.																				1																						
e N.	katschatica (Zabelina) Akiba et Yanagisawa																				1																						
e N.	koizumii																				1																						
e N.	seninae (Zabelina) Akiba et Yanagisawa																				1																						
e Nitzschia	granulata Grunow	1																			1																						
e N.	cf. granulata (inflated)																				1																						
e N.	reinholdii																				1																						
b Opephora	martyti	1																			1																						
b Paralia	sulcata (Ehrenberg) Cleve	1																			1																						
b P.	sp.																				1																						
b Podocira	stelligera																				1																						
e Proboscia	barboi (Brun) Jordan et Priddle																				1																						
e P.	alata																				1																						
b Rhizosolenia	cf. styliiformis Brightwell																				1																						
b R.	sp.																				1																						
e Stephanopyxis	diomorpha Schrader	1																			1																						
b S.	sp.																				1																						
b S.	sp. (altered)																				1																						
b Syndra	cf. tabulata																				1																						
b Thalassionema	nitzschoides (Grunow) H. et M. Peragallo	1																			1																						
e Thalassiosira	convexa																				1																						
e T.	cf. hyperborea																				1																						
e T.	marujamica																				1																						
e T.	multiopora																				1																						
e T.	nidulus																				1																						
e T.	trifluta Fryxell et Hasle																				1																						
b Thalassiothrix	longissima Cleve et Grunow	1																			1																						
b Trachyneis	aspera (Heribaud) Cleve	1																			1																						
BRACKISH - NON-MARINE DIATOMS																																											
b Diplooneis	ovalis	1																			1																						
b D.	suborbicularis	1																			1																						
b Rhopalodia	sp.	4																			32																						
NON-MARINE DIATOMS																																											
b Achnanthes	sp.																				1																						
b Actinella	sp.																				1																						
b Actinocyclus	cf. normanii																				1																						
b Amphora	sp.																				1																						
b Aulacoseira	granulata (Ehrenberg) Simonsen s. l.	20																			77																						
b A.	granulata (altered)	2																			4																						
b A.	sp. (delicate)	1																			4																						
b Bacillaria	perdoxa	1																			1																						
b Caloneis	sp.																				1																						
b Campyrodiscus	sp.																				1																						
b Coconeis	placentula																				3																						
b Cyclotella	comita																				1																						
b C.	sp.																				1																						
b Cymbella	sp.	3																			1																						
b Diatoma	sp.																				1																						
b Diatomella	sp.																				1																						
b Diplooneis	elliptica	10																			+																						
b Epithemia	sp.	1																			1																						
b Eunotia	sp.	1																			1																						
b Fragilaria	sp.	1																			1																						
b Frustulia	sp.																				1																						
b Gomphonema	sp.	1																			1																						
b Gyrodinium	sp.	1																			1																						
b Hantzschia	amphioxys (Ehrenberg) Grunow	1																			1																						
b Laticula	mutica																				1																						
b Licmophora	sp.																				1																						
b Melosira	arenaria																				1																						
b M.	octagona																				1																						
b M.	roseana																				1																						
b Meridion	circulare																				1																						
b Navicula	sp.	2																			1																						
b Neidium	sp.	2																			1																						
b Nitzschia	sp.	2																			1																						
b Pinnularia	sp.	12																			+																						
b Reimeri	sinuata																				1																						
b Rhoicosphenia	sp.	2																			1																						
b Sellaphora	sp.	2																			1																						
b Stauroneis	sp.	1																			1																						
b Stephanodiscus	niagarae																				1																						
b S.	sp. (Yanagisawa)																				1																						
b S.	sp.																				1																						
b Surirella	sp.																				1																						
b Syndra	ulna																				1																						
b S.	sp.																				1																						
b Tabelaria	fenestrata																				1																						
b Thalassiosira	bramaputae																				1																						
Total number of diatoms counted		76																																									
Resisting spores of Chaetoceros		-																																									
Resisting spores of Chaetoceros (altered)		1																																									
Diatom taxa recognized		24																																									

海生種

汽水 ~ 淡水生種

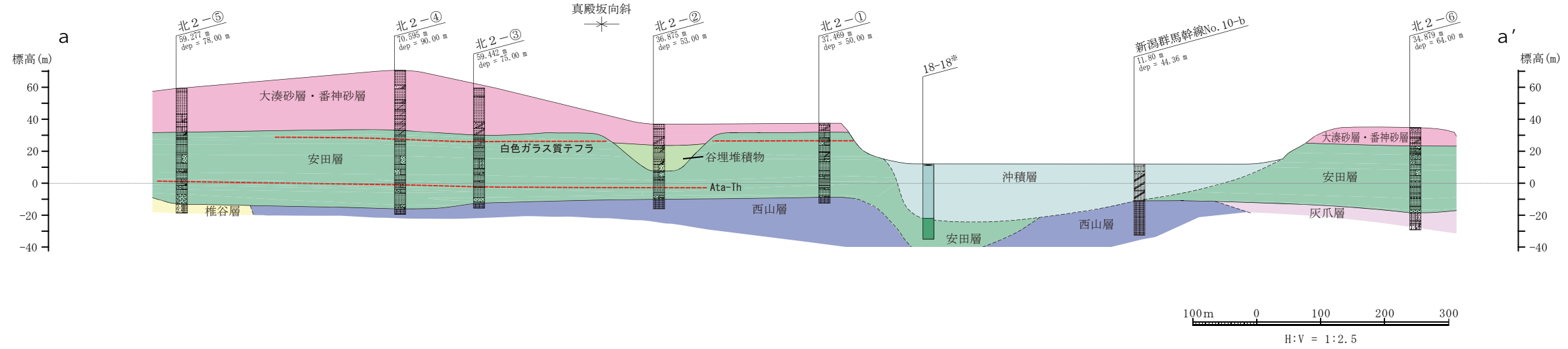
淡水生種

凡例
 p: 浮遊性, b: 底生, e: 絶滅種
 含有量 VA: 非常に豊富, A: 豊富, C: 普通, R: 稀, VR: 非常に稀
 保存度 VG: 非常に良い, G: 良い, M: 普通, P: 悪い, VP: 非常に悪い
 +: 非常に稀

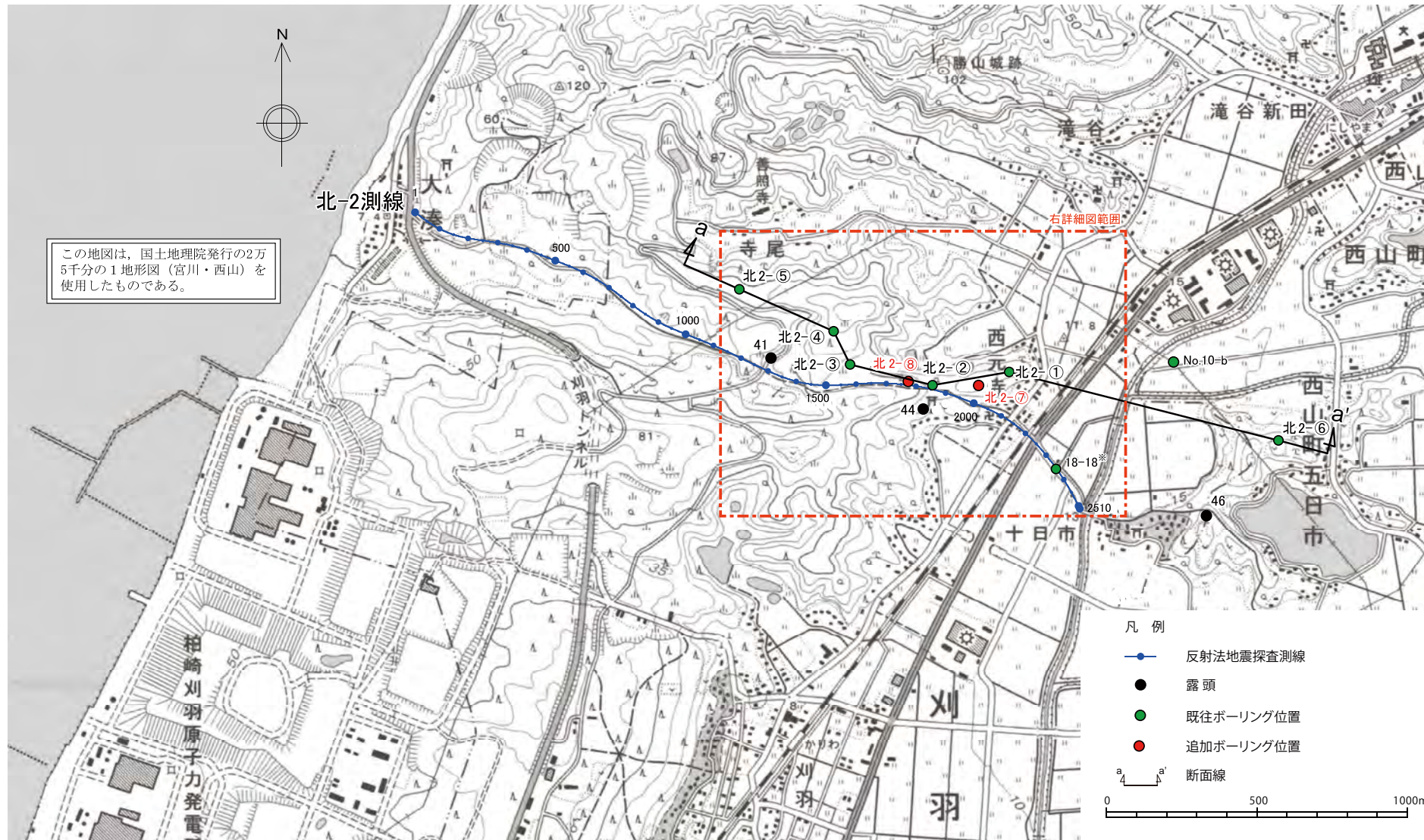


凡例

柱状図		断面図	
シルト	砂質シルト	沖積層	大湊砂層・番神砂層
シルト混じり中粒砂	砂質土	谷埋堆積物	安田層
シルト質中粒砂	礫混じり砂	火山灰	灰爪層
シルト質中粒～細粒砂	礫混じり粗粒砂	西山層	椎谷層
シルト質極細粒砂	粘土	Ata-th: 阿多島浜テフラ	
シルト質粘土	粘土質砂		
シルト質細粒～中粒砂	粘土～シルト		
シルト～粘土	細粒砂		
中粒砂	細粒～中粒砂		
中粒～粗粒砂	細粒～粗粒砂		
中粒～細粒砂			
有機質シルト	シルト岩		
有機質土	シルト質砂岩		
有機質砂混じりシルト	泥岩		
極細粒砂	砂岩		
砂	細粒砂岩		
砂混じりシルト	軽石混じり砂岩		
砂混じり有機質シルト			
砂礫			



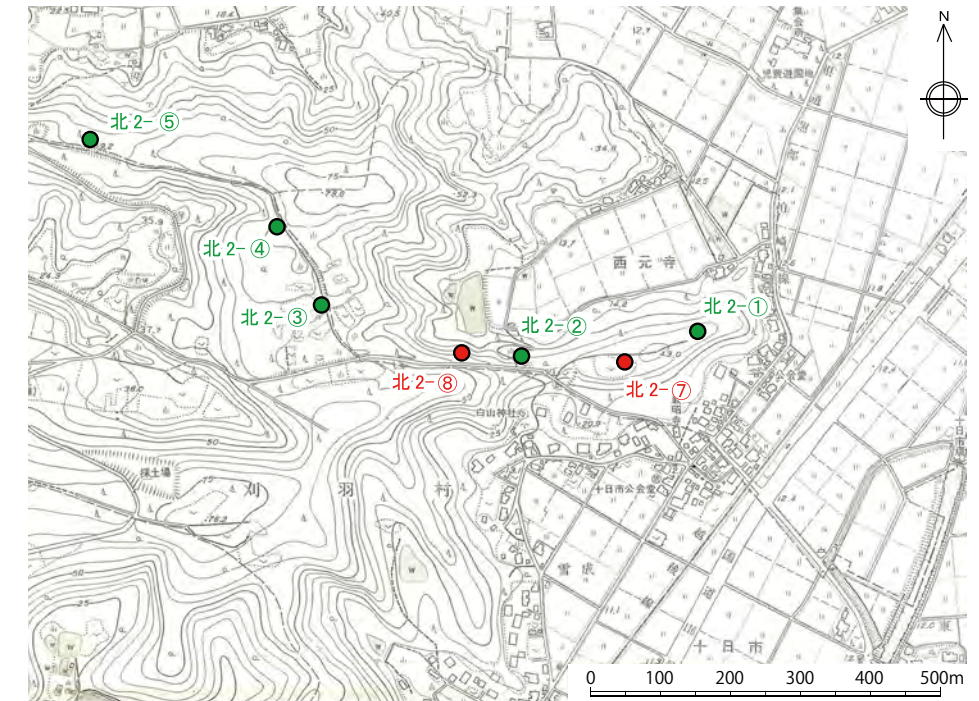
※社団法人新潟県地質調査業協会(2002)を反映



凡例

●	反射法地震探査測線
●	露頭
●	既往ボーリング位置
●	追加ボーリング位置
—	断面線

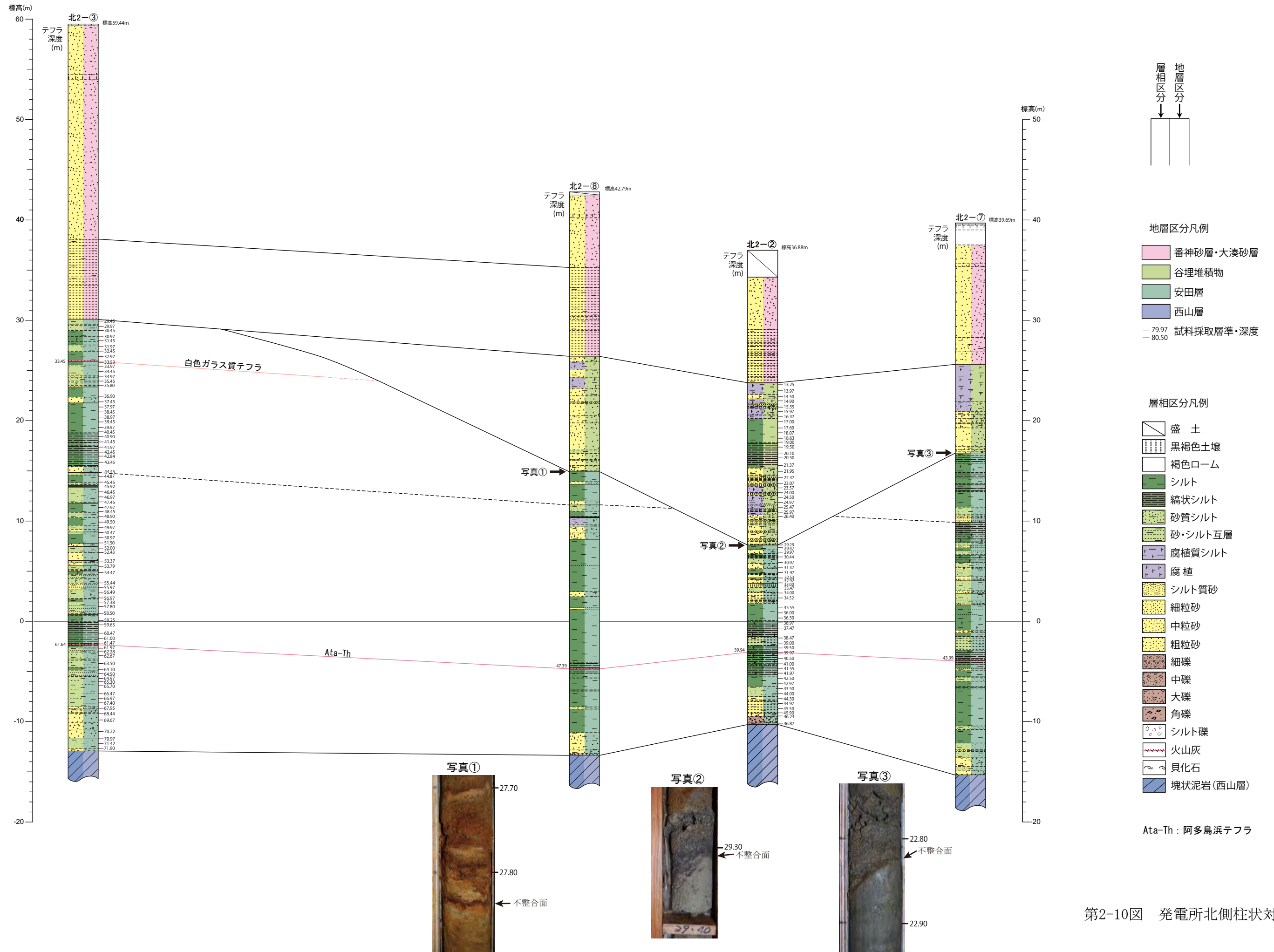
※社団法人新潟県地質調査業協会(2002)を反映



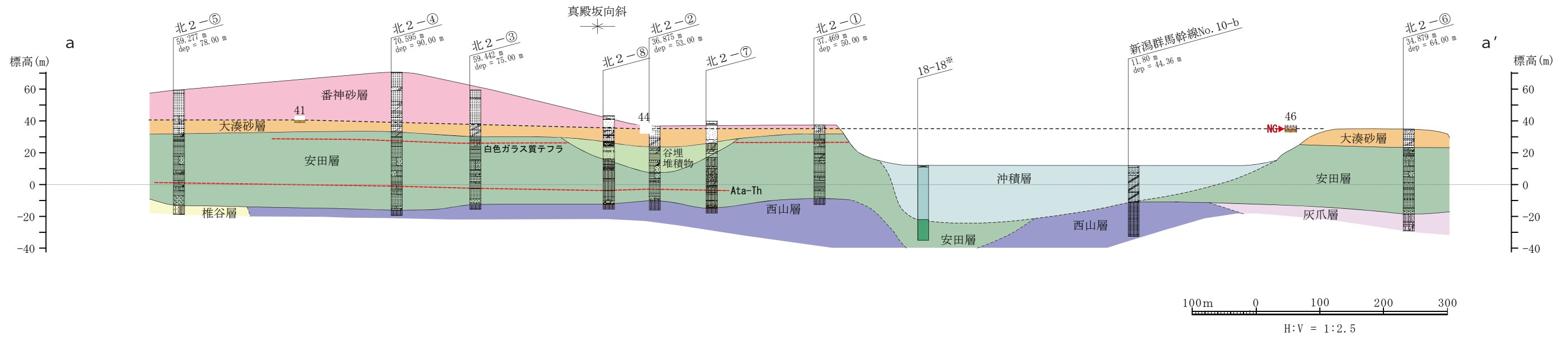
この地図は、刈羽村役場発行の5千分の1地形図を使用したものである。

- 既往ボーリング位置
- 追加ボーリング位置

第2-9図 発電所北側における
既往調査結果・追加ボーリング位置図



第2-10図 発電所北側柱状対比図



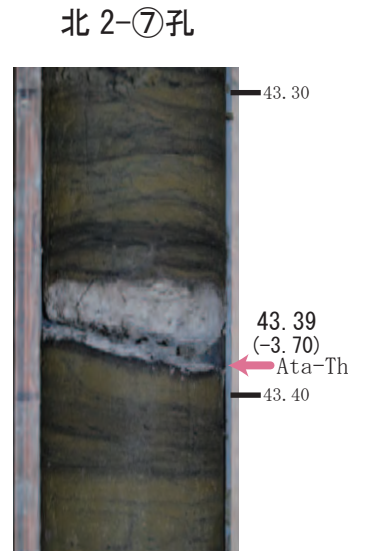
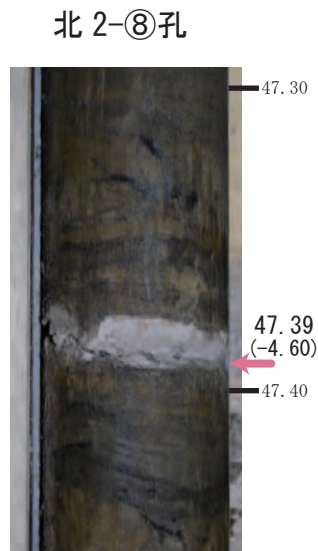
※社団法人新潟県地質調査業協会(2002)を反映

凡例

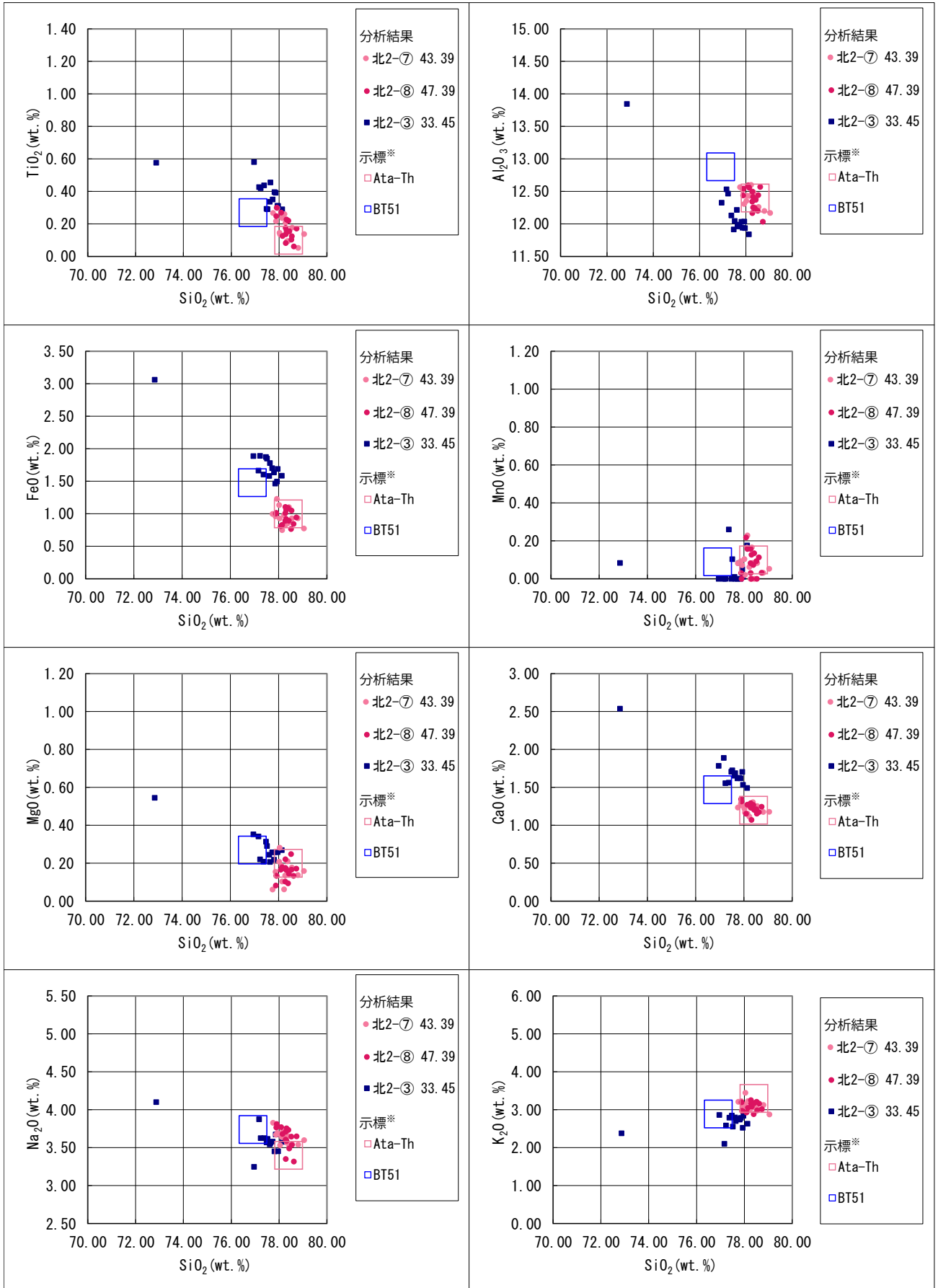
柱状図		断面図	
	シルト		沖積層
	シルト混じり中粒砂		番神砂層
	シルト質中粒砂		大湊砂層
	シルト質中粒～細粒砂		谷埋堆積物
	シルト質極細粒砂		安田層
	シルト質粘土		灰爪層
	シルト質細粒～中粒砂		西山層
	シルト～粘土		椎谷層
	中粒砂		NG : 中子軽石層
	中粒～粗粒砂		Ata-th : 阿多鳥浜テフラ
	中粒～細粒砂		岸ほか(1996)による露頭柱状図 44 ← 番神砂層/大湊砂層境界
	有機質シルト		
	有機質土		
	有機質砂混じりシルト		
	極細粒砂		
	砂		
	砂混じりシルト		
	砂混じり有機質シルト		
	砂礫		
	砂質シルト		
	砂質土		
	礫混じり砂		
	礫混じり粗粒砂		
	粘土		
	粘土質砂		
	粘土～シルト		
	細粒砂		
	細粒～中粒砂		
	細粒～粗粒砂		
	シルト岩		
	シルト質砂岩		
	泥岩		
	砂岩		
	細粒砂岩		
	軽石混じり砂岩		

ボーリング及び露頭の位置は第2-9図参照。

第2-11図 発電所北側（寺尾-西元寺間）の地質断面図

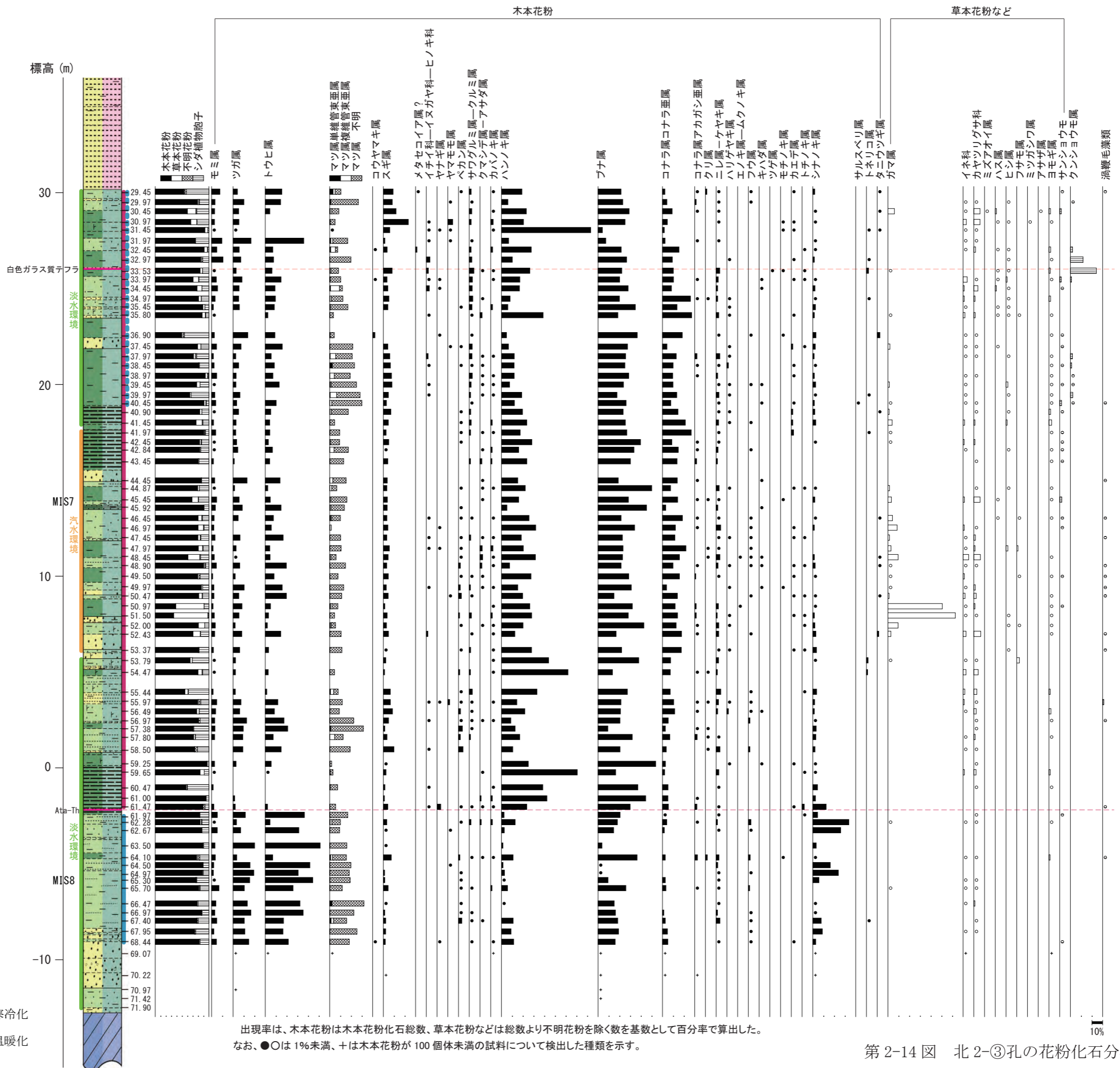


第 2-12 図 発電所北側のテフラ



※Ata-Thは新編火山灰アトラス(2003), BT51は長橋ほか(2004)による。

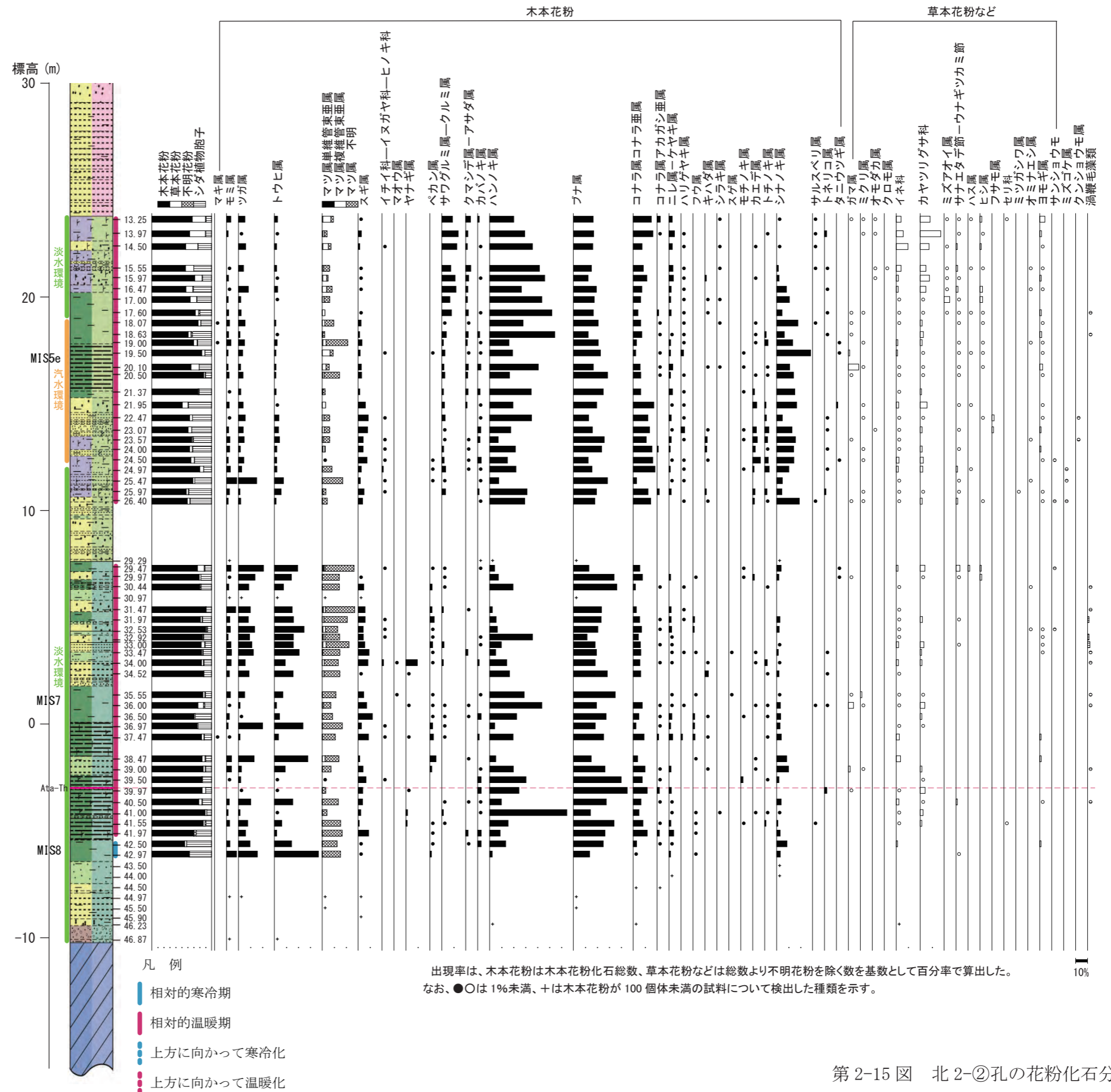
第2-13図 発電所北側の火山ガラスの主成分分析結果



出現率は、木本花粉は木本花粉化石総数、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、+は木本花粉が100個体未満の試料について検出した種類を示す。

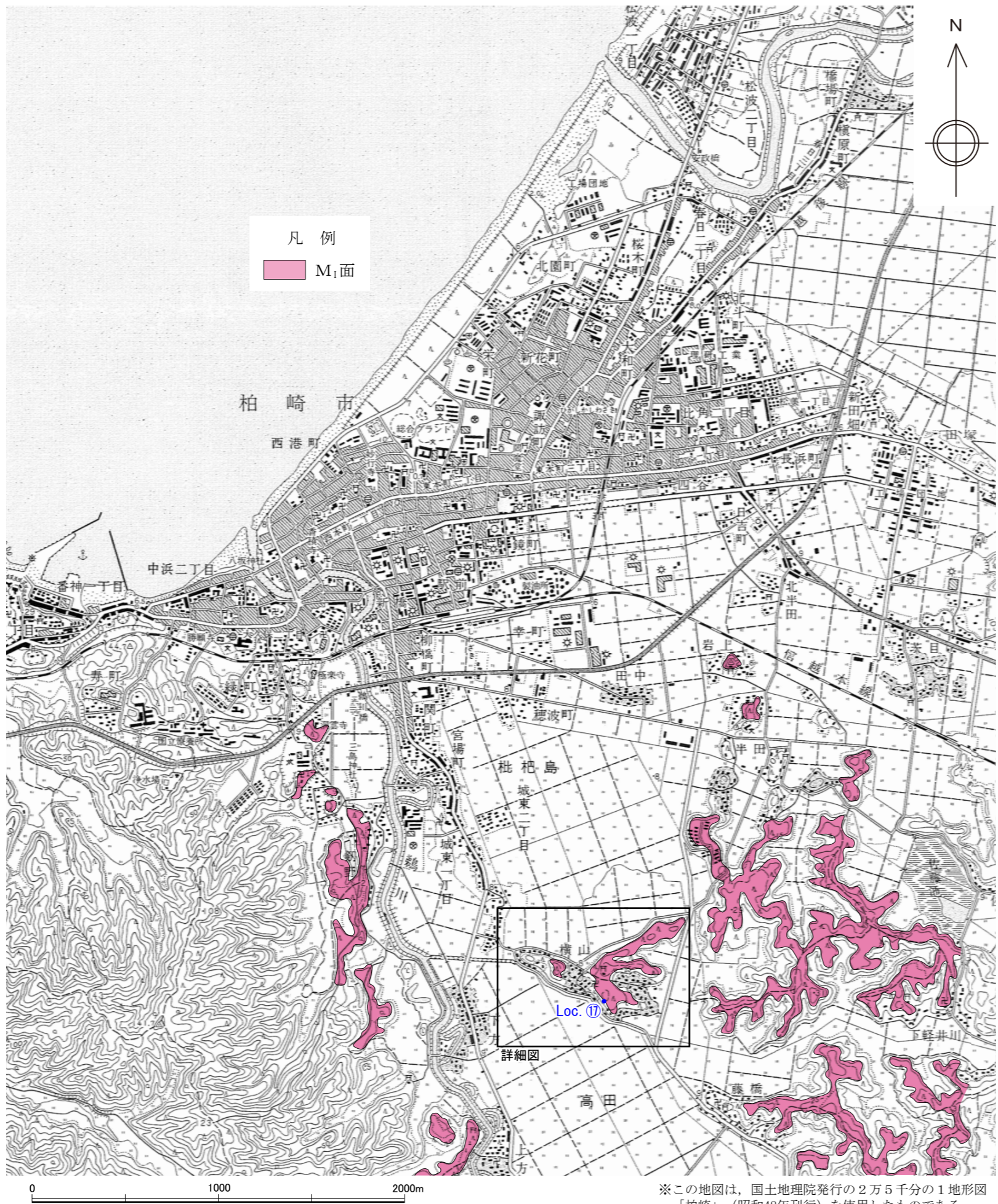
第 2-14 図 北 2-③孔の花粉化石分析結果

柱状図の凡例は第 2-10 図参照。

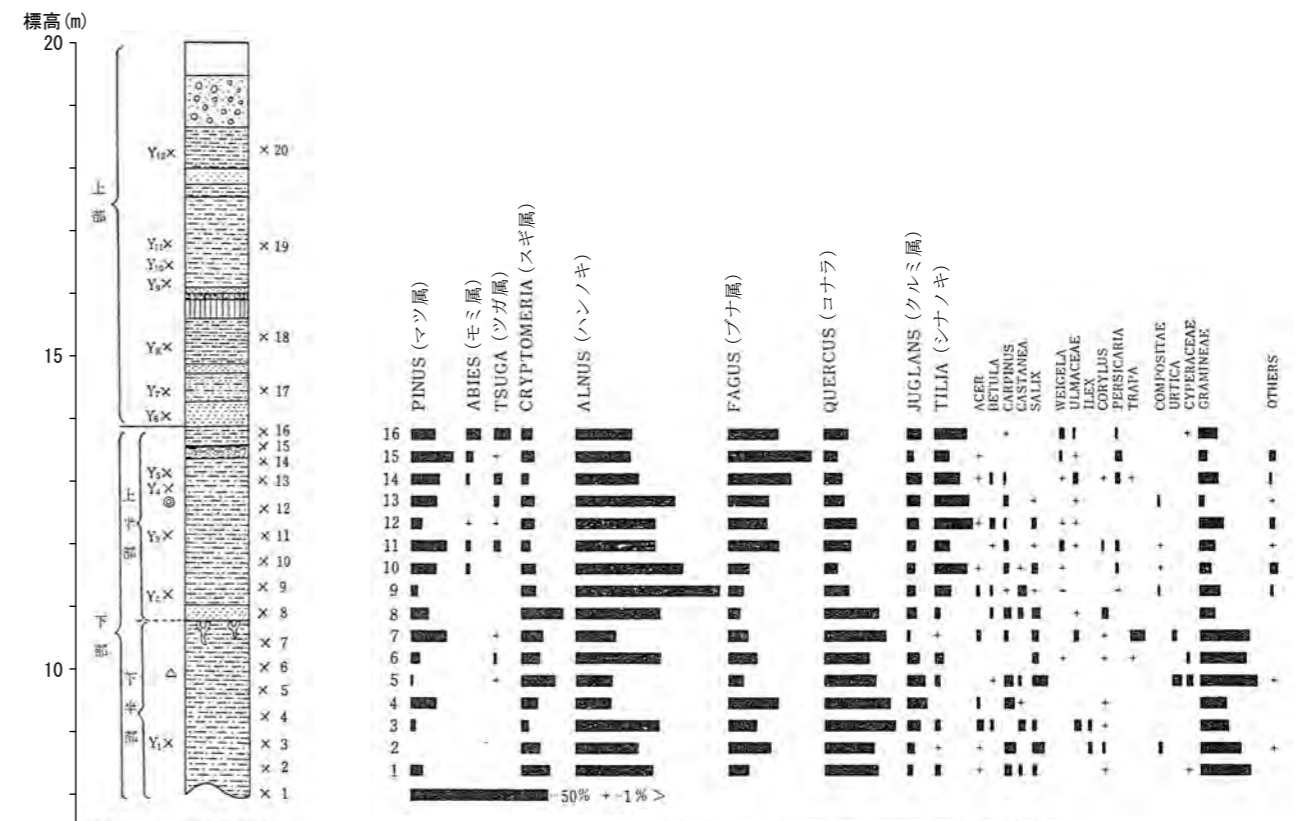


第2-15図 北2-②孔の花粉化石分析結果

柱状図の凡例は第2-10図参照。



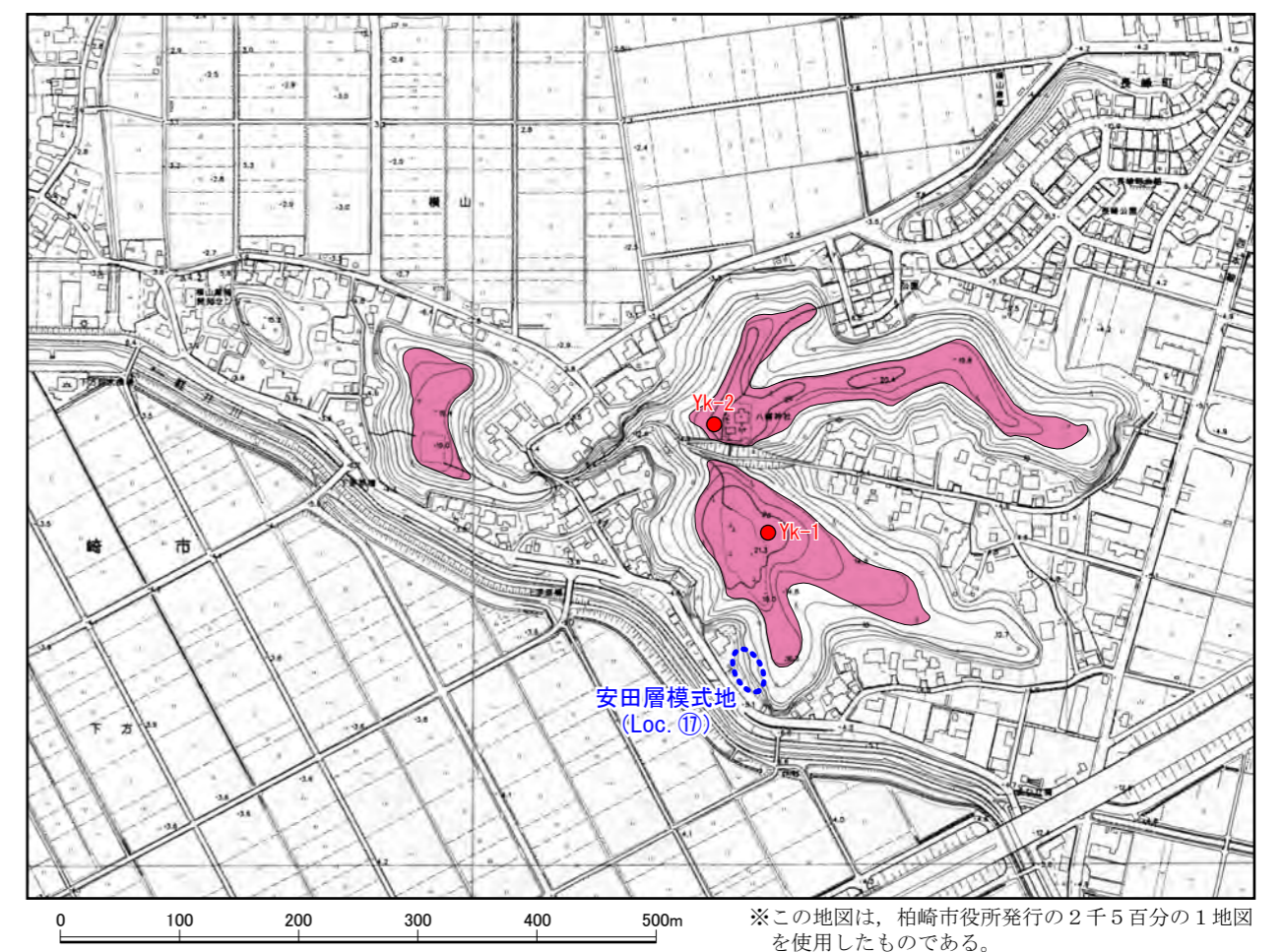
※この地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図「柏崎」(昭和48年刊行)を使用したものである。



第8図 安田層模式地(横山)地質柱状図
 図中左側の番号(Y1—Y20)は粘土鉱物の試料採集位置、右側の番号(1—20)は花粉分析、柱状分析試料採集位置を示す。

第9図 安田層の花粉分析図(第8図参照)
 Othersの中に含まれるものは1%以下の *Picea*, *Elaeagnus*, *Euonymus*, *Artemisia*, *Osmanda*, *Nelumbo*, *Nuphar*, *Styrax*, *Rhus*, *Symplocos*, *Viburnum*, *Ericaceae*, *Angelica*, *Patrinia*, *Sapium* などを含む。

柏崎平野団体研究グループ(1966)による模式地の柱状図・花粉化石分析結果

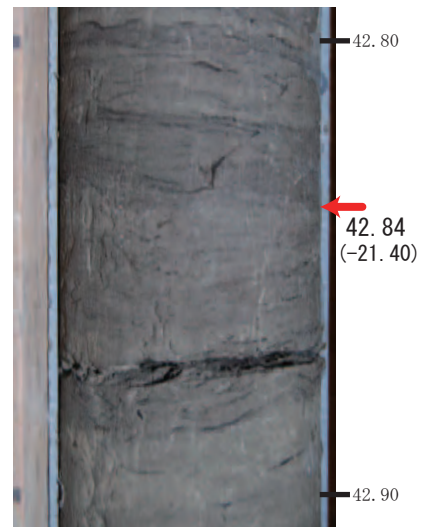


第2-16図 安田層の模式露頭・ボーリング調査位置
 ※この地図は、柏崎市役所発行の2千5百分の1地図を使用したものである。



第2-17図 横山地点柱状対比図

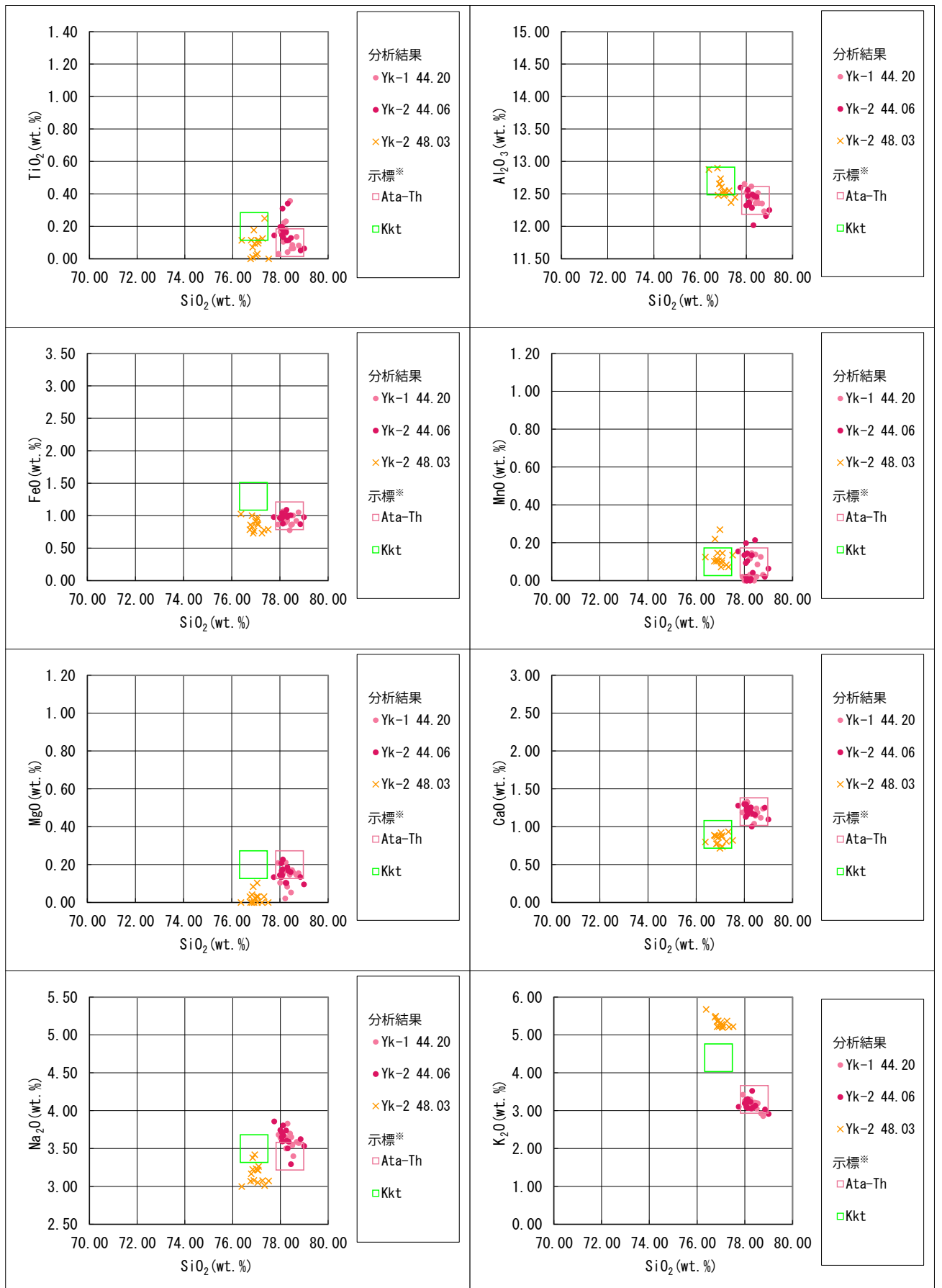
Yk-1 孔 深度 (m)
() は標高



Yk-2 孔

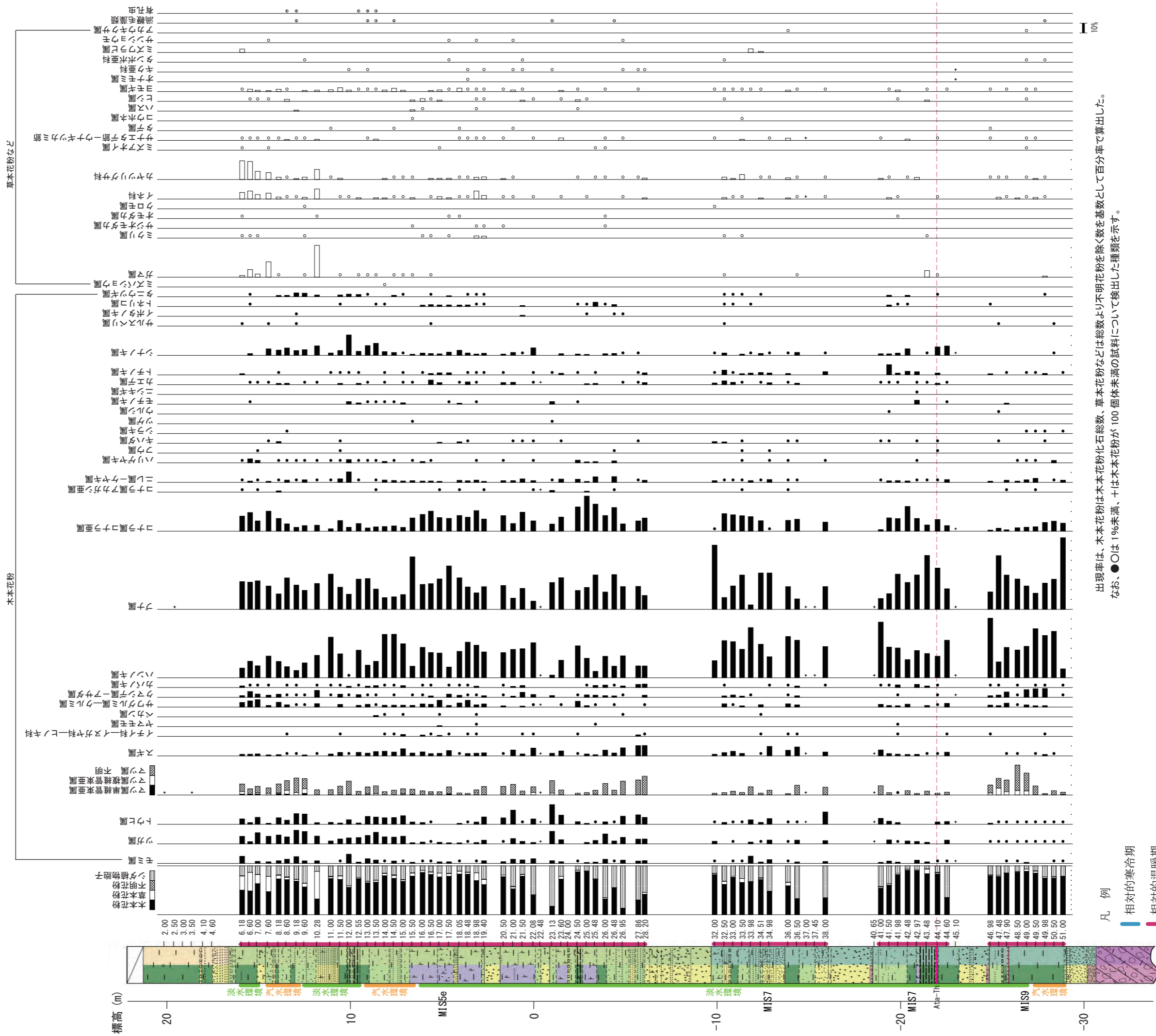


第 2-18 図 横山地点のテフラ



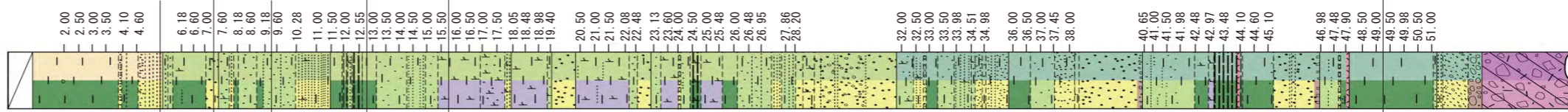
※Kkt及びAta-Thは新編火山灰アトラス(2003)による。

第2-19図 横山地点の火山ガラスの主成分分析結果



第2-20 図 Yk-2 孔の花粉化石分析結果

柱状図の凡例は第2-17 図参照。



第2-6表 Yk-2 孔の珪藻化石分析結果

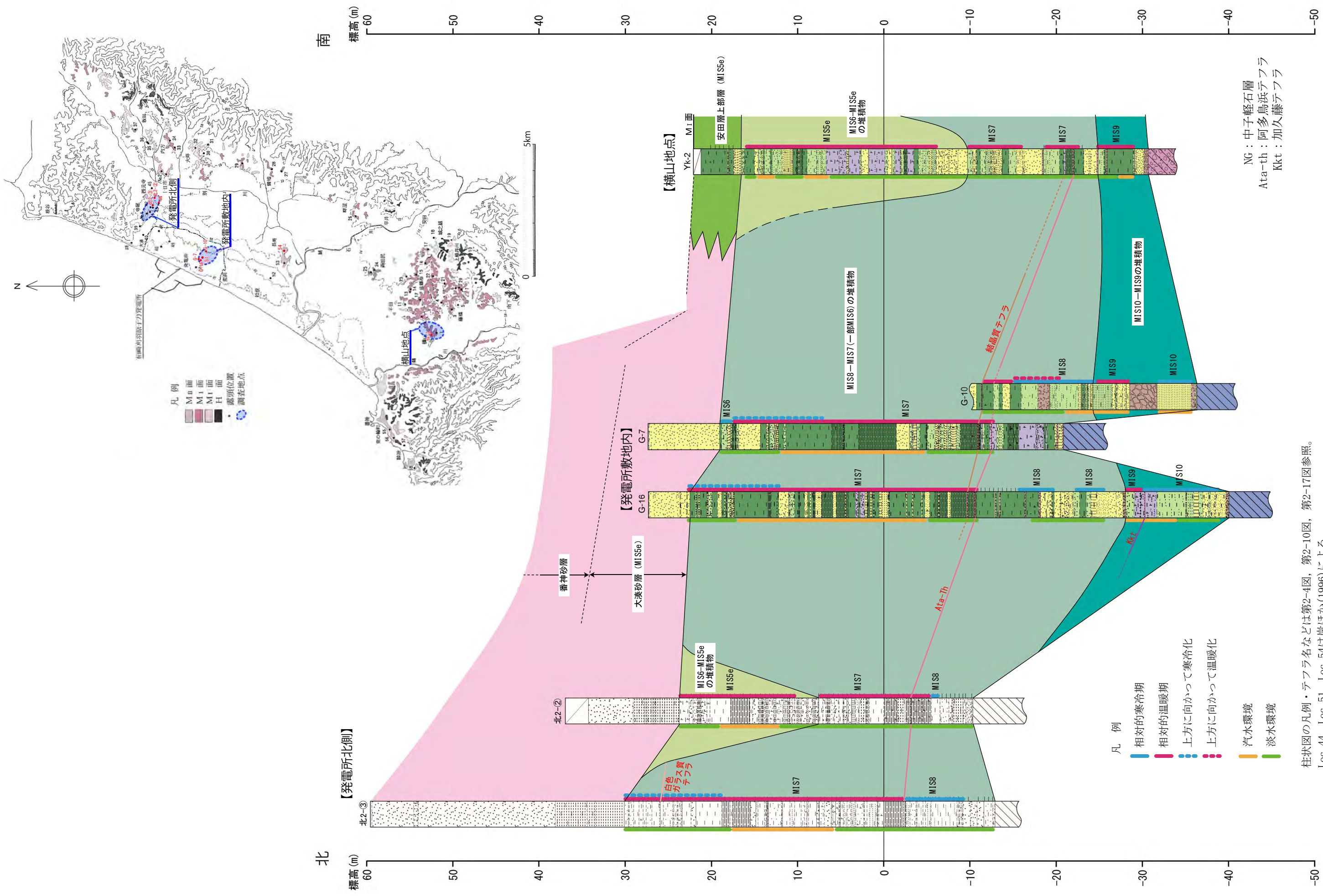
Depositional environment	unknown										Non-Marine										Brackish										Non-Marine										Brackish										Non-Marine										Brackish																			
	No Diatoms					Gyrosigma-Navicula					N. granulata					Gyrosigma-Navicula					N. granulata					Eunotia - Navicula					N. granulata					Eunotia - Navicula					N. granulata																																							
Sample	Serial number										Serial number										Serial number										Serial number										Serial number										Serial number										Serial number										Serial number									
Depth (m)	Serial number										Serial number										Serial number										Serial number										Serial number										Serial number										Serial number										Serial number									
MARINE DIATOMS																																																																																
b Achnanthes ssp. (robust)																																																																																
b Actinocyclus curvatus Janisch																																																																																
b A. kuetzingii (A. Schmidt) Simonsen																																																																																
b A. octonarius Ehrenberg																																																																																
b Actinocyclus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg																																																																																
b A. senarius (altered)																																																																																
b Arachnoidiscus ssp.																																																																																
b Aulacodiscus crux Ehrenberg																																																																																
b Biddulphia tuomevi (Bailey) Rooper																																																																																
b B. miocenica (Schrader) Akiba et Yanagisawa																																																																																
b Cocconeis scutellum Ehrenberg																																																																																
b C. ssp. (altered)																																																																																
b Coscinodiscus marginatus Ehrenberg																																																																																
b C. oculus-iris Ehrenberg																																																																																
b C. radiatus Ehrenberg																																																																																
b C. ssp. (altered)																																																																																
b Cyclotella striata (Kütz.) Grun.																																																																																
b C. cf. striata (del.)																																																																																
b Delphineis surirella (Ehrenberg) Andrews																																																																																
b Denticulopsis hustedtii (Sim. et Kanava) Simonsen s. l.																																																																																
b Dioloneis bombus Ehrenberg																																																																																
b D. smithii (Brebisson) Cleve																																																																																
b D. ssp.																																																																																
b Grammatophora ssp.																																																																																
b Hemidiscus cuneiformis Wallich																																																																																
b Hyalodiscus ssp.																																																																																
b Isthmia ssp.																																																																																
b Melosira sol (Ehrenberg) Kuetzing																																																																																
b Navicula lyra Ehrenberg																																																																																
b Neodenticula kantschatica (Zabelina) Akiba et Yanagisawa																																																																																
b N. koizumii Akiba et Yanagisawa																																																																																
b N. seninae (Simonsen & Kanava) Akiba et Yanagisawa																																																																																
b Nitzschia granulata Grunow																																																																																
b N. reinholdii Kanava ex Schrader																																																																																
b Odontella aurita (Lynbve) Azardh																																																																																
b Paralia sulcata (Ehrenberg) Cleve																																																																																
b Podosira stelligera (Bailey) Mann																																																																																
b Rhizosolenia ssp.																																																																																
b Stephanopaxia dimorpha Schrader																																																																																
b S. ssp.																																																																																
b S. ssp. (altered)																																																																																
b Synedra tabulata (Az.) Kuetzing																																																																																
b Thalassionema nitzschoides (Grunow) H. et M. Peragallo																																																																																
b Thalassiosira antiqua (Grunow) Cleve-Euler																																																																																
b T. convexa Muchina																																																																																
b T. eccentrica (Ehrenberg) Cleve																																																																																
b T. trifurcata Fryxell et Hasle																																																																																
b T. ssp.																																																																																
b Thalassiothrix longissima Cleve et Grunow																																																																																
b Trachyneis aspera (Heribaud) Cleve																																																																																
BRACKISH - NON-MARINE DIATOMS																																																																																
b Dioloneis ovalis (Hise) Cleve																																																																																
b D. suborbicularis (Grex.) Cleve																																																																																
b Rhopalodia ssp.																																																																																
NON-MARINE DIATOMS																																																																																
b Actinella ssp.																																																																																
b Ahnanthes ssp.																																																																																
b Amphora granulata (Ehrenberg) Simonsen s. l.																																																																																
b A. ssp. (delicate)																																																																																
b Bacillaria paxillifera (O. Muller) Hendev																																																																																
b Caloneis ssp.																																																																																
b Campyrodiscus ssp.																																																																																
b Cocconeis olacentalis Ehrenberg																																																																																
b Cyclotella comta (Ehrenberg) Kuetzing																																																																																
b C. menesiniana Kuetzing																																																																																
b C. ssp.																																																																																
b Cymbella ssp.																																																																																
b Diatoma ssp.																																																																																
b Diatomella ssp.																																																																																
b Dioloneis elliptica (Kütz.) Cleve																																																																																
b Encyonema ssp.																																																																																
b Eoithemia ssp.																																																																																
b Eunotia ssp.																																																																																
b Fragilaria ssp.																																																																																
b Frustulia ssp.																																																																																
b Gomphonema ssp.																																																																																
b Gyrosigma ssp.																																																																																
b Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow																																																																																
b Liomphora ssp.																																																																																
b Luticola mutica (Kuet.) G.D. Mann																																																																																
b Melosira arenaria Moore																																																																																
b M. nummuloides (Dillw.) Azardh																																																																																
b Meridion circulare Azardh																																																																																
b Navicula cf. elegans W. Smith																																																																																
b N. ssp.																																																																																
b Neidium ssp.																																																																																
b Nitzschia borealis Ehrenberg																																																																																
b Pinnularia ssp.																																																																																
b P. ssp.																																																																																
b Reimeri sinuata (Grezorvi) Kociolek et Stoermer																																																																																
b Rhoicosphaenia ssp.																																																																																
b Sellaphora ssp.																																																																																
b Stauroneis ssp.																																																																																
b Stephanodiscus astraea ssp.																																																																																
b Surirella ssp.																																																																																
b Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg																																																																																
b S. ssp.																																																																																
b Tabellaria fenestrata (Lynbve) Kuetzing																																																																																
Diatoms counted																																																																																
Missing spores of Diatoceros																																																																																
Diatom taxa recognized																																																																																

海生種

汽水~淡水生種

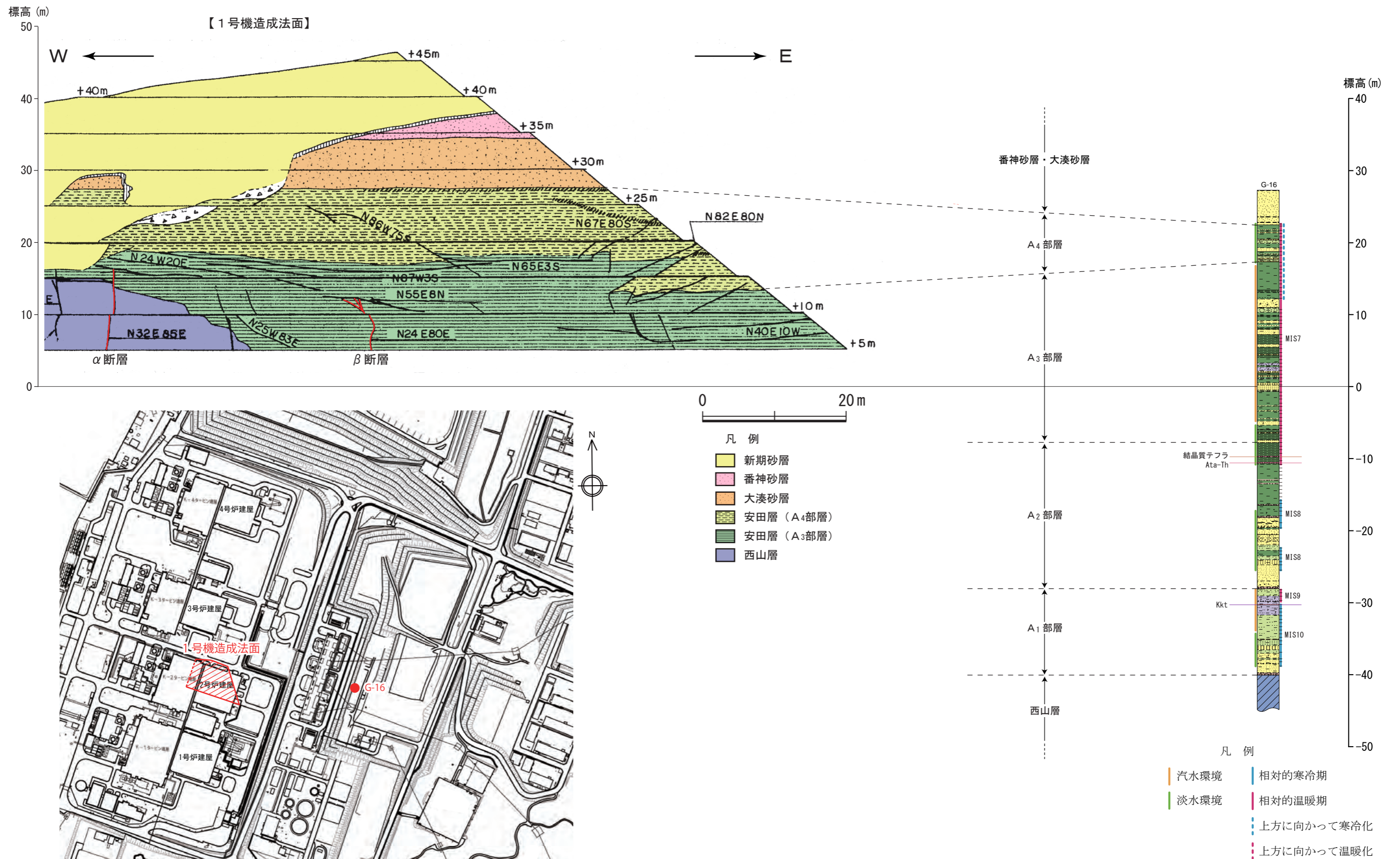
淡水生種

凡例
 p: 浮遊性, b: 底生, e: 絶滅種
 含有量 VA: 非常に豊富, A: 豊富, C: 普通, R: 稀, VR: 非常に稀, ND: 無
 保存度 VG: 非常に良い, G: 良い, M: 普通, P: 悪い, VP: 非常に悪い
 +: 非常に稀

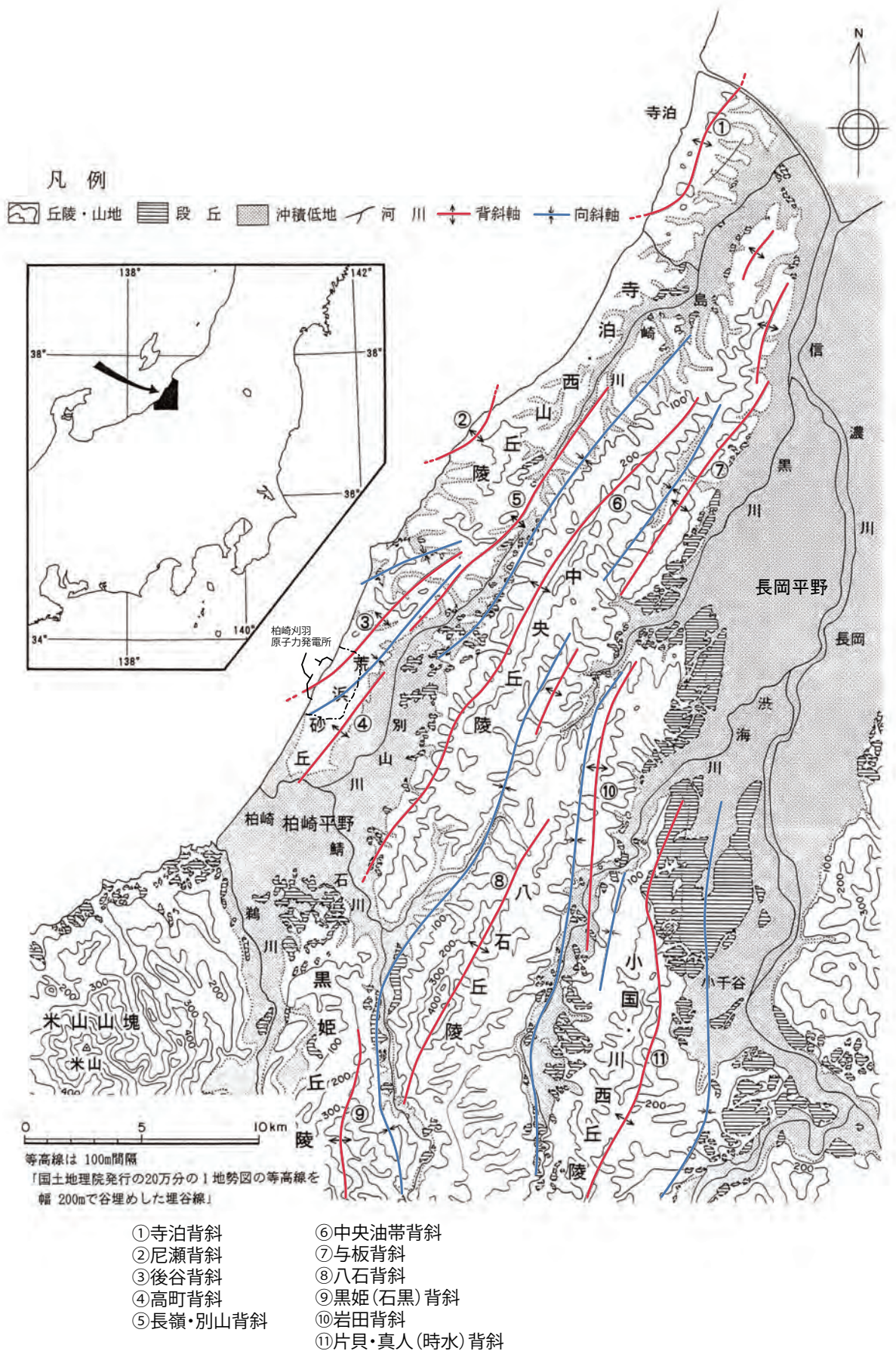


柱状図の凡例・テフラ名などは第2-4図、第2-10図、第2-17図参照。
Loc. 44, Loc. 51, Loc. 54は岸ほか(1996)による。

第2-21図 各地点の安田層の対比

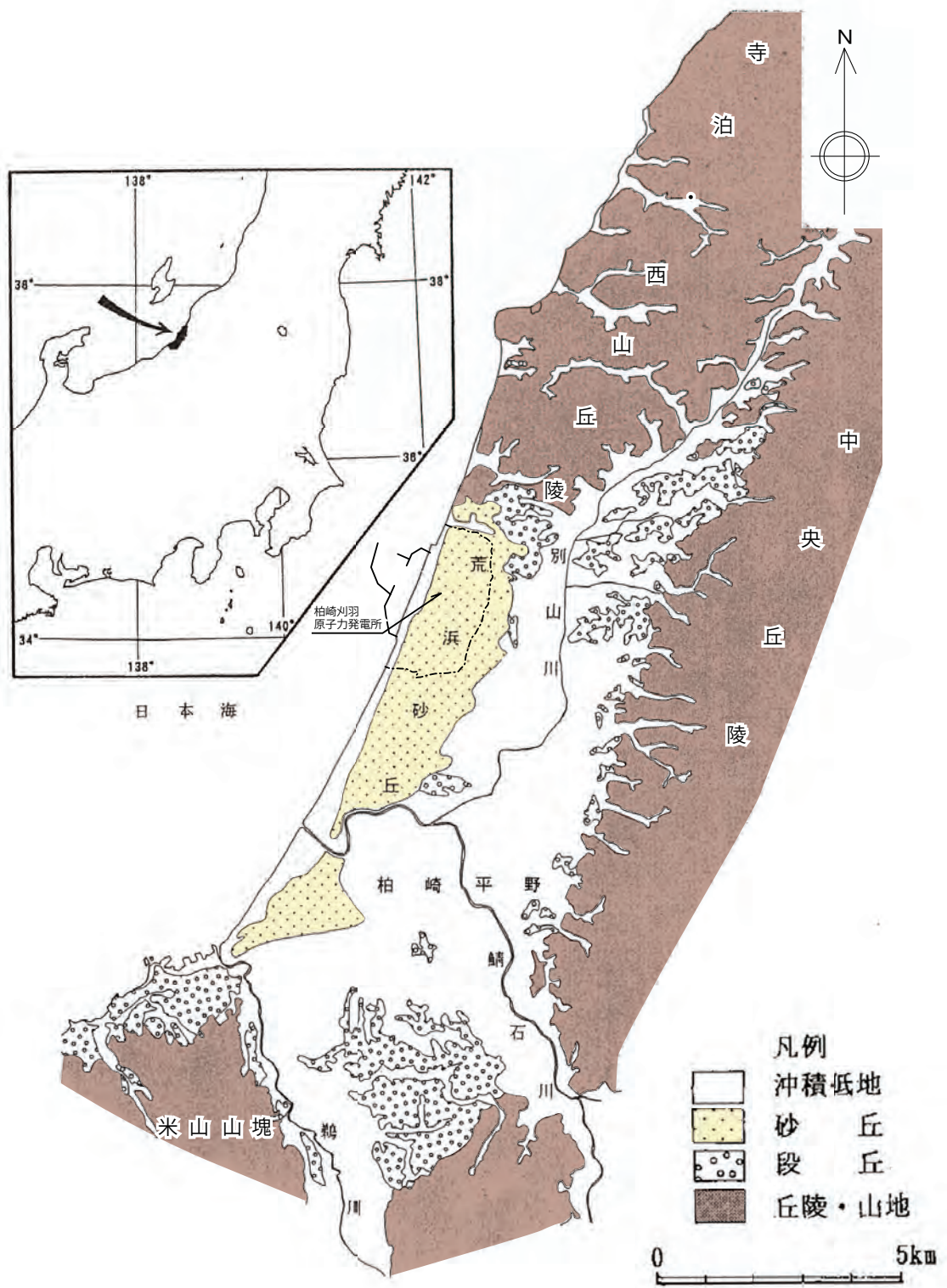


第 2-22 図 1号機造成法面の安田層堆積年代



(④及び⑤の北部区間は、天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会, 1982, 1992による)

第3. 1-1図 柏崎平野およびその周辺地域における地形・地質構造の概要
(岸・宮脇, 1996に一部加筆)



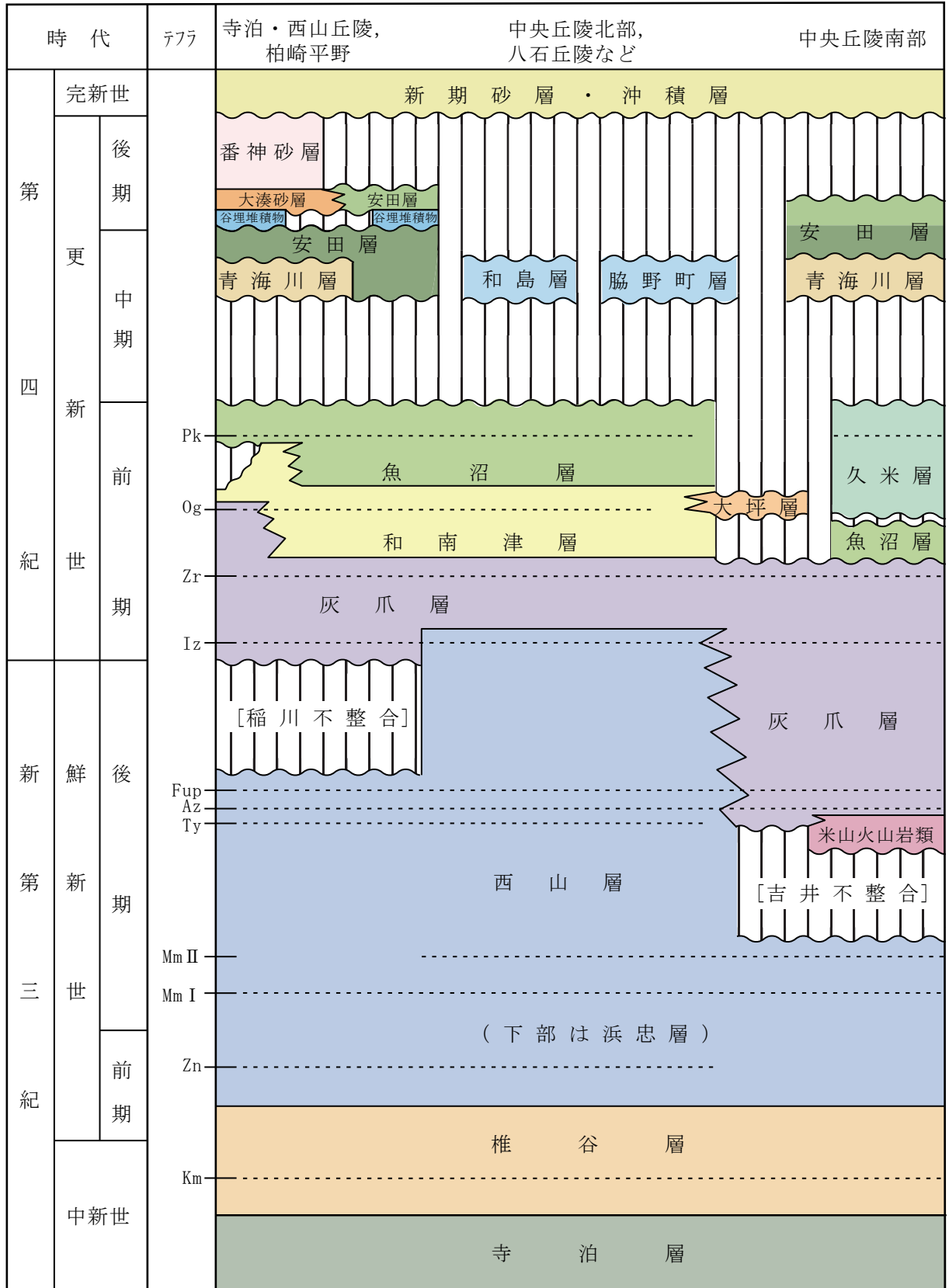
第3.1-2図 柏崎平野およびその近傍における地形の概要
 (岸ほか, 1996に一部加筆)

第3.1-1表 新潟標準層序と底生有孔虫化石群集・古水深

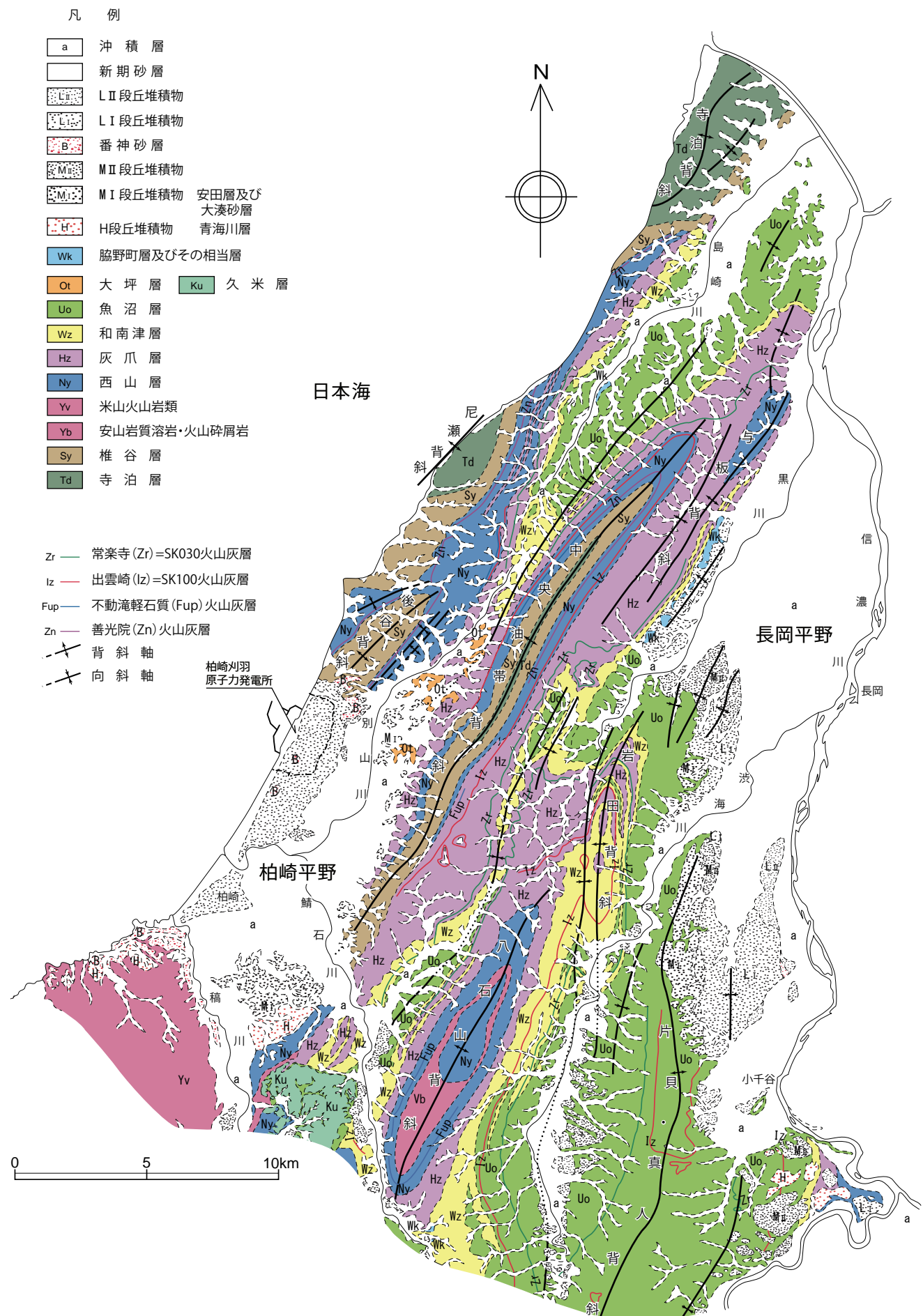
地層名*1	岩相区分		底生有孔虫化石群集	現在の日本海水域*2	
	主な岩相・化石	底生有孔虫化石群集		水深(m)	水深(m)
魚沼層	主に礫・砂シルト互層からなり、亜炭層、腐植層を挟在する。 カキ、ウミタケ、ヌマコダキガイ等の汽水性貝化石を産出する。また、大型植物化石を多産する。	底生有孔虫化石群集 N.F. <i>Ammonia beccarii</i> 等の汽水性群集			
和南津層	主に生痕化石が多い塊状細粒砂岩、クロスラミナの発達する中粒砂岩からなる。	<i>Elphidium crispum</i> , <i>Ammonia beccarii</i> 等の浅海～汽水性石灰質群集	<i>Elphidium crispum</i> Assem. (<i>Ammonia beccarii</i> Assem.) <i>Pseudorotaria gainardii</i> — <i>Buccella frigida</i> Assem.	0 10～20	
灰爪層	主に砂質泥岩からなり、貝化石を多産する。寺泊・西山丘陵及び中央丘陵南部では貝殻片質石灰岩を挟在する。 浅海性貝化石、ウニ化石等を多産する。	上部： <i>Cibicides cf. refulgens</i> , <i>Bullimina marginata</i> 等の浅海性石灰質群集 下部： <i>Cibicides cf. refulgens</i> 等の浅海性石灰種と <i>Trifarina kokozuraensis</i> 等の半深海性石灰種との混合群集	<i>Siphogenerina raphanus</i> — <i>Bullimina marginata</i> Assem. <i>Cassidulina</i> spp — <i>Trifarina kokozuraensis</i> Assemblage	50 150	
西山層	上部：主に暗青灰色塊状泥岩からなり、結状泥岩を挟在する。 下部：主に泥岩優勢なフリッシュ型砂岩・泥岩互層からなる。 珪質海綿 <i>Makiyama chitanii</i> を産出する。	上部： <i>Uvigerina akitaensis</i> , <i>Trifarina kokozuraensis</i> 等の半深海性石灰質群集 下部： <i>Oridorsalis umbonatas</i> , <i>Melonis pompilioides</i> 等の半深海性石灰種と <i>Cribrostomoides subglobosum</i> 等の半深海性石灰種との石灰種優勢な混合群集	<i>Trifarina kokozuraensis</i> — <i>Uvigerina akitaensis</i> Assemblage	300	
椎谷層	主に砂岩優勢なフリッシュ型互層からなりスランブ礫岩層を挟在する。 荒谷相：主に黒色塊状泥岩からなる。 珪質海綿 <i>Makiyama chitanii</i> を産出する。	<i>Milammina echigenis</i> 等の半深海性砂質種が優勢な石灰種との混合群集	<i>Milammina echigoensis</i> Assemblage	800～1000	
寺泊層	主に黒褐色泥岩からなる。	上部は <i>Spirosigmoinella compressa</i> 等、 下部は <i>Dorothina</i> sp. 等のいずれも深海性砂質群集			

*1：新潟県（1977），宮下ほか（1972）等による。*2：天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会（1982）による。

第3.1-2表 柏崎平野及びその周辺の地質層序



テフラの名称は第3.1-3表を参照。

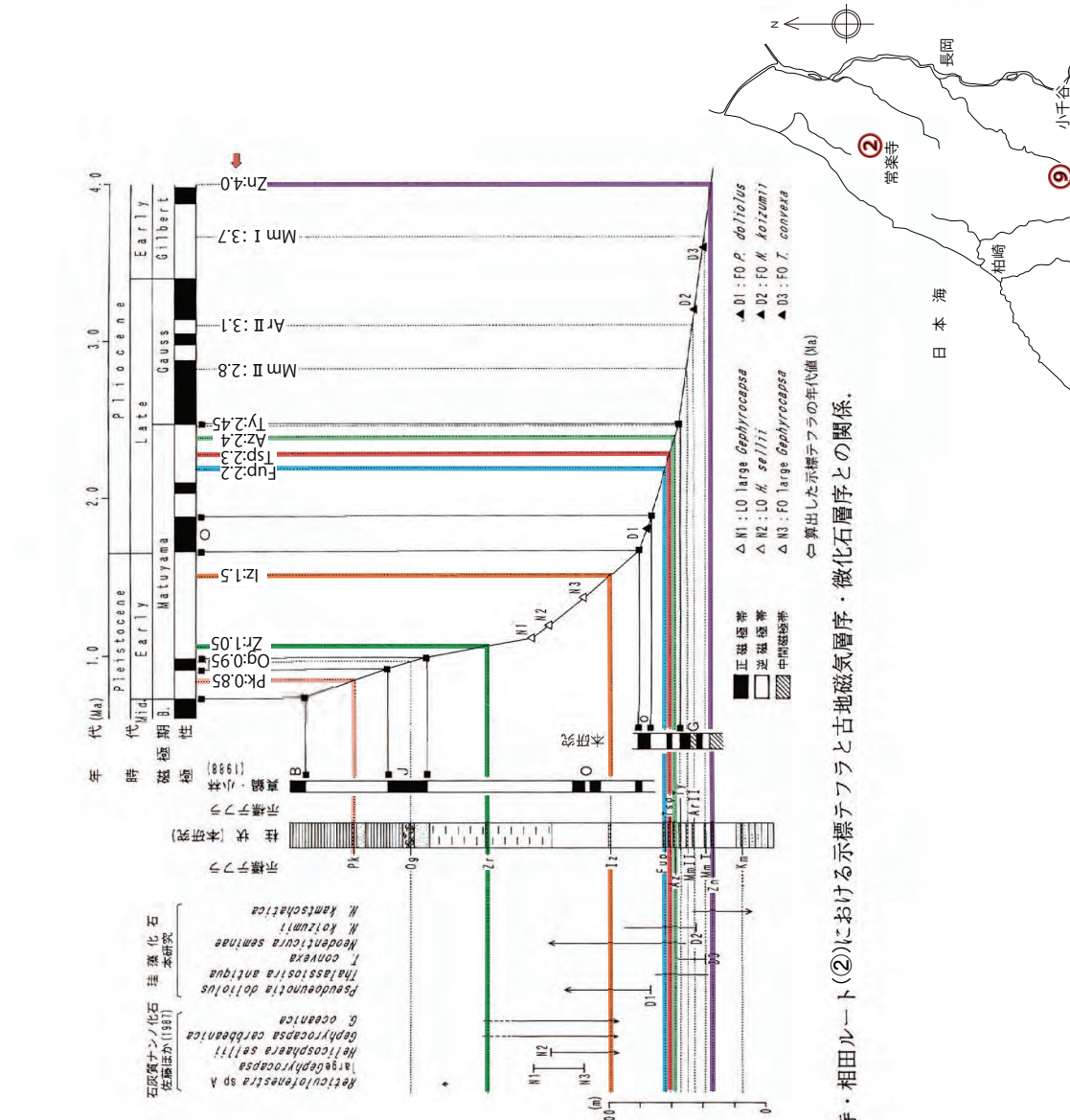
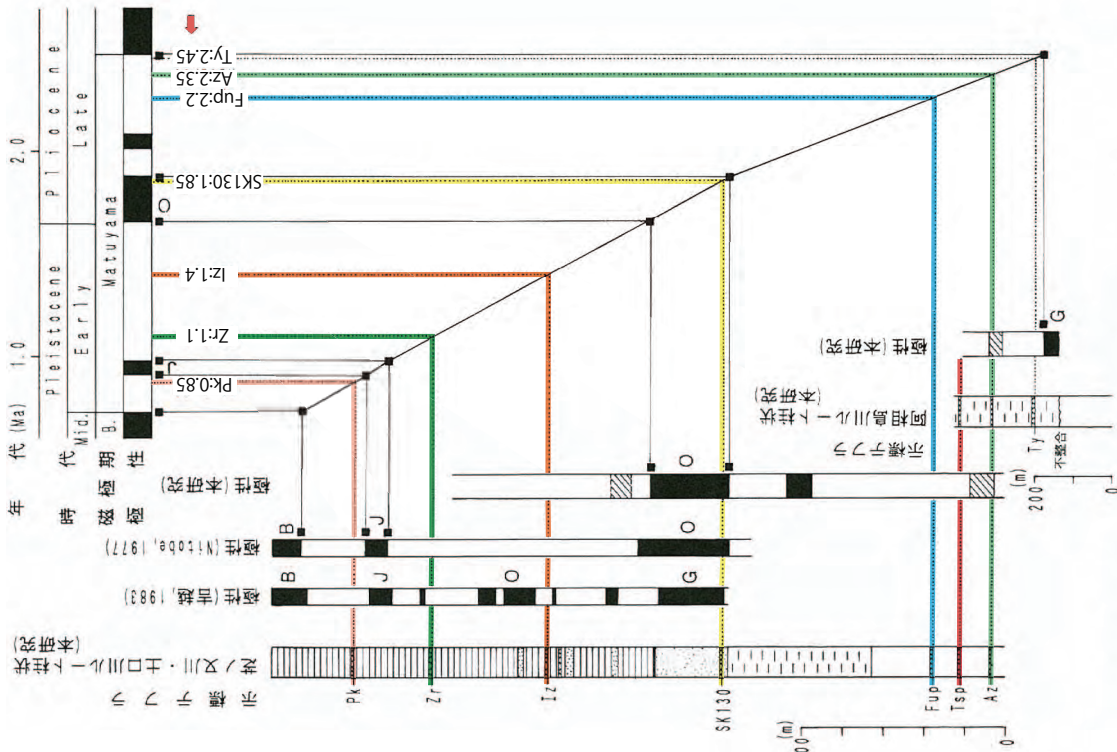


第3. 1-3図 新潟標準層序に基づく柏崎平野及びその周辺地域の地質図

第3.1-3表 示標テフラの一覧表 (岸・宮脇, 1996に一部加筆)

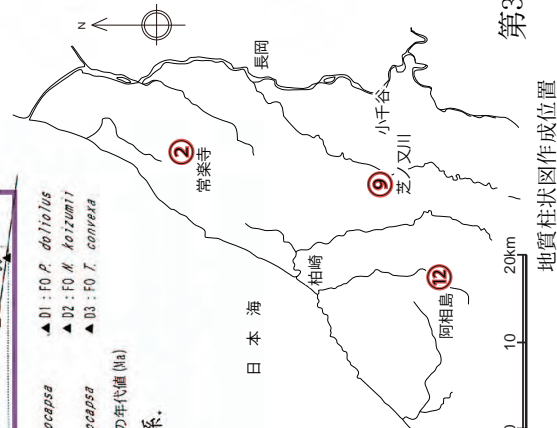
示標テフラ名称 []内は略記号	鉱物組成		屈折率	対比
	LM: 軽鉱物組成・HM: 重鉱物組成 ()内はガラスの形態の量比	特徴		
Pk 火山灰層 [Pk] (宮下ほか, 1972)	LM: gl>fd(sb>bw≥str>spg>fib) HM: opx>cpx>ho	glは透明な sb と bw の中間型に富む。HM は opx に富む。	gl: 1.505~1.507	新潟平野団体研究グループ(1970)のSK 020火山灰層に対比される。
吉水火山灰層 [Ys] (小林・阿部, 1981)	LM: gl>fd(fib>spg>sb≥str>bw) HM: opx>ho>cpx>zr>ox-ho	glは fib・spg に富む。HM は opx に富み、ox-ho を含む。	gl: 1.502~1.503	安井ほか(1983)の油田II火山灰層に対比される。
小木火山灰層 [Og] (小林・阿部, 1981)	LM: gl>fd(bw>sb>str>fib) HM: opx>cpx≥ho>zr	glは微小な気泡を含み白濁した bw が多く、HM は opx に富む。	gl: 1.499~1.502	安井ほか(1983)の油田I火山灰層に対比される。
常楽寺火山灰層 [Zr] (小林・阿部, 1981)	LM: gl≥fd>qz>cd(spg≥fib≥sb>str) HM: cm≥ho>opx>cpx	cdを含むことを特徴とし、glは spg・fib が多く、HM は bi, cm, ho が多く。	gl: 1.496~1.499 cm: 1.667~1.669 ho: 1.676~1.678	新潟平野団体研究グループ(1970)のSK 030火山灰層に対比される。
出雲崎火山灰層 [Iz] (菊池ほか, 1984)	LM: gl>fd(spg>fib>sb>str) HM: opx>al>ho≥gar>zr	glは spg に富む。HM は bi に富み、al, opx が多く、gar を含む。	gl: 1.498~1.502 opx: 1.740~1.755	安井ほか(1983)のSK 100火山灰層に対比される。
SK 110火山灰層 (再定義)	LM: gl>fd(str>sb≥bw≥fib>spg) HM: opx≥zr>ho≥cpx	glは str に富む。HM は bi に富み、長柱状の opx が多く。	gl: 1.499~1.501 opx: 1.738~1.742	魚沼丘陵団体研究グループ(1975)の中間の軽石質凝灰岩層をSK 110火山灰層と再定義する。
辻又川火山灰層 [Tx] (風岡ほか, 1986)	LM: gl>fd(str>sb>bw>fib>spg) HM: opx>cpx>ho>zr	glは str・sb が多く、HM は opx に富む。	gl: 1.501~1.503 opx: 1.705~1.758 ho: 1.688~1.694	
SK 130火山灰層 (魚沼丘陵 団体研究グループ, 1975)	LM: gl>fd(spg>sb>fib>spg) HM: opx>cpx>ho>ox-ho	glは spg が多く、淡褐色 gl を含む。HM は opx が多く、bi, ox-ho を含む。	gl: 1.507~1.510 opx: 1.700~1.709	
不動滝火山灰層 [Fup] (黒川ほか, 1989a)	LM: gl>fd(fib≒str≒sb>spg) HM: opx>ho>cpx	glは fib, str, sb をほぼ等量含む。HM は 長柱状の opx に富む。	gl: 1.500~1.502 opx: 1.738~1.745	
西山ゴマシオ火山灰層 [Ngm] (菊池ほか, 1984)	LM: fd>gl(fib>spg>str) HM: opx>ho	結晶質であり、HM, fd が多く、opx は色調が濃い。	opx: 1.722~1.727 ho: 1.682~1.687	
武石火山灰層 [Tsp] (再定義)	LM: gl>fd(sb>str>fib>spg) HM: opx>zr>ho	glは気泡間の壁が厚い sb が多く、HM は bi に富み、長柱状の opx も多い。	gl: 1.498~1.500 opx: 1.745~1.752	沢栗・黒川(1986)の武石パミス質テフラ群のうち Tsp-1, Tsp-2 を Tsp と再定義する。
阿相島火山灰層 [Az] (新称)	LM: gl>qz(str≒sb>fib>spg>bw) HM: al>zr>opx>ho>cpx	glは str, sb が多く、β-qz を含む。HM は bi に富み、al を含む。	gl: 1.497~1.500	沢栗・黒川(1986)の武石パミス質テフラ群のうち Hap-2 に対比される。
鷹の巣山火山灰層 [Ty] (新称)	LM: gl>fd(spg>fib>sb>str) HM: ho>opx>zr>al	glは spg に富む。HM は bi に富み、長柱状の opx が多く。	gl: 1.502~1.512 opx: 1.723~1.729 ho: 1.683~1.691	
物見山II火山灰層 [Mm II] (新称)	LM: gl>fd(sb>str>bw≥fib≥spg) HM: zr>opx≒al≒cpx>ho>gar	sb と bw との中間で厚手の gl が多く、HM は bi, al, gar を含む。	gl: 1.496~1.498	黒川・沢栗(1990)の二田城パミス質火山灰に対比される。
荒谷ガラス質テフラII [Ar II] (黒川ほか, 1989)	LM: gl>fd(sb≥fib≥spg≥str>bw) HM: opx>ho	glは sb・spg 中間型、spg-fib 中間型が多い。HM は含有率が低い。	gl: 1.503~1.505	黒川ほか(1987)の西山白色ガラス質テフラに対比される。
物見山I火山灰層 [Mm I] (新称)	LM: gl>fd(str>sb>fib≥spg>bw) HM: opx>gar≥zr>ho>al>cpx	glは str と fib との中間型が多い。HM は bi, gar, al を含む。	gl: 1.499~1.501	黒川ほか(1989)の小木ノ城白色ガラス質テフラ群のうち Ojw-1 に対比される。
Zn 火山灰層 [Zn] (鈴木ほか, 1974a)	LM: gl>fd(sb>str>bw≒spg≥fib) HM: opx≥ho>br-ho>ox-ho>zr	glは sb と bw との中間型に富み、厚手の bw が多く。HM は opx, ho が多く、bi, br-ho, ox-ho を含む。	gl: 1.498~1.500 ho: 1.685~1.690	黒川ほか(1987)の善久院パミス質テフラ。黒川ほか(1989)の薬師峠ラミネイティッドガラス質火山灰層に対比される。
Km 火山灰層 [Km] (鈴木ほか, 1974a)	LM: gl>fd(spg>sb>str≒fib) HM: ho>cm≥opx>br-ho≥cpx	glは spg に富む。HM は ho が多く、bi, cm, br-ho を含む。	gl: 1.502~1.505 ho: 1.685~1.692	

[軽鉱物] gl: 火山ガラス, fd: 長石, qz: 石英, cd: 重晶石。[火山ガラスの形態] 図5参照。[量比] ≒: 等量, ≥: 等量~1.2倍, >: 1.2倍~5倍, >>: 5倍以上。[重鉱物] opx: 斜方輝石, cpx: 単斜輝石, ho: 普通角閃石, br-ho: 褐色普通角閃石, ox-ho: 酸化普通角閃石, cm: カミングトン閃石, zr: ジルコン, al: 楊レン石, gar: ガーネット, bi: 黒雲母 (ただし、黒雲母及び不透明鉱物は量比からは除く)。



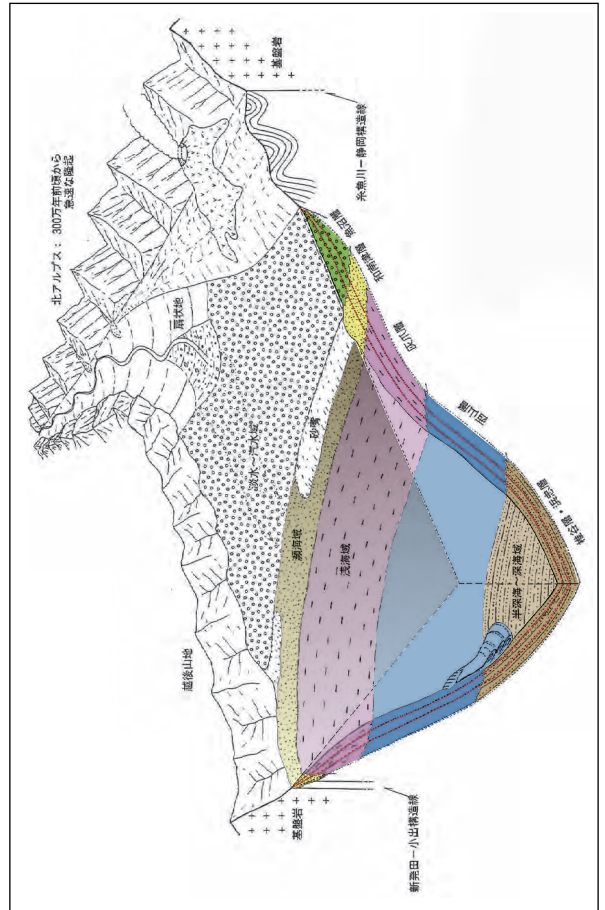
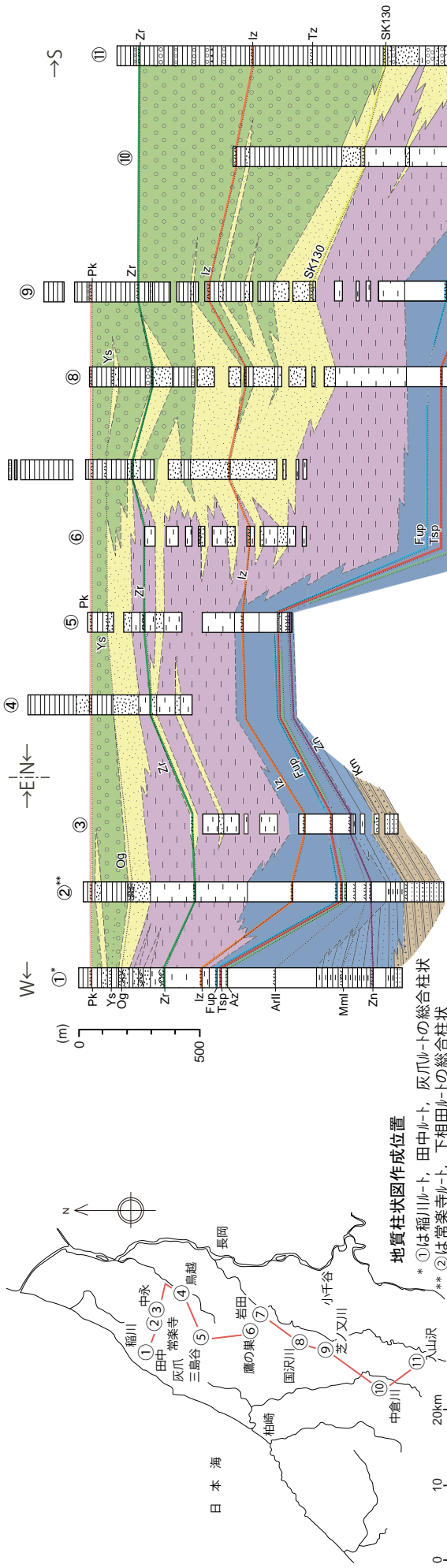
芝ノ又川・土口川ルート(⑨)及び阿相島川ルート(⑫)における示標テフラと古地磁気層序との関係。

第3.1-4図 柏崎平野周辺を示標テフラと古地磁気層序との関係 (岸・宮脇, 1996に一部加筆)



常楽寺・相田ルート(②)における示標テフラと古地磁気層序・微化石層序との関係。

地質柱状図作成位置



- 地質柱状図凡例
- 礫・砂・泥不規則互層
 - 砂層・砂岩
 - 礫層・礫岩
 - 砂質泥岩～泥質砂岩
 - 石灰質砂岩
 - 塊状泥岩
 - 泥岩優勢互層
 - 砂岩優勢互層
 - 凝灰質泥岩
 - 火山灰・軽石層
 - 火山角礫岩～凝灰角礫岩
- 岩相層序区分
- 魚沼層
 - 和南津層
 - 灰爪層
 - 西山層
 - 浜志層
 - 椎谷層
- 挟在層
- 安山岩質火山砕屑岩類
 - 砂岩厚層
 - 示露テフラ

地質柱状対比

テフラの名称は第3.1-3表参照

第3.1-5図 東頸城丘陵北半部における地質柱状対比 (岸・宮脇, 1996に一部加筆)

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 [I]	試料 番号	ガラスの形態 [II] 重鉱物組成 [III]	火山ガラス(m)	ガラス・鉱物の屈折率 [] 内は主範囲	斜方輝石 (n ₂) 普通角閃石 (n ₂) 斜方閃石 (n ₂)
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	5	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>cp>ho	—	1.708-1.714	—
中子軽石層 (NG)	刈羽村十日市	46	ho>>cm>opx	—	—	1.674-1.680 1.662-1.667
	柏崎市長崎	54	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
	刈羽村寺尾西	39-2	sb>str2bw>spg2fib opx>ho>cp>	1.504-1.506	1.707-1.714	1.680-1.690
未記載	柏崎市大湊	40	sb>str2bw>spg2fib opx>ho	1.503-1.506	1.707-1.713	1.685±
	発電所敷地内	48	sb>str2bw>spg2fib opx>ho	1.508-1.506	1.705-1.714	1.685-1.688
	発電所敷地内	50	bw>sb>str>>spg2fib ho>opx	1.498-1.500	1.714-1.719	1.671-1.674
阿多鳥浜火山灰層 (Ata-Th)						

[I] 試料採取地点は図 2, 図 8 参照。

[II] 形態の種類は岸・宮脇(1996)参照, bw: パブルウォール型 sb: スモール・パブル型 str: 平行型

fib: 繊維型 spg: スポンジ型

[III] 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

(岸ほか, 1996 を編集)

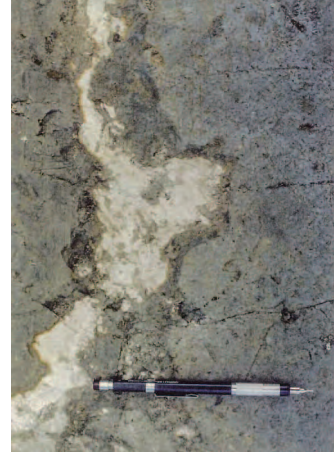
*テフラの測定・同定は, 新井房夫先生による。



Loc.49 (発電所敷地内)
番神砂層中に挟在する橙色軽石層。同軽石層は御岳湯町テフラに同定される。



Loc.40 (柏崎市大湊)
安田層中に挟在する白色ガラス質火山灰層。



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結晶質テフラ。同火山灰層は阿多鳥浜テフラに同定される。



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層。同軽石層は, 中子軽石層(飯縄上層c: ≧130ka)に同定される。

Loc. 9' (柏崎市上輪新田)

標尺 (m)	地質	柱状図	層番号	テフラ名
0	黒色土壌		1	
1			2	AT
2	ローム層		3	DKP
3	赤色土壌		4	Aso-4
4	クワリ礫層		5	



Loc. 9' (柏崎市上輪新田) : H 面堆積物

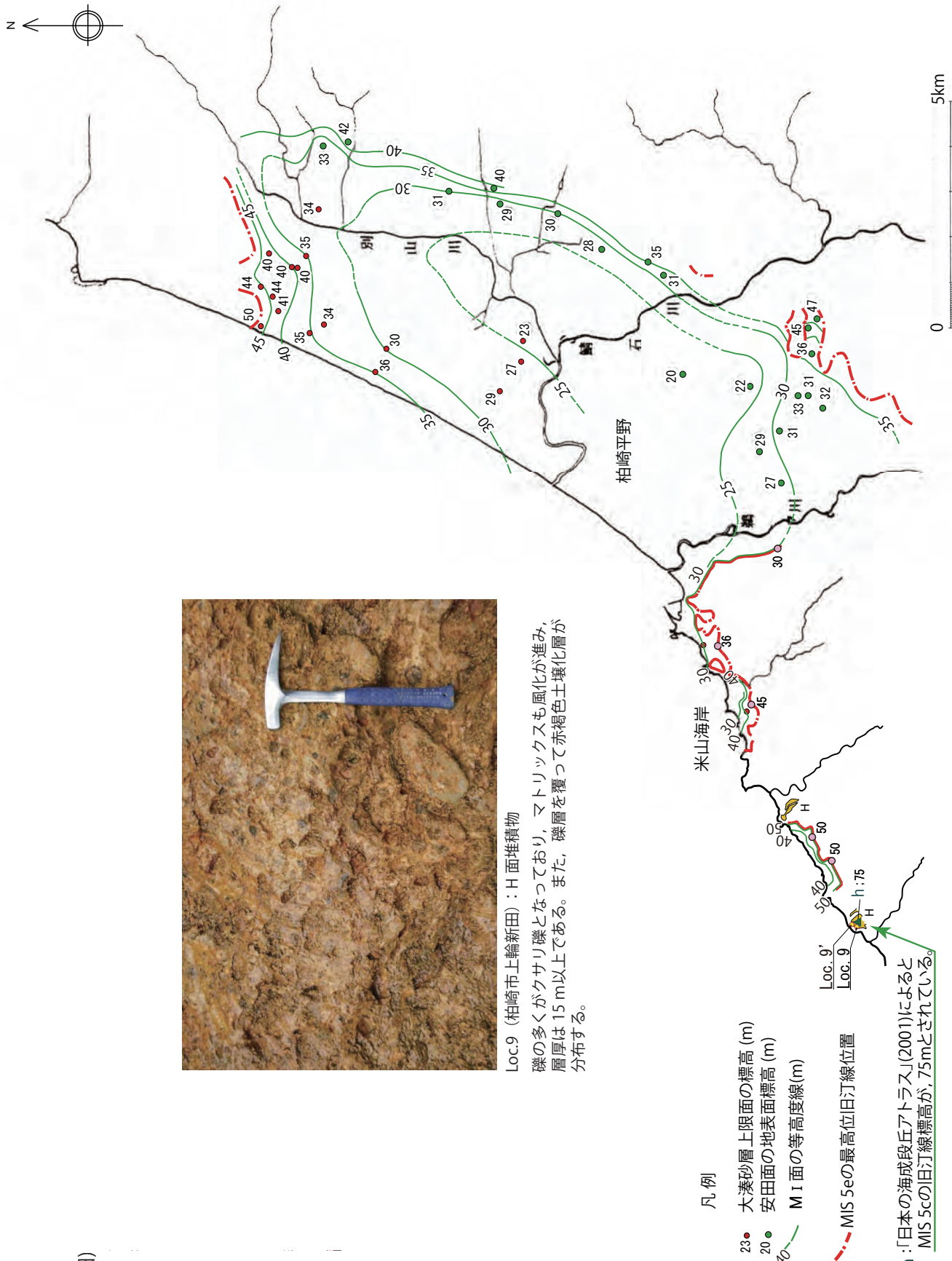
礫の多くがクワリ礫となっており、マトリックスも風化が進み、層厚は 15 m 以上である。また、礫層を覆って赤褐色土壌化層が分布する。

凡例

- 23 ● 大湊砂層上限面の標高 (m)
- 20 ● 安田面の地表面標高 (m)
- 40 ● M1 面の等高線 (m)

--- MIS 5e の最高位旧汀線位置

▲ h : 「日本の海成段丘アトラス」(2001)によると MIS 5c の旧汀線標高が、75m とされている。



第 3.1-7 図 米山海岸の MIS 5e 旧汀線高度



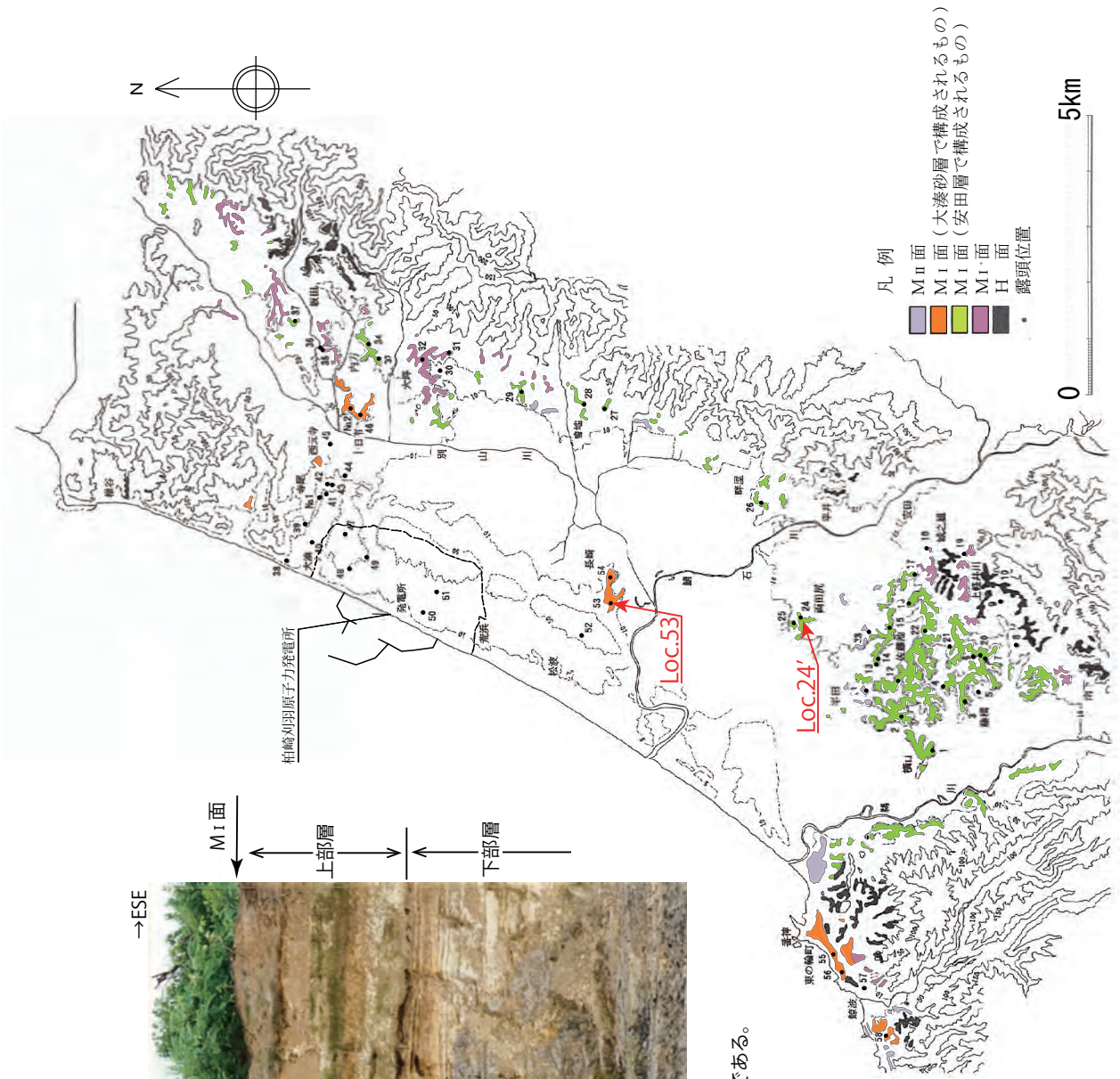
Loc.53 (柏崎市長崎)

MI面の構成層は大湊砂層である。

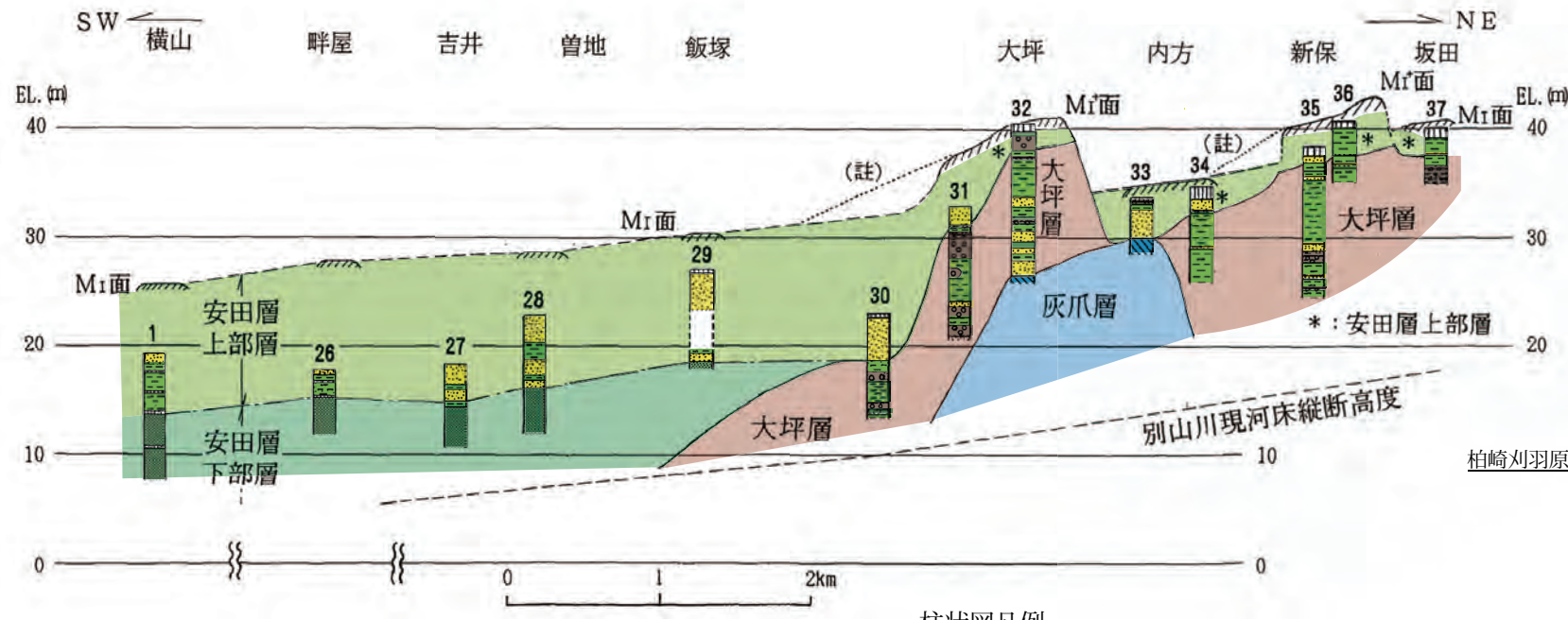


Loc.24' (柏崎市両田尻)

MI面の構成層は安田層上部層である。



第 3.1-8 図 柏崎平野およびその周辺における段丘面分布と MI 面構成層 (岸ほか, 1996 に一部加筆)



柏崎平野東縁部における露頭柱状対比

(註) M_I⁺面は西方の平野中央部において M_I面に漸移する。

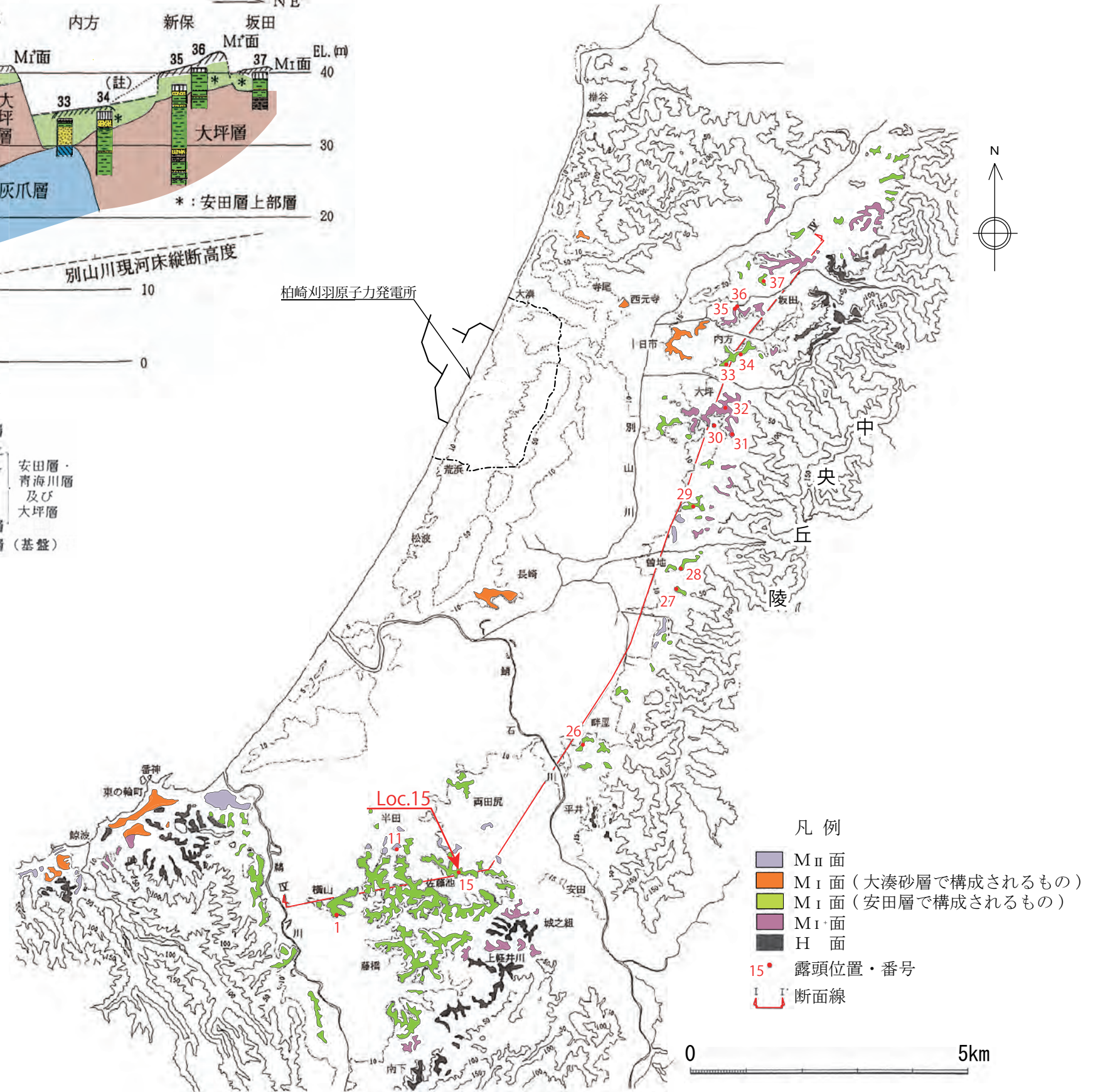
柱状図凡例

- 土 壤 層
 - シルト～粘土
 - 砂質シルト
 - 砂
 - 礫
 - 腐 植 層
 - 先大坪層 (基盤)
- 安田層・青海川層及び大坪層



Loc.15 (柏崎市佐藤池新田)

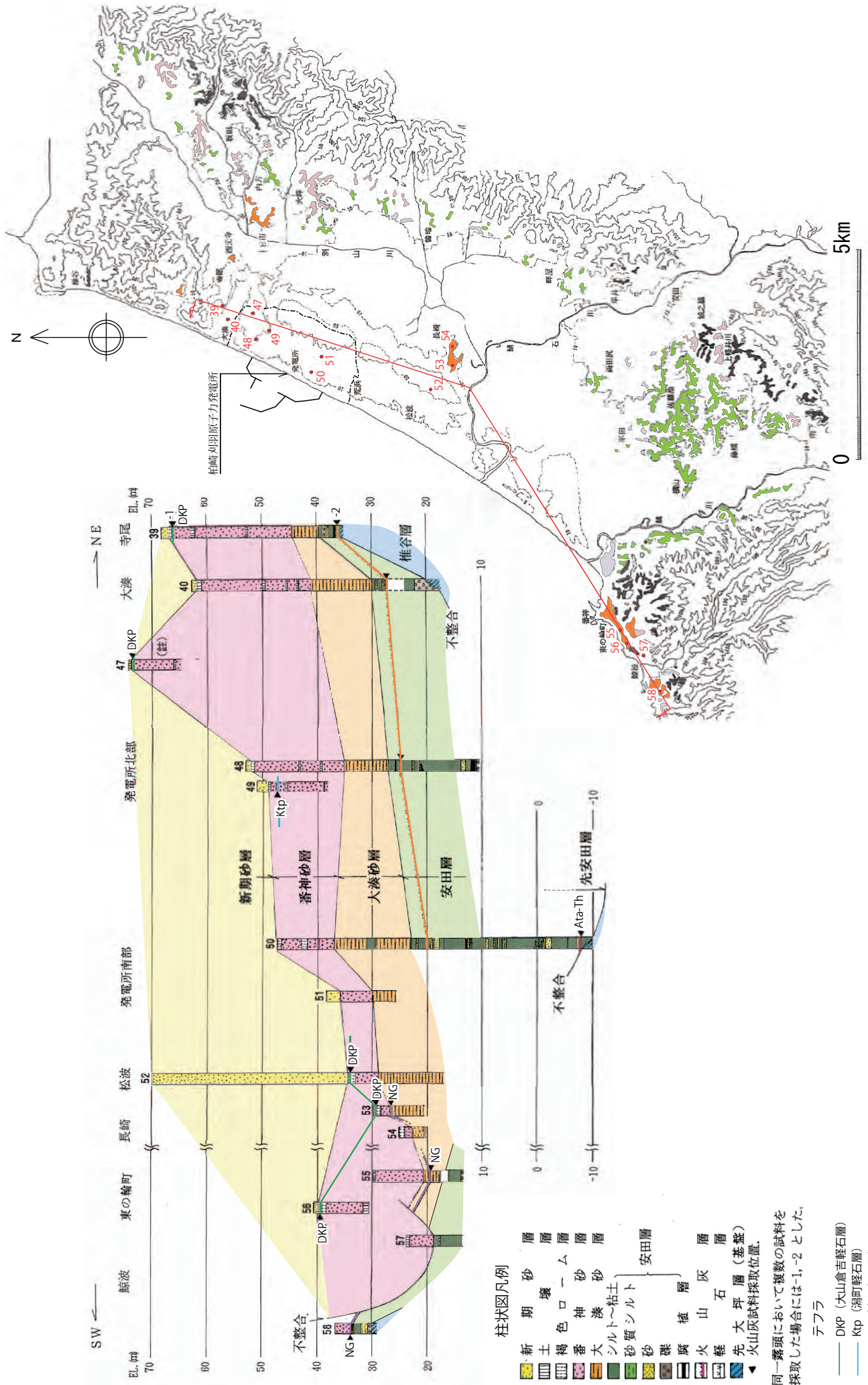
安田層下部の暗青灰色シルト層及びその上位の安田層上部の砂・砂質シルト



凡 例

- M_{II}面
- M_I面 (大湊砂層で構成されるもの)
- M_I面 (安田層で構成されるもの)
- M_I⁺面
- H 面
- 15 露頭位置・番号
- I I 断面線

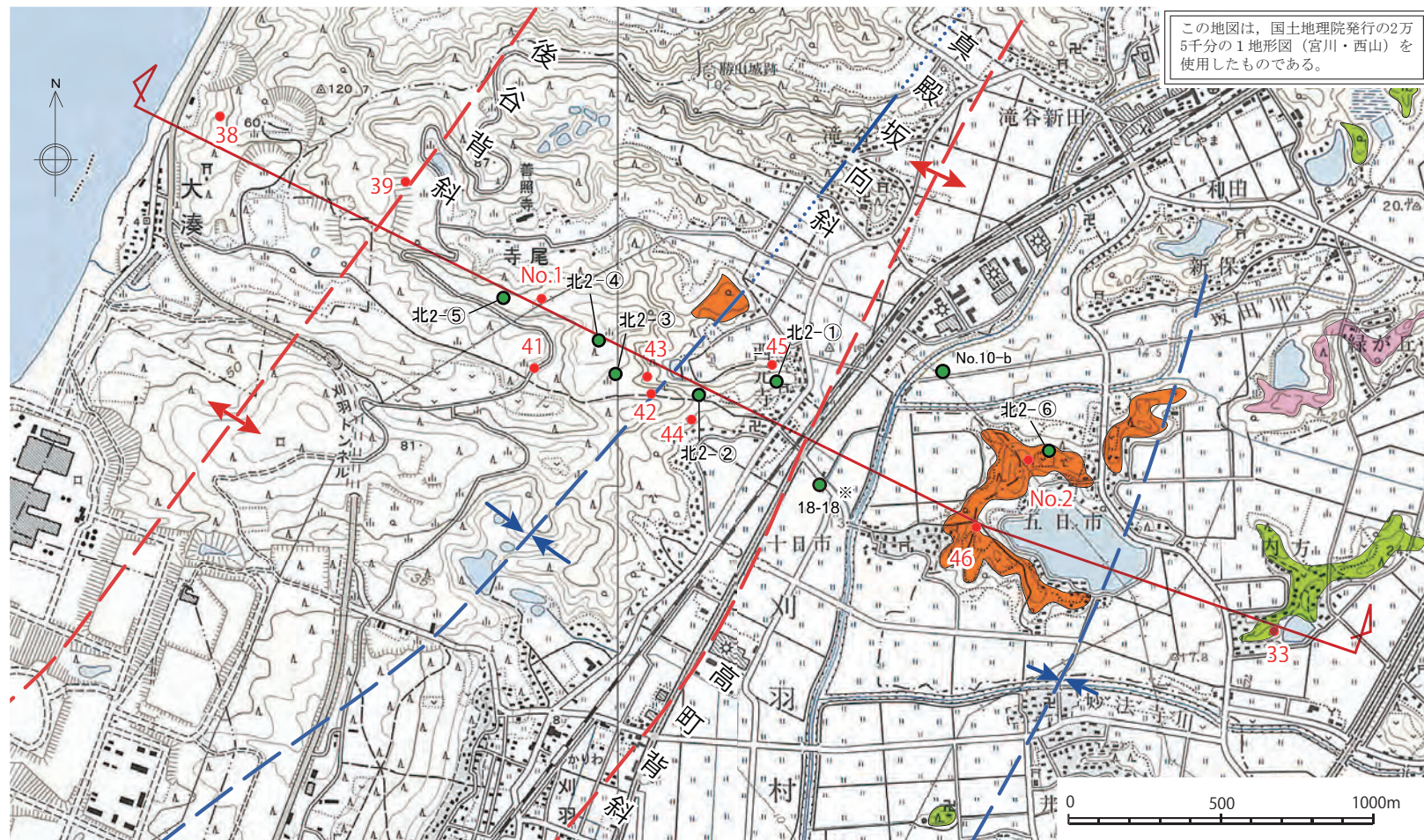
第 3.1-9 図 柏崎平野およびその周辺における段丘面分布と安田層 (岸ほか, 1996 に一部加筆)



第 3.1-10 図 柏崎平野海岸部における安田層，大湊砂層，番神砂層，新期砂層 (岸ほか，1996 に一部加筆)

- 柱状図凡例
- 新期砂層
 - 土層
 - 褐色層
 - 番神砂層
 - 大湊砂層
 - シルト～粘土
 - 砂質シルト
 - 砂層
 - 礫層
 - 灰層
 - 植生層
 - 山石層
 - 軽灰層
 - 先大坪層 (基盤)
 - 火山灰試料採取位置
- 安田層
- 不整合
- 先安田層
- テフラ
- DKP (大山倉吉軽石層)
 - Ktp (湯町軽石層)
 - NG (中子軽石層)
 - ガラス質火山灰層
 - Ata-Th (阿多鳥浜火山灰層)

同一露頭において複数の試料を採取した場合には-1,-2とした。

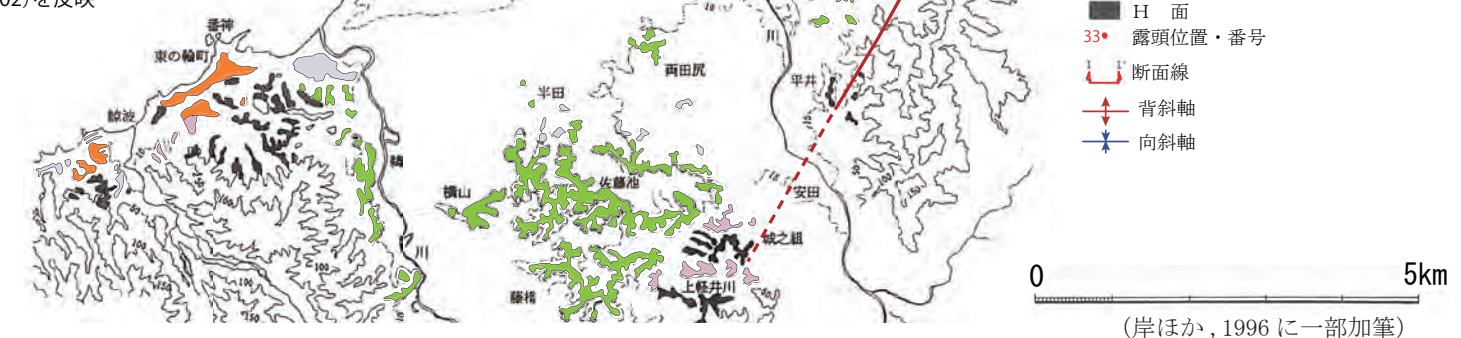


- 凡例
- 断面図に示した露頭・番号
 - ボーリング位置(既往)・番号
 - 断面線
 - 向斜軸 ← 背斜軸

※ 18-18孔：社団法人新潟県地質調査業協会(2002)を反映

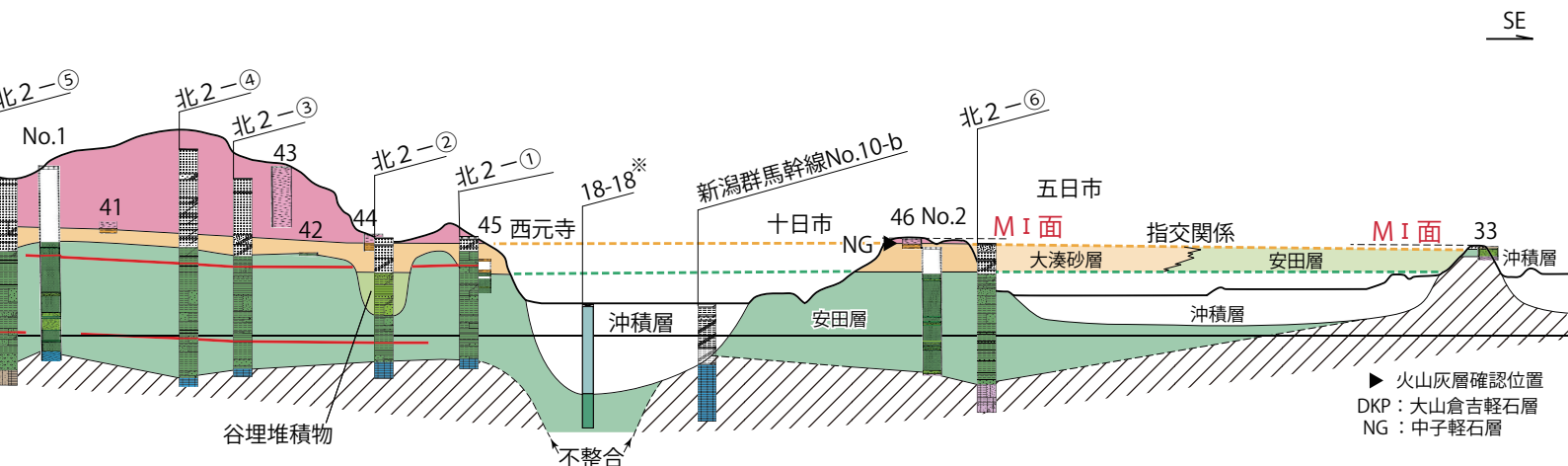
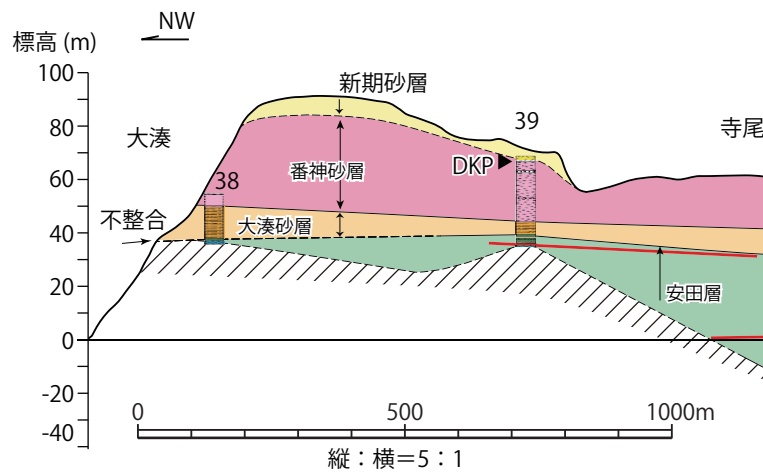
拡大

柏崎刈羽原子力発電所



- 凡例
- M_{II} 面
 - M_I 面 (大湊砂層で構成されるもの)
 - M_I 面 (安田層で構成されるもの)
 - M_I 面
 - H 面
 - 33● 露頭位置・番号
 - 断面線
 - 背斜軸 ← 向斜軸

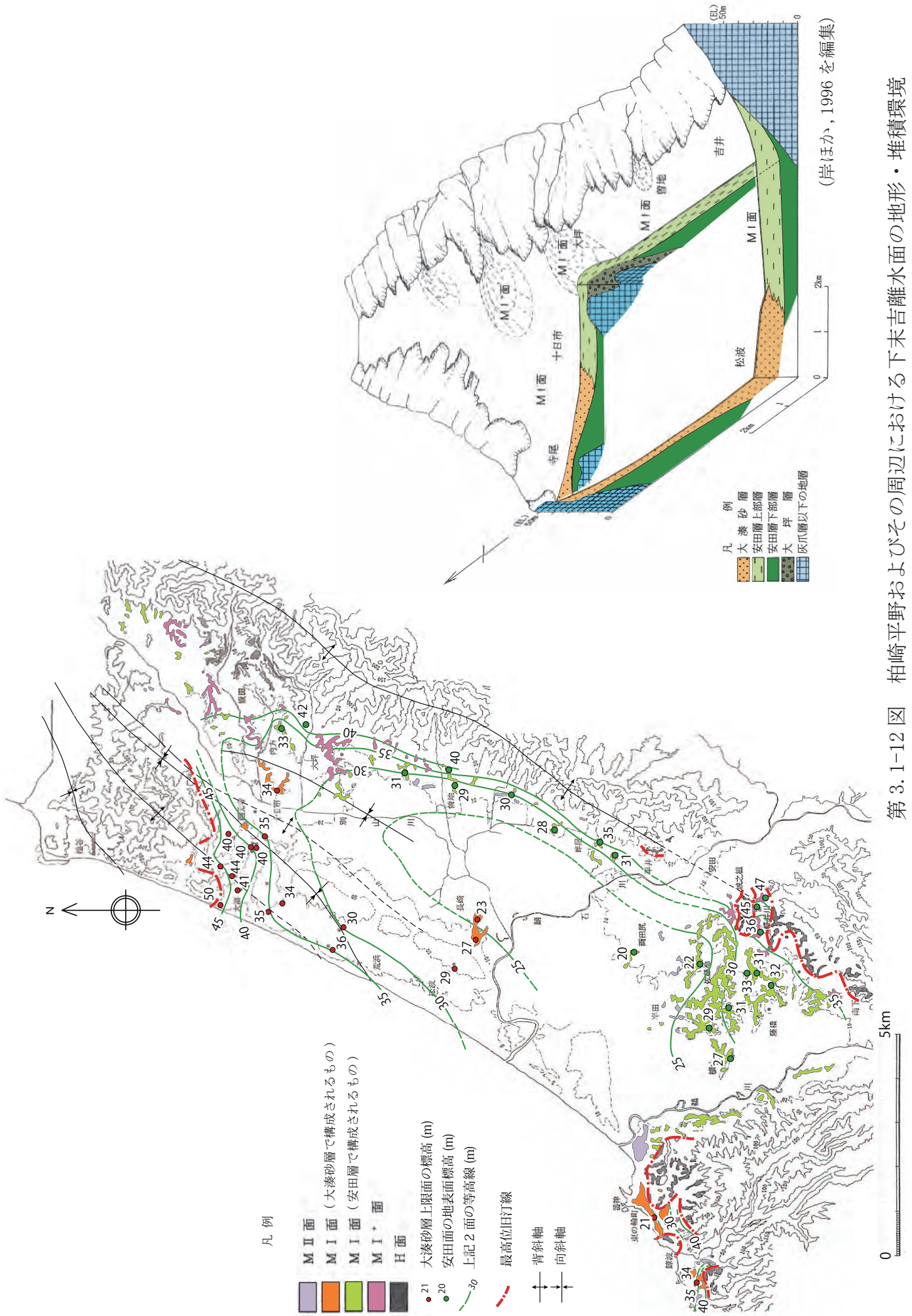
(岸ほか, 1996 に一部加筆)



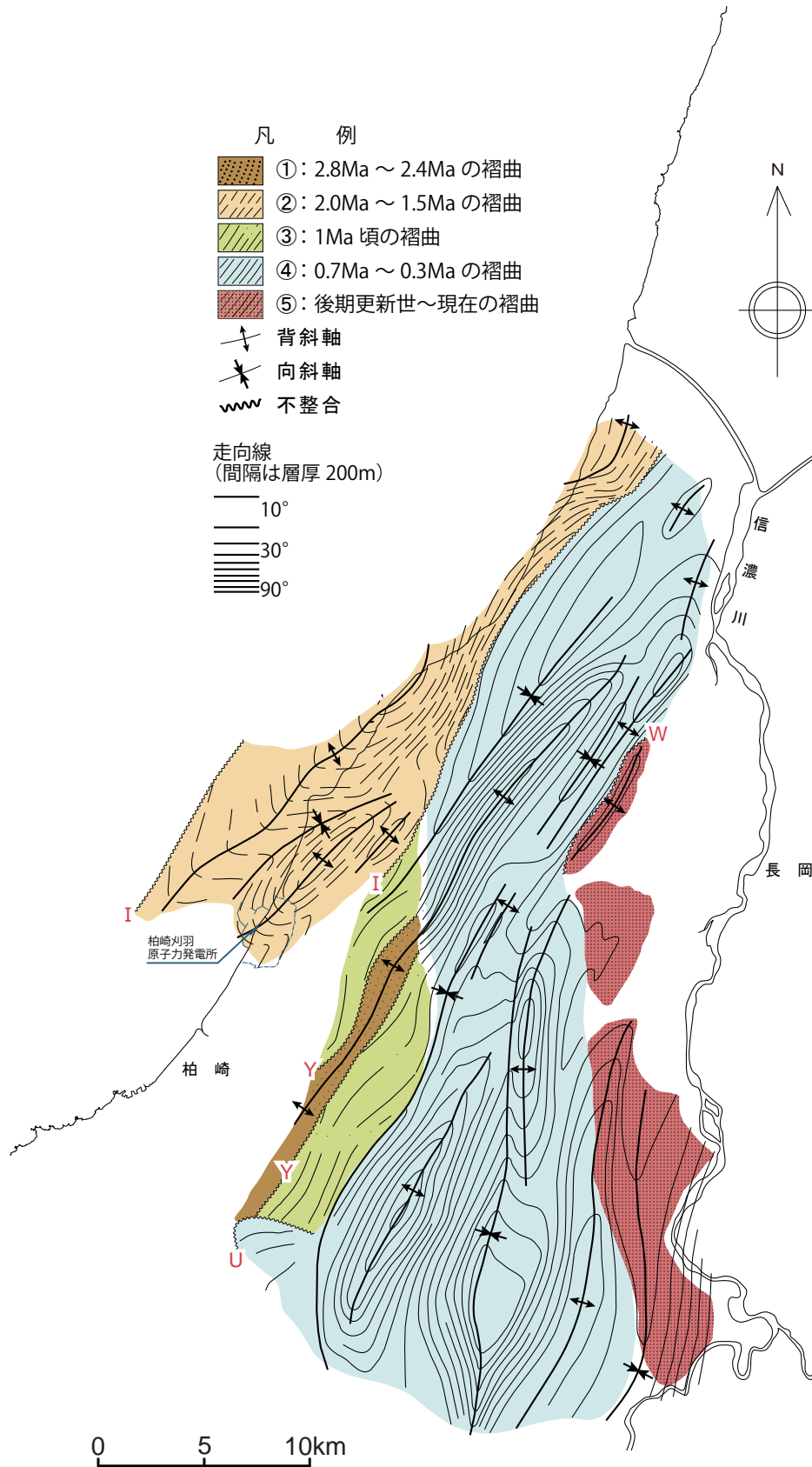
- 凡例
- 新期砂層
 - 番神砂層
 - 大湊砂層
 - 番神砂層・大湊砂層 (未区分)
 - 安田層 (— は火山灰層)
 - 先安田層
- 岸ほか(1996)による露頭柱状図
- ▲ 火山灰層確認位置
 - DKP：大山倉吉軽石層
 - NG：中子軽石層
 - ← 番神砂層/大湊砂層境界

※ 18-18 孔：社団法人新潟県地質調査業協会(2002)を反映

第 3.1-11 図 大湊砂層と安田層との関係



第 3.1-12 図 柏崎平野およびその周辺における下末吉離水面の地形・堆積環境

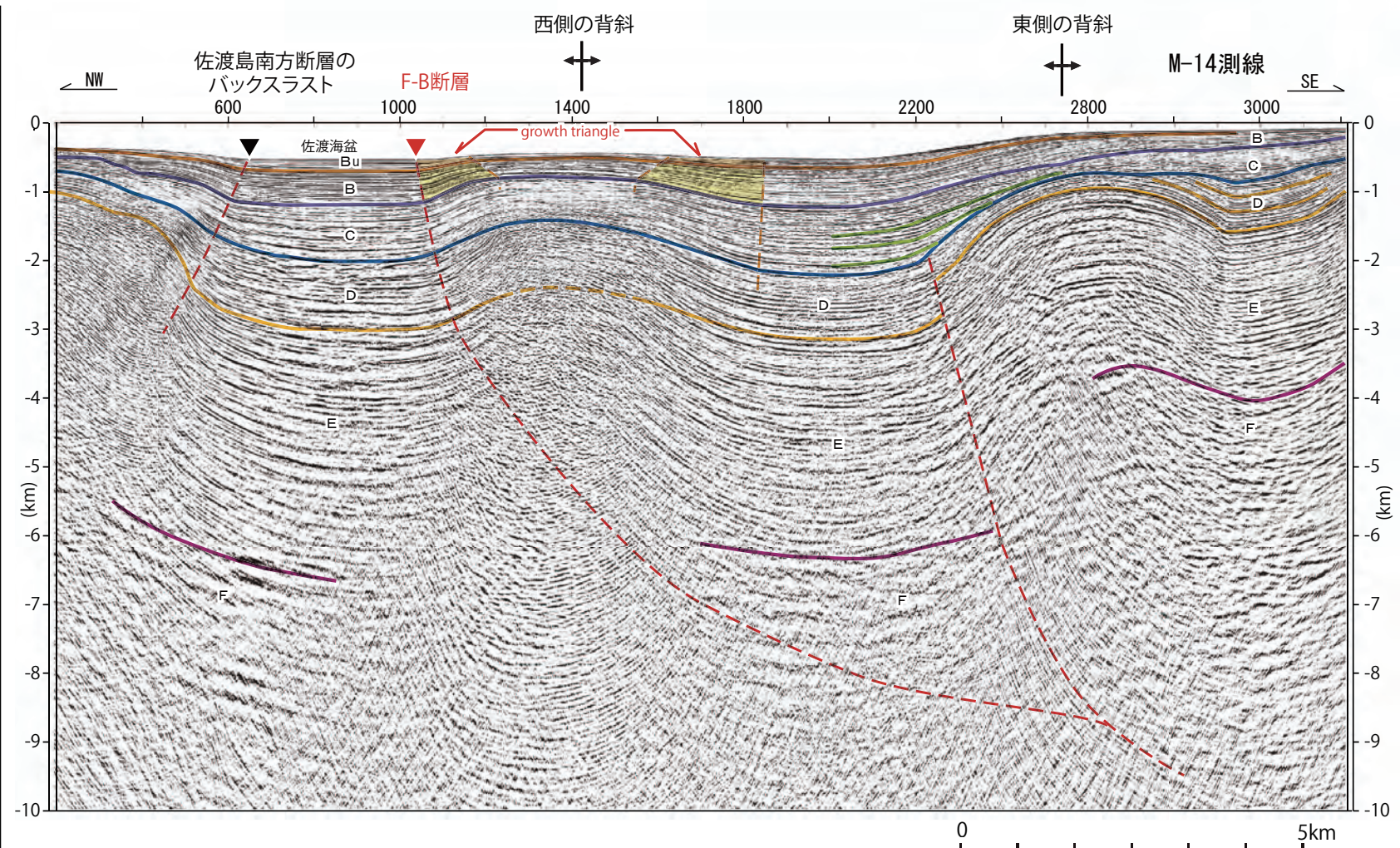
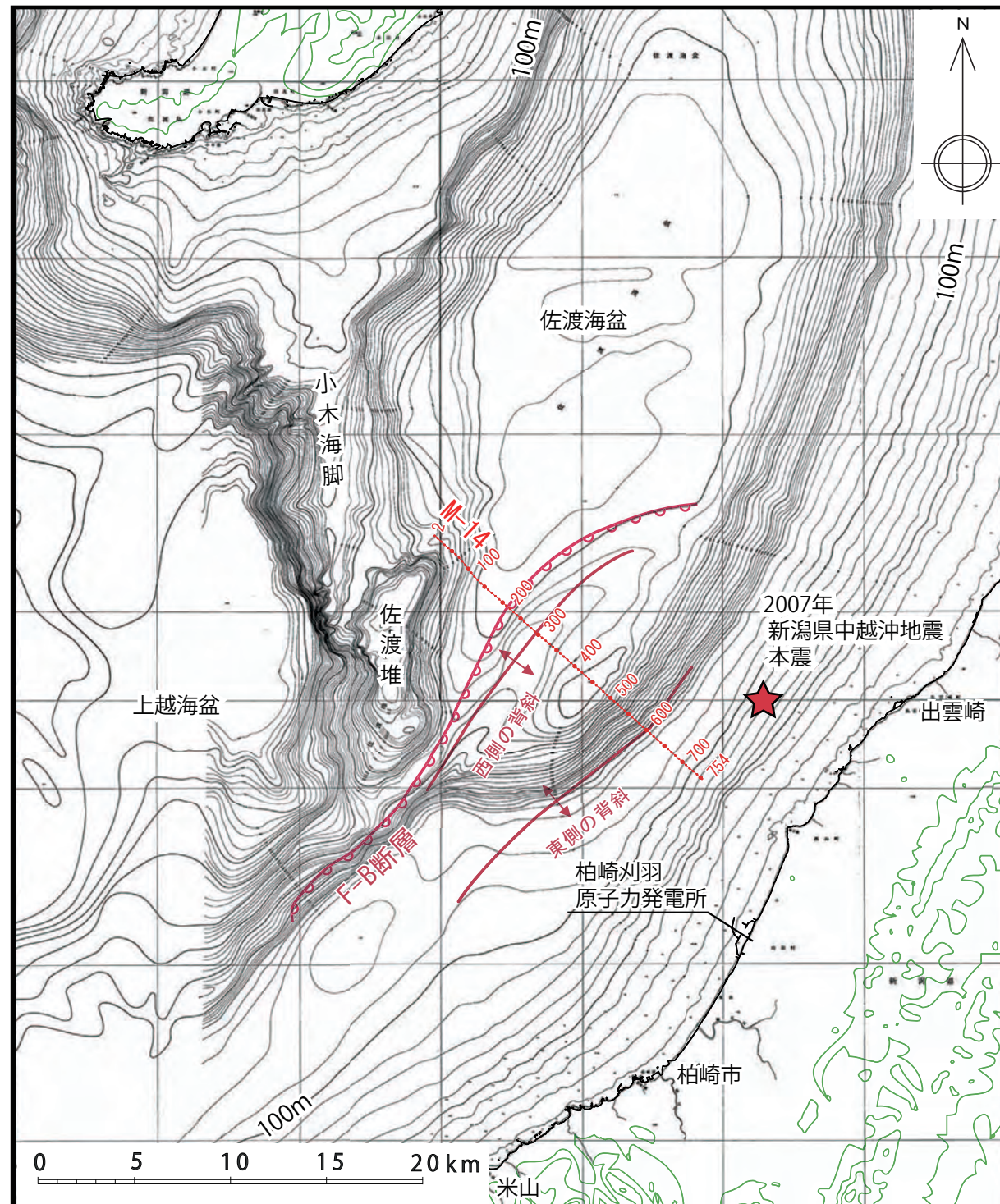


走向線は、褶曲期別に実線、破線等で示した。

W: 和島層、脇野町層及びその相当層基底の不整合

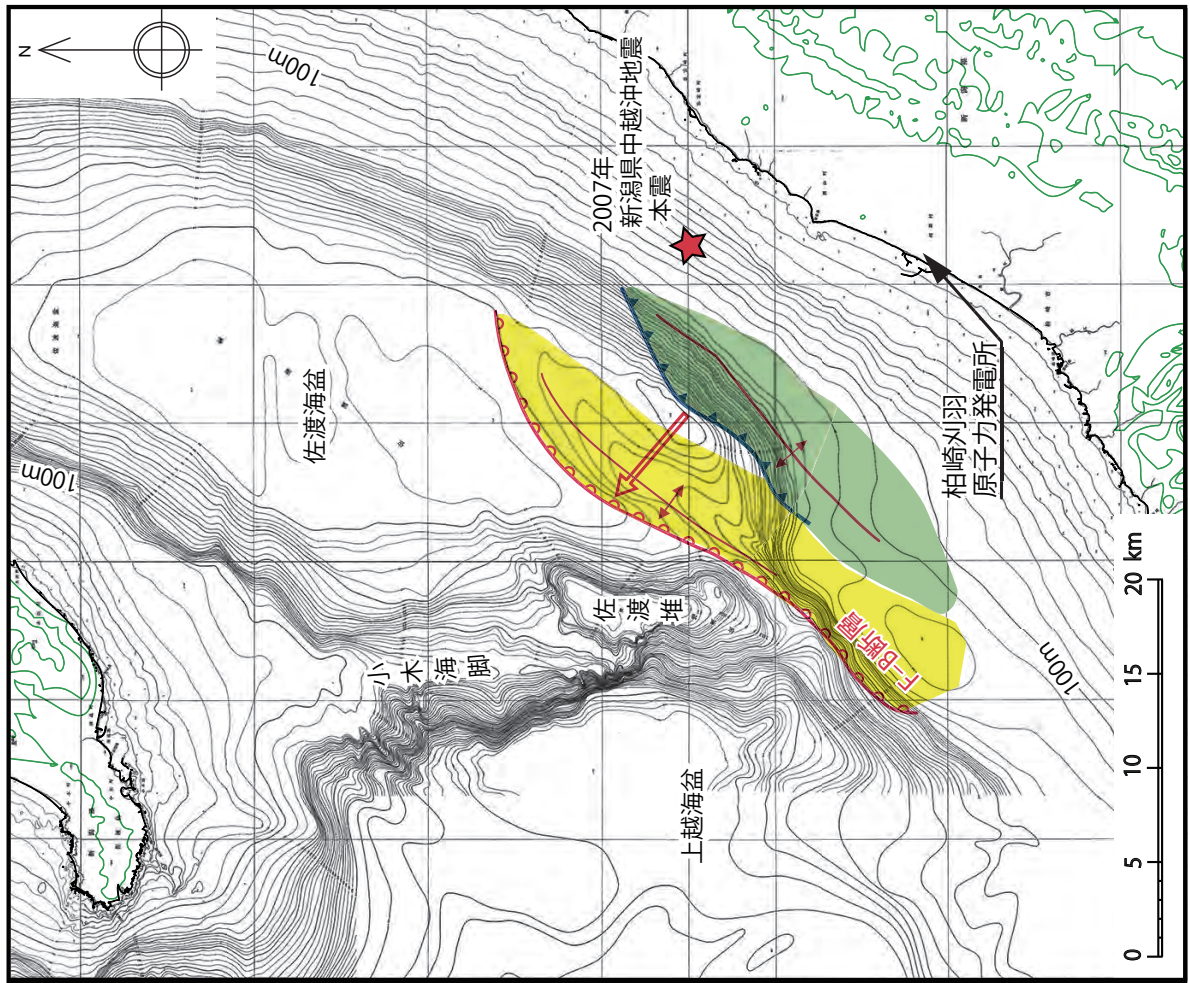
U: 魚沼層基底の不整合 I: 稲川不整合 Y: 吉井不整合

第 3.1-13 図 柏崎平野周辺地域における褶曲場の変遷



- 凡例
- Bu層 (低位～中位段丘堆積物相当)
 - B層 (高位段丘堆積物相当)
 - C層 (灰爪層相当)
 - D層 (西山層相当)
 - E層 (椎谷層～七谷層相当)
 - F層 (グリーンタフ相当)

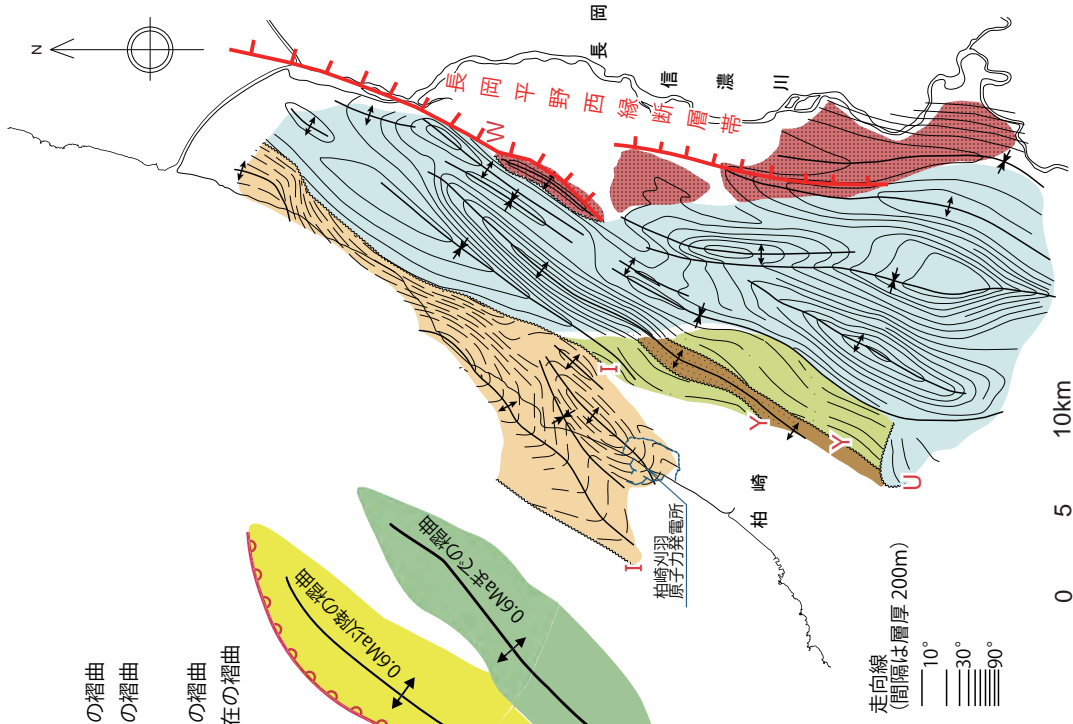
第 3.1-14 図 2007 年新潟県中越沖地震震源海域の活断層 — F-B 断層 —



凡例

- 0.6Ma以降の断層と褶曲域
- 0.6Maまでの断層と褶曲域

- 凡例
- ①: 2.8Ma ~ 2.4Ma の褶曲
 - ②: 2.0Ma ~ 1.5Ma の褶曲
 - ③: 1Ma 頃の褶曲
 - ④: 0.7Ma ~ 0.3Ma の褶曲
 - ⑤: 後期更新世 ~ 現在の褶曲
 - 背斜軸
 - 向斜軸
 - 不整合

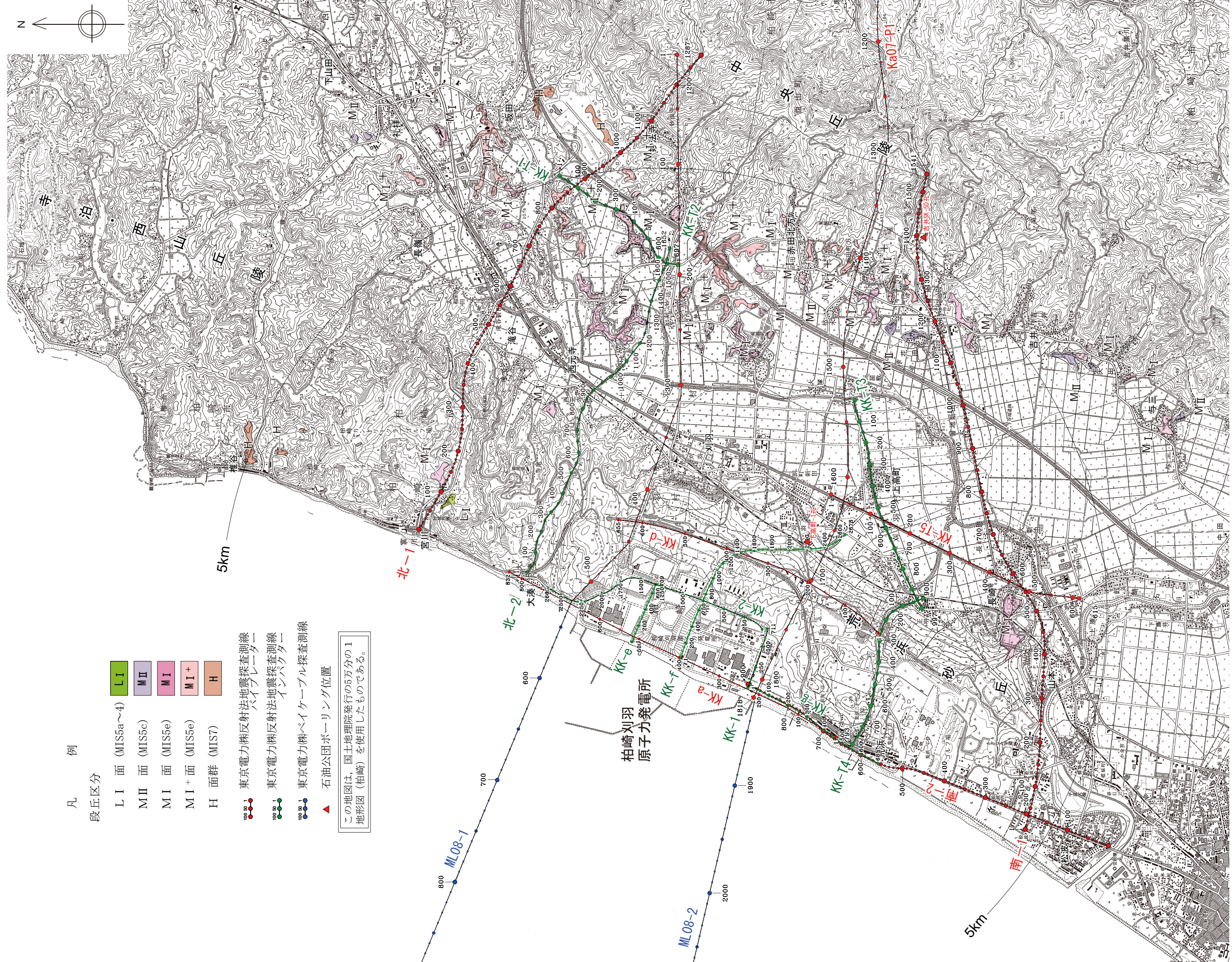


走向線は、褶曲期別の実線、破線等で示した。

W: 和島層、脇野町層及びその相当層基底の不整合

U: 魚沼層基底の不整合 I: 稲川不整合 Y: 吉井不整合

第 3.1-15 図 柏崎平野周辺陸域および海域における褶曲場の変遷



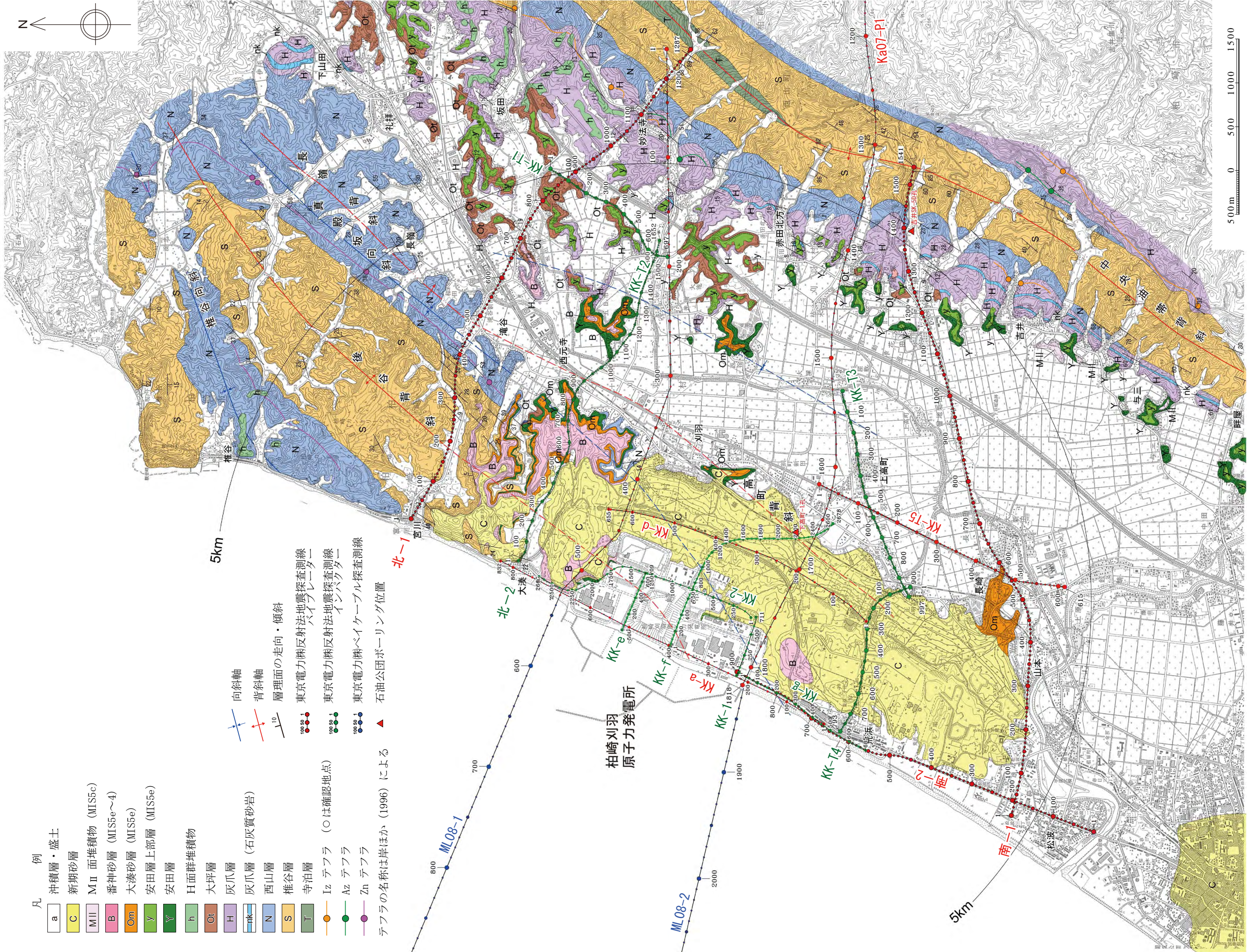
凡 例

段丘区分

- LI 面 (MIS5a~4)
- MII 面 (MIS5c)
- MI 面 (MIS5e)
- MI+ 面 (MIS5e)
- H 面群 (MIS7)

- 東京電力株式会社地層探査測線
ハイブレーダー
- 東京電力株式会社地層探査測線
インパクター
- 東京電力株式会社ベクトル探査測線
- 石油公団ボーリング位置

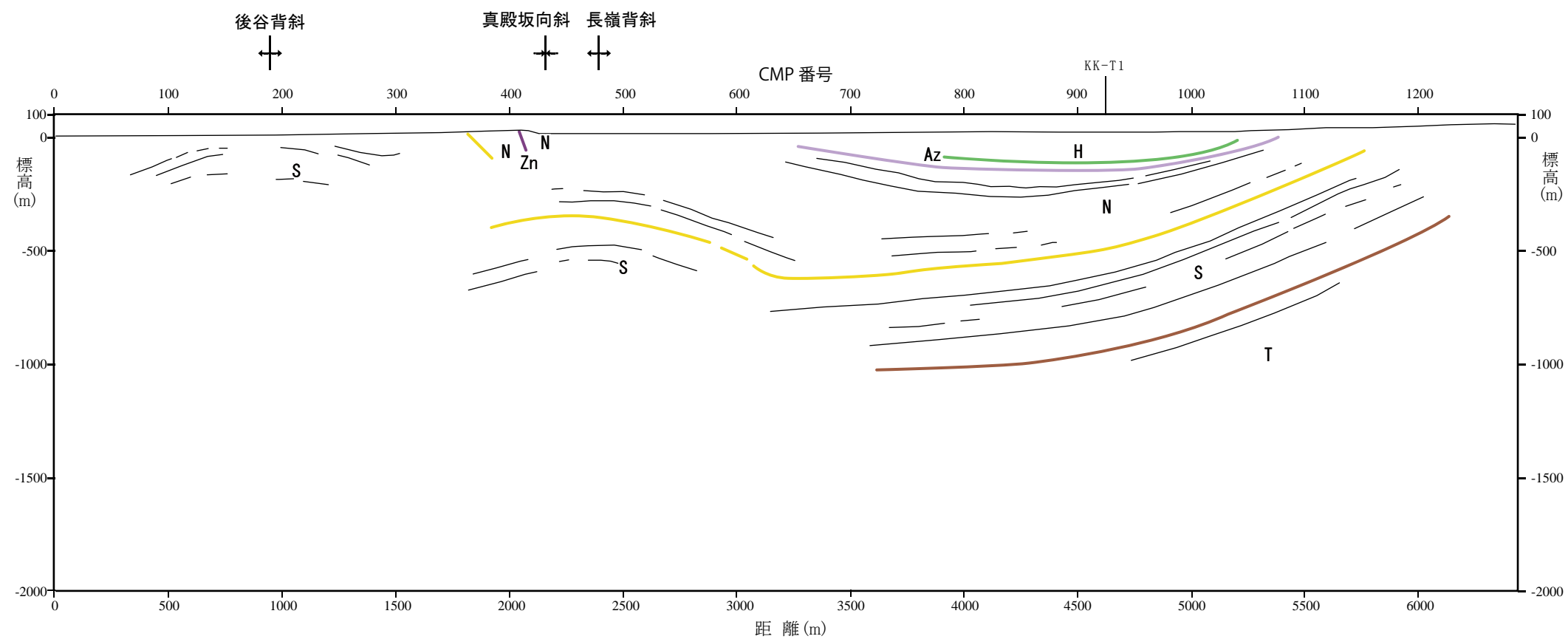
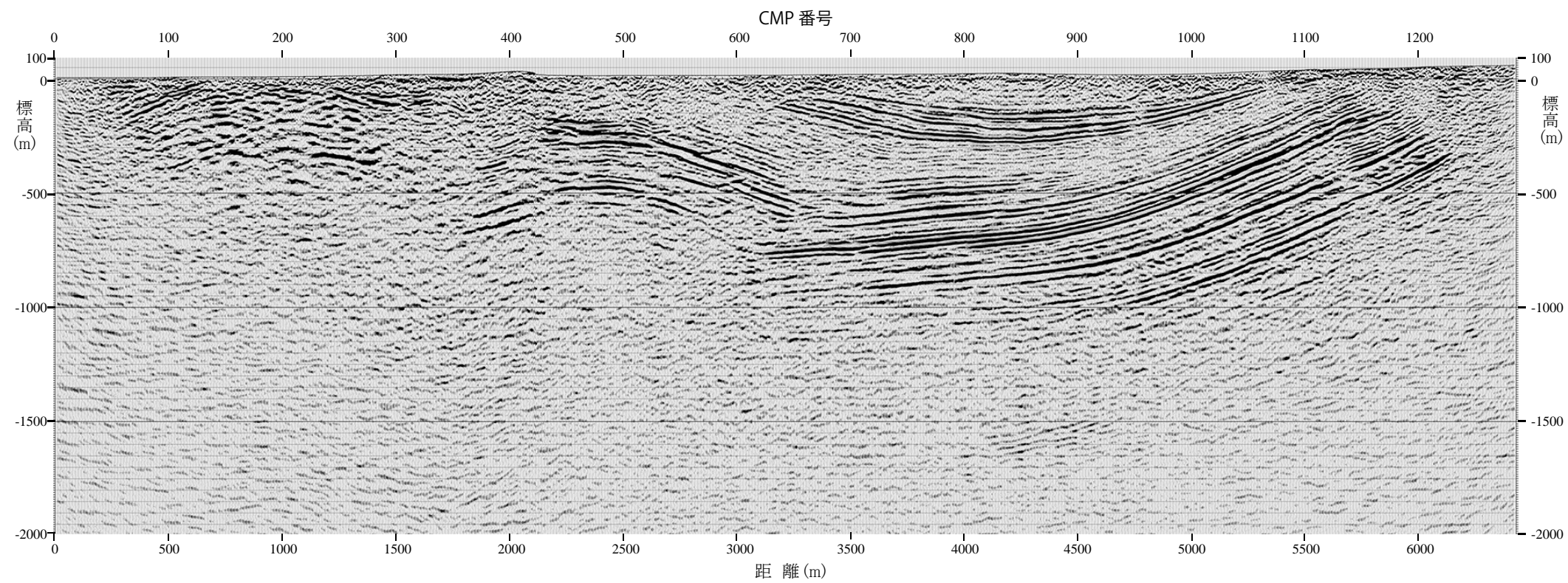
この地図は、国土地理院発行の5万分の1地形図（柏崎）を使用したものである。



- 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~4)
 - Om 大湊砂層 (MIS5e)
 - Y 安田層上部層 (MIS5e)
 - Y 安田層
 - h H面群堆積物
 - Ot 大坪層
 - H 灰爪層 (石灰質砂岩)
 - nk 西山層
 - N 椎谷層
 - S 寺泊層
 - T Iz テフラ (○は確認地点)
 - 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
 - 東京電力株式会社地質調査測線
バイレタ
 - 東京電力株式会社地質調査測線
インバクタ
 - 東京電力株式会社地質調査測線
イバンクタ
 - 石油公団ボーリング位置

第3.1-17図 敷地近傍陸域の地質図

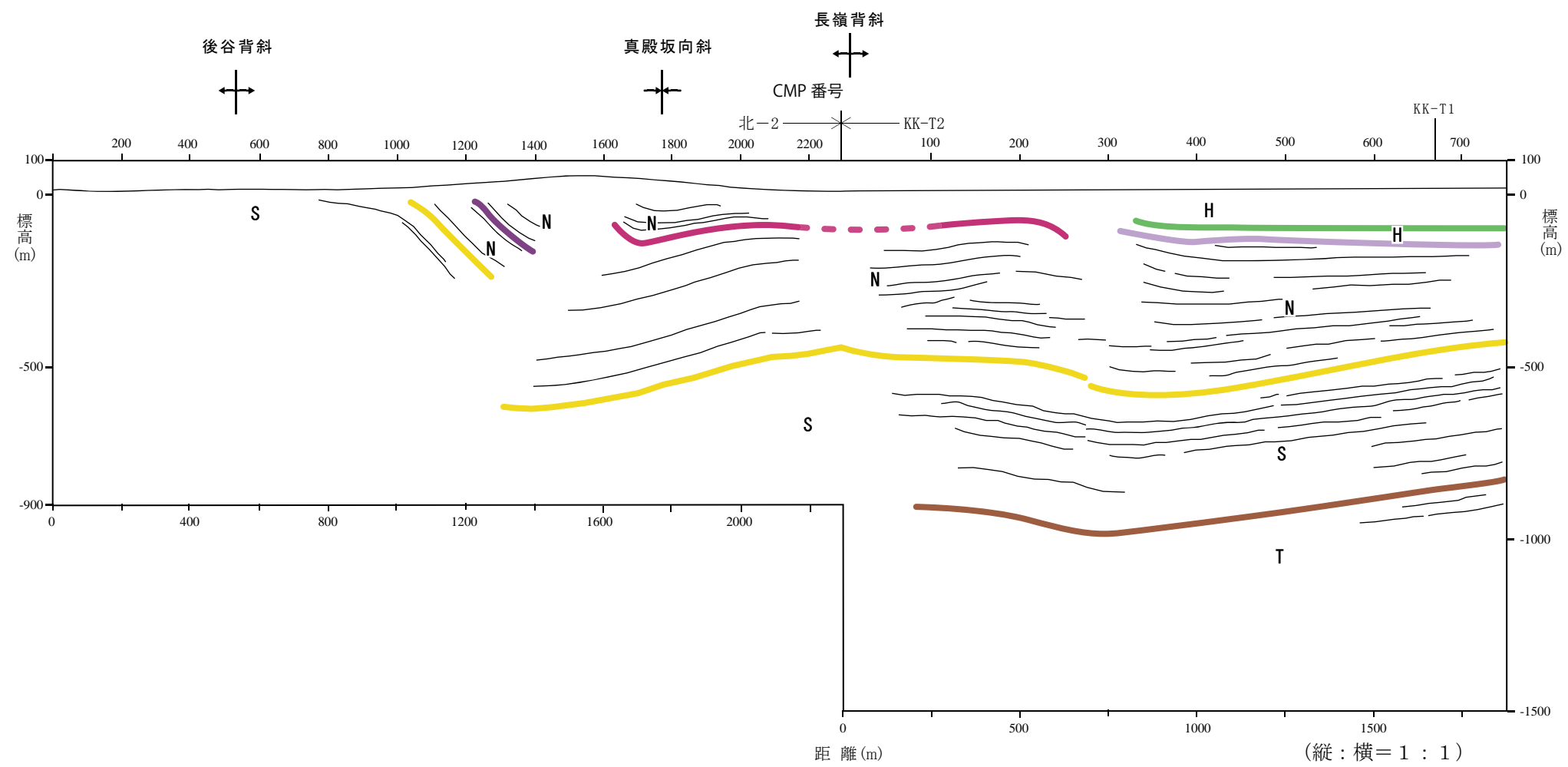
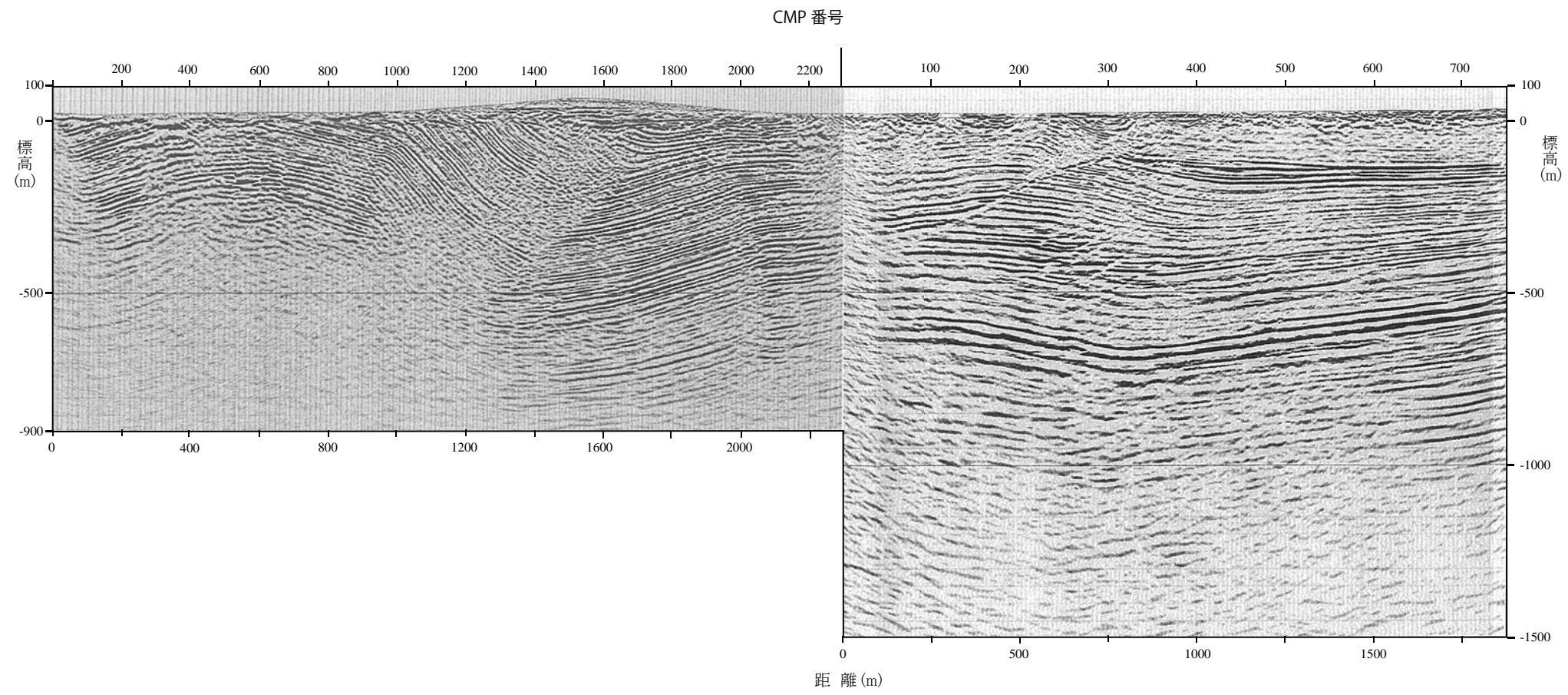
この地図は、国土地理院発行の5万分の1地形図(相崎)を使用したものである。



- 凡例
- 灰爪層 (H) — テフラ
 - 西山層 (N) — Zn
 - 椎谷層 (S) —
 - 寺泊層 (T) —
- (註) テフラの名称は岸ほか (1996) による

(縦：横=1：1)

第 3.1-18 図 北-1 測線の
深度断面及びその解釈

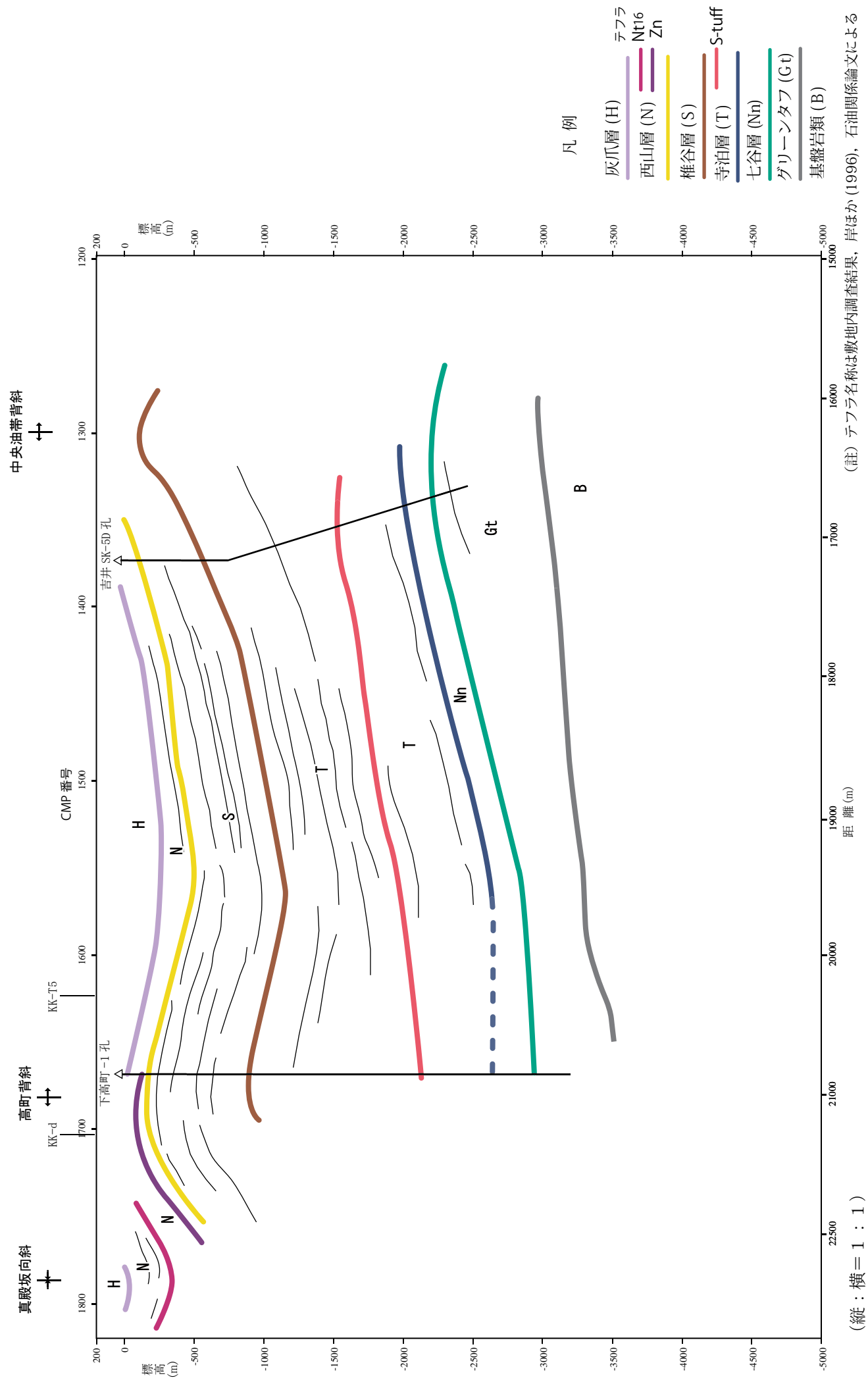
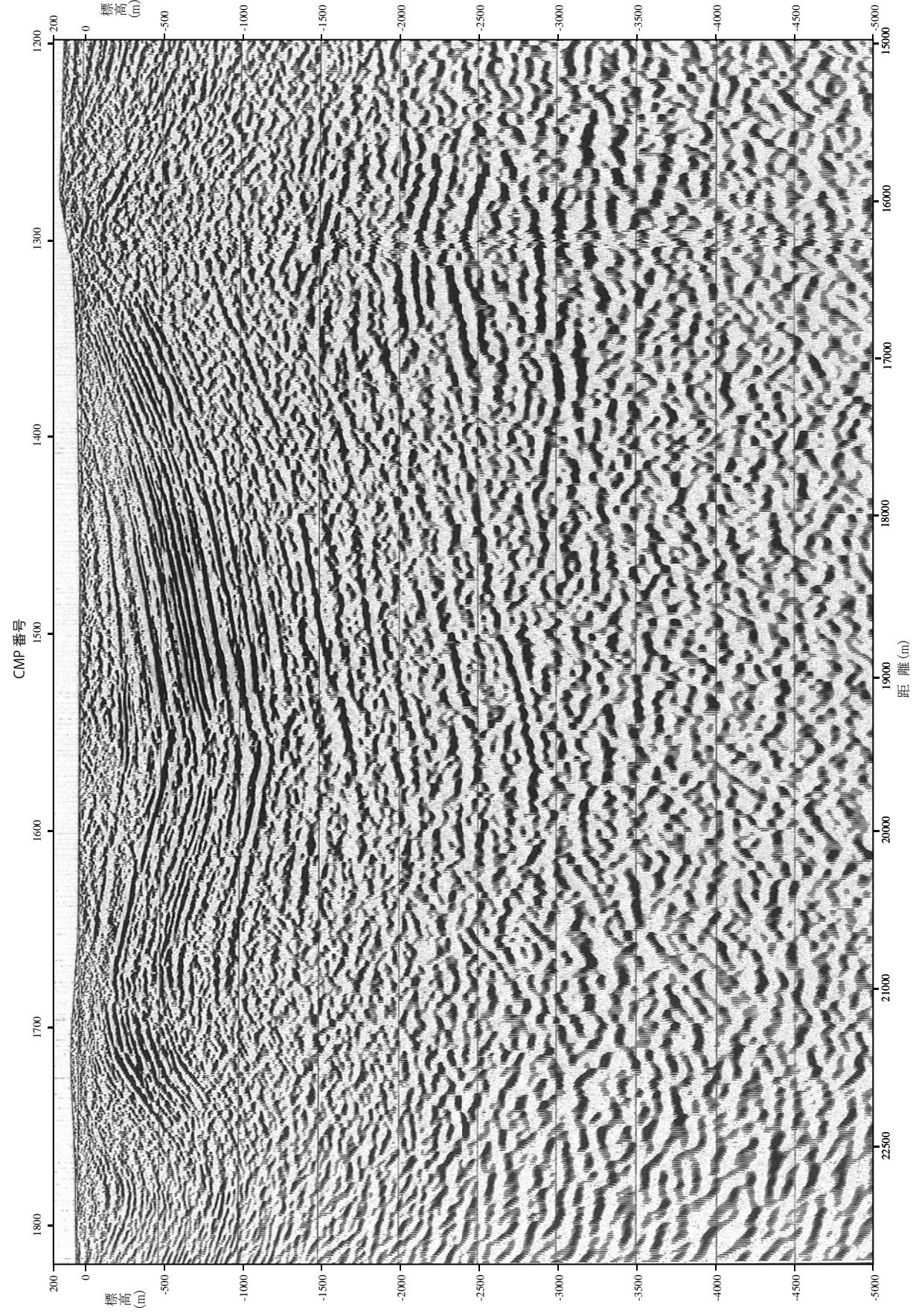


凡例

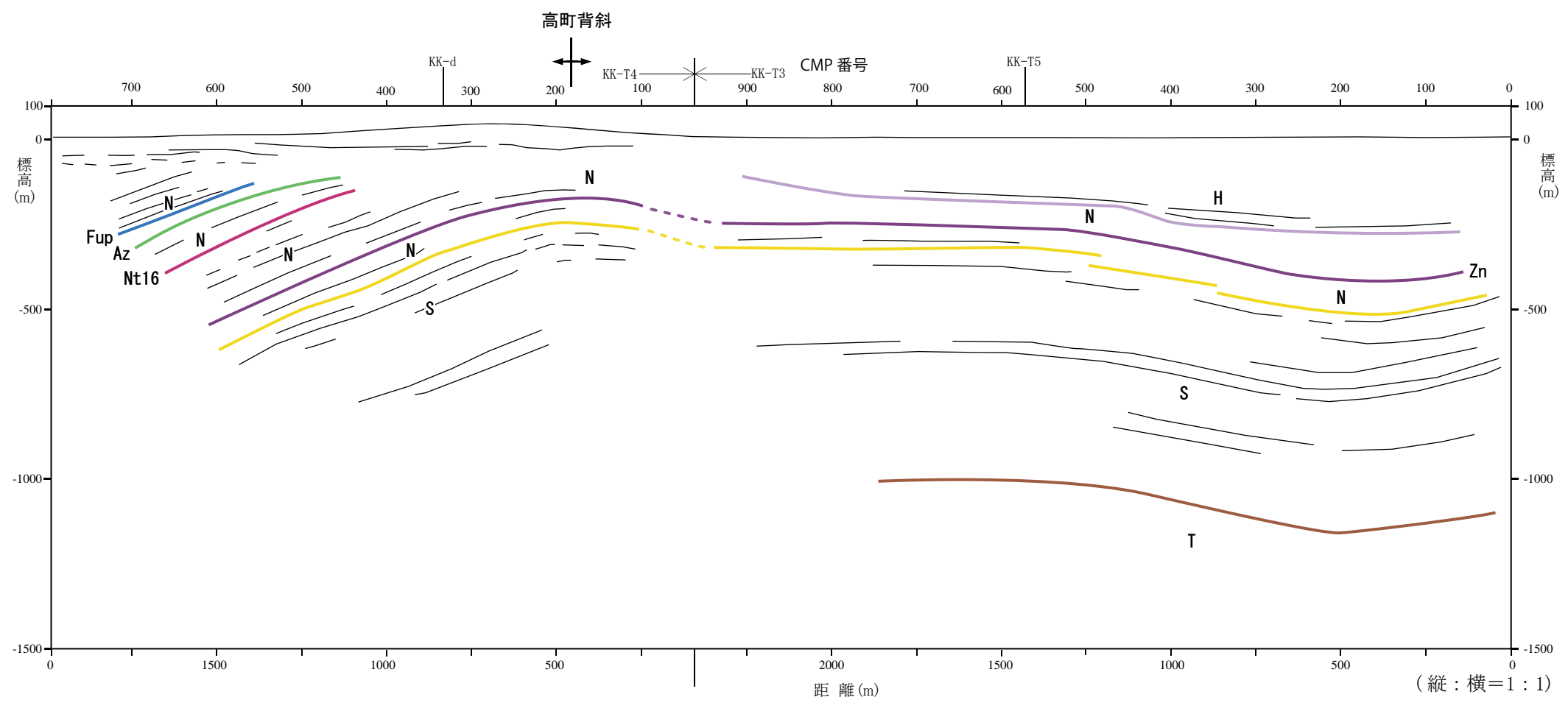
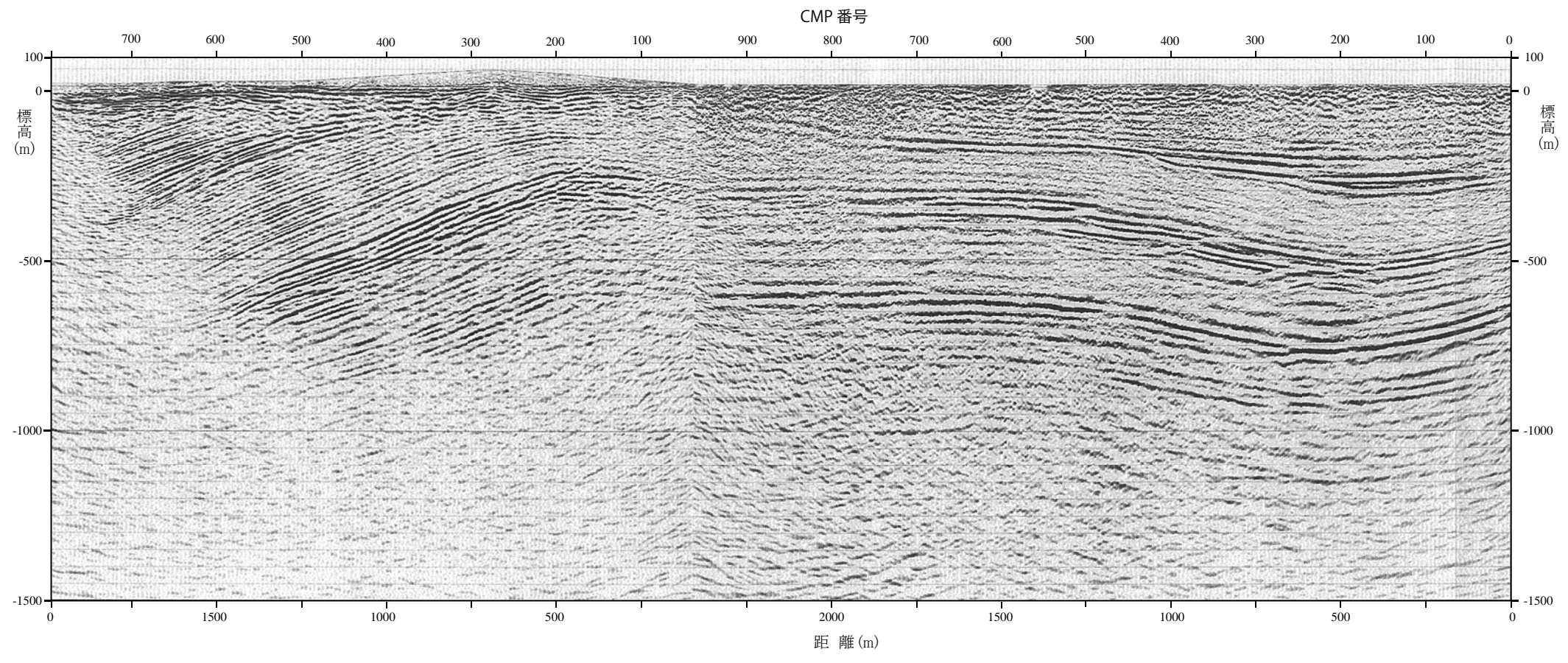
層名	テフラ
灰爪層 (H)	Az
西山層 (N)	Nt16, Zn
椎谷層 (S)	
寺泊層 (T)	

(註) テフラ名は、敷地内調査結果、岸ほか(1996)による

第 3.1-19 図 北-2・KK-T2 測線の深度断面及びその解釈

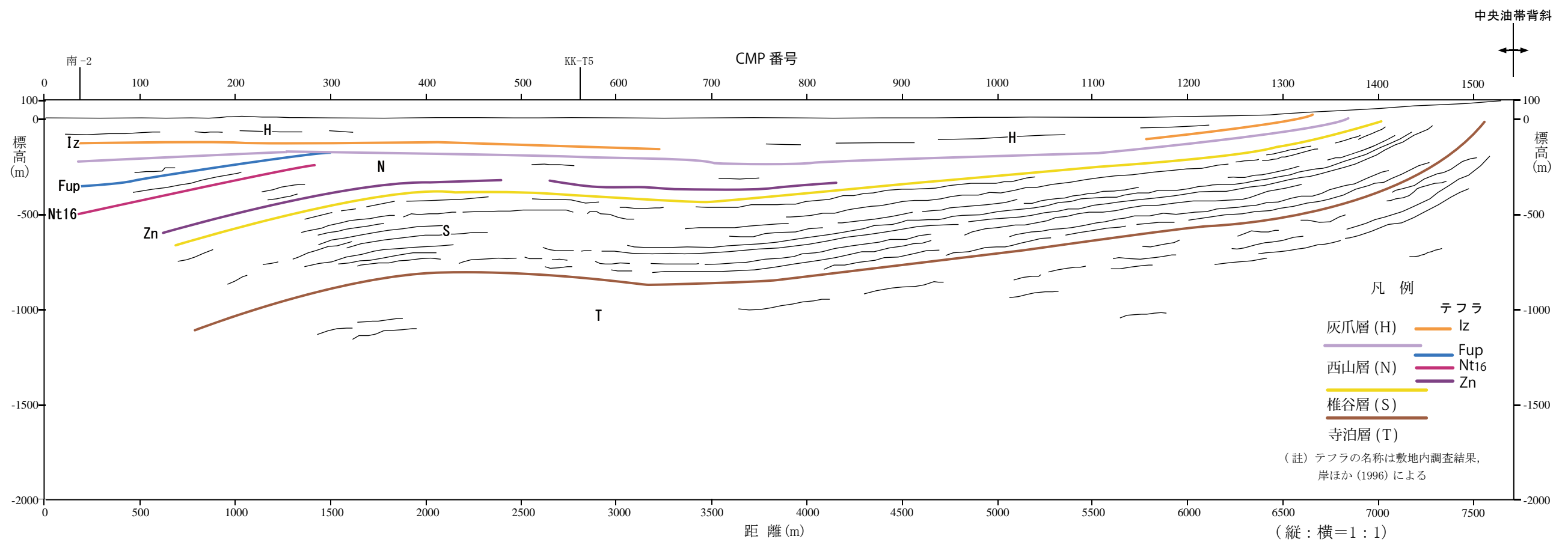
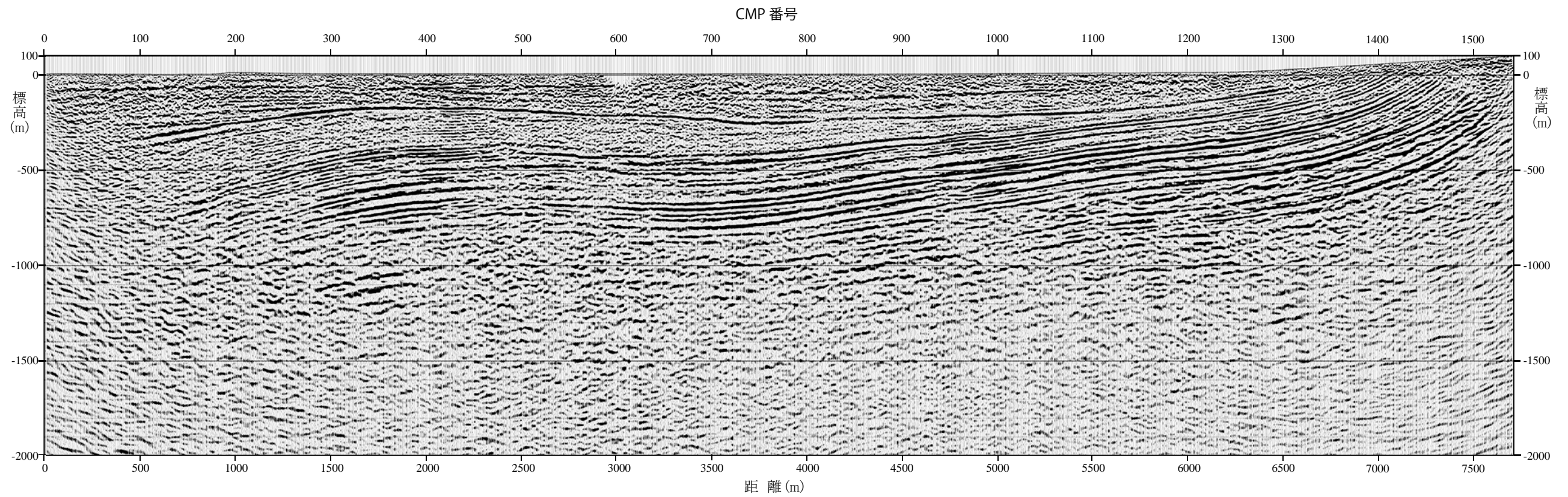


第 3.1-20 図 Ka07-P1 測線の深度断面及びその解釈

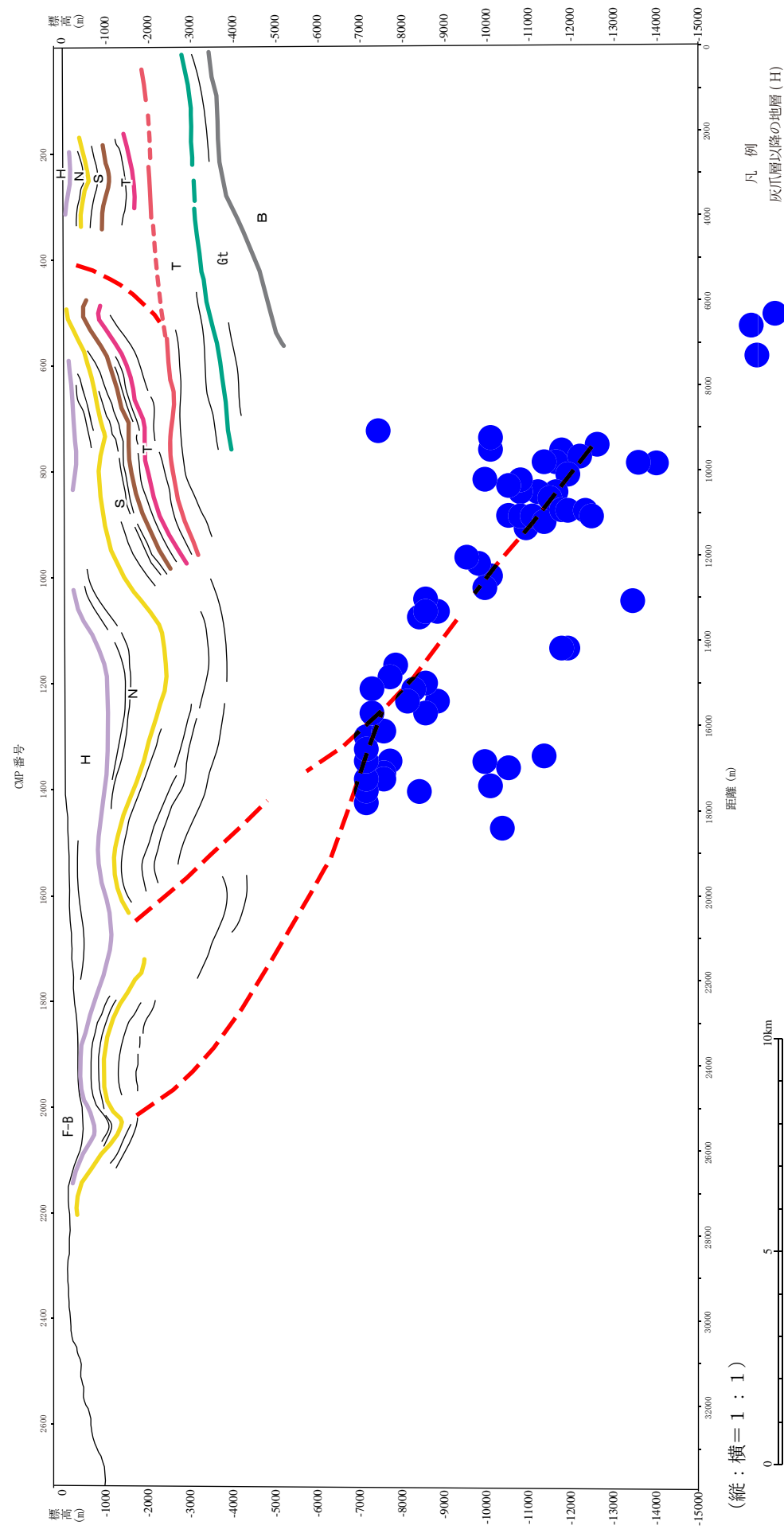
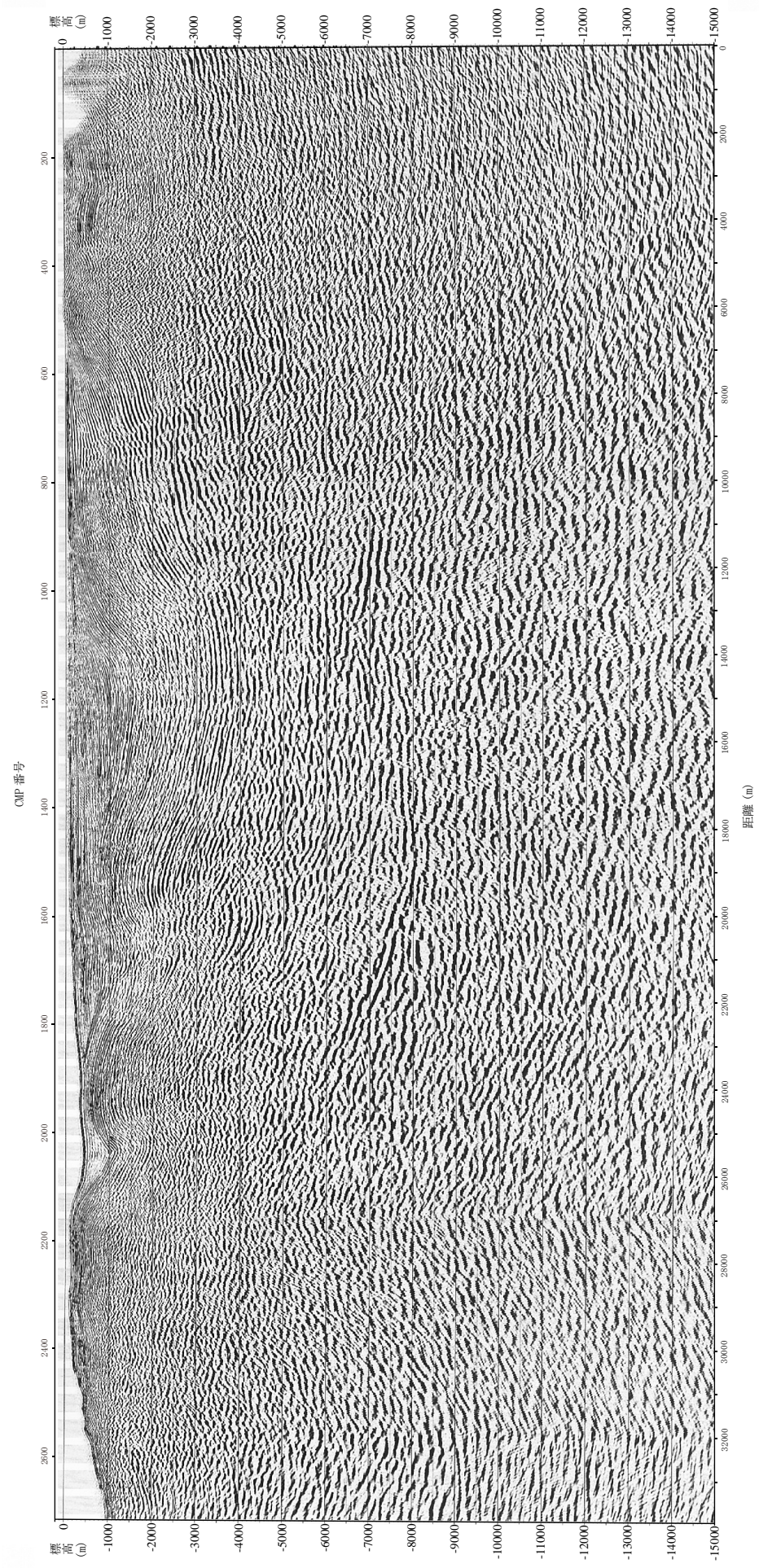


- 凡例
- 灰爪層 (H) —
 - 西山層 (N) — Fup
 - Az
 - Nt16
 - Zn
 - 椎谷層 (S) —
 - 寺泊層 (T) —
- (註) テフラの名称は敷地内調査結果、岸ほか(1996)による

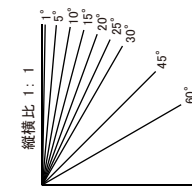
第 3.1-21 図 KK-T4・KK-T3 測線の深度断面及びその解釈 (縦：横=1：1)



第 3.1-22 図 南-1 測線の深度断面及びその解釈



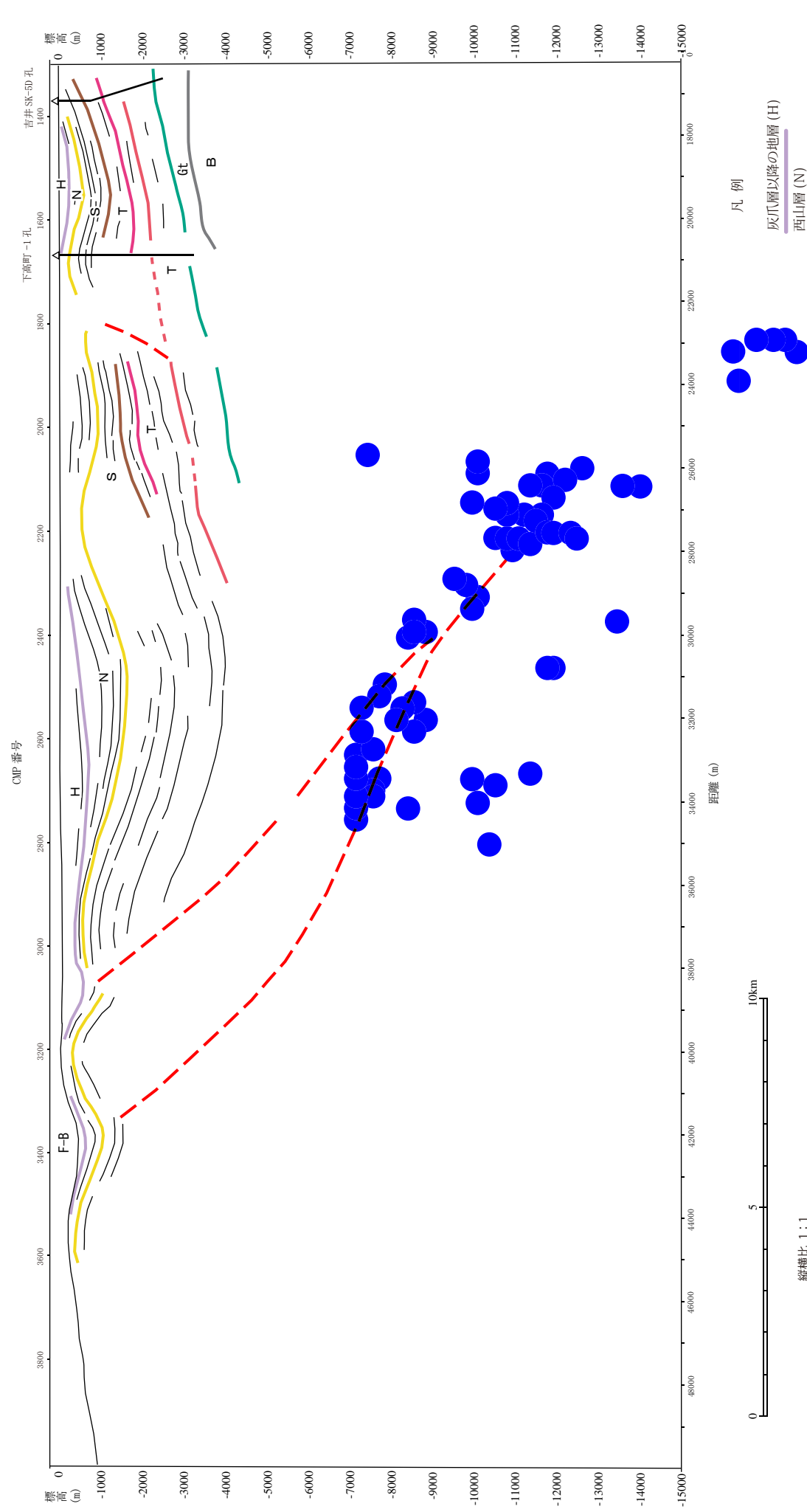
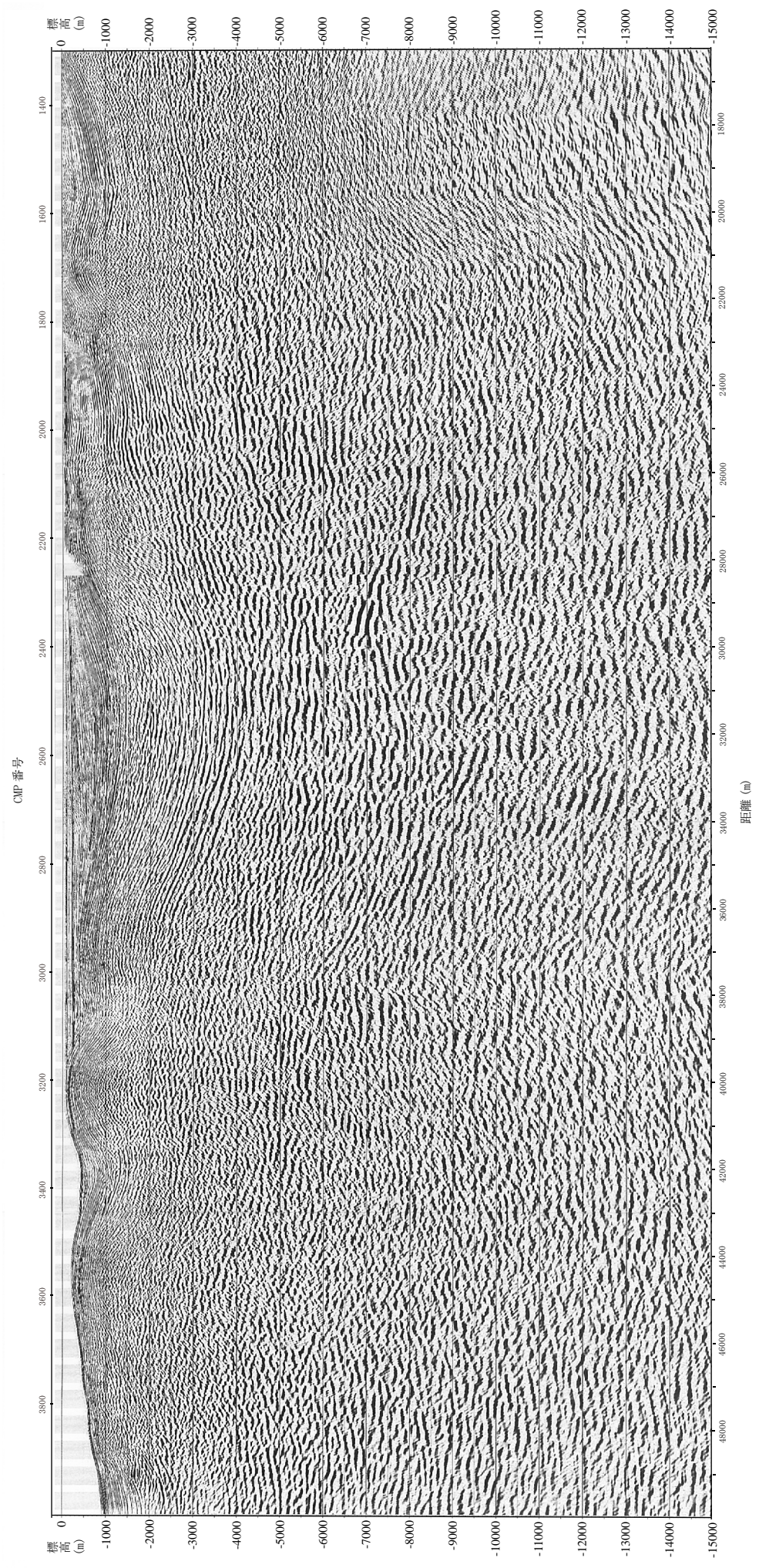
(縦：横 = 1 : 1)



※震源分布は、東京大学地震研究所の資料による。
(http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08jan_chuetsu_oki/p02.htm)

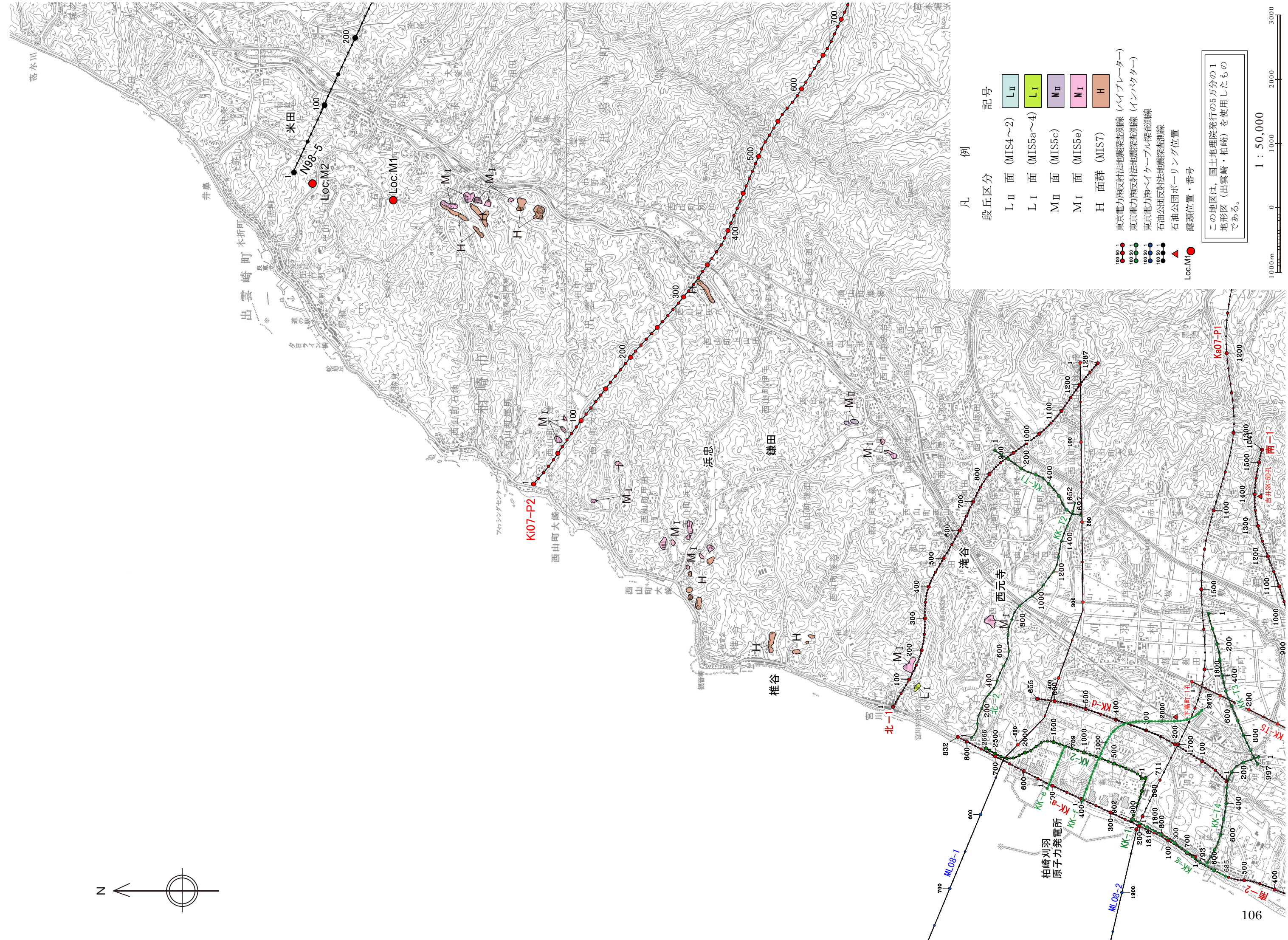
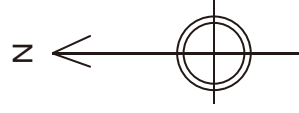
- 凡例
- 灰川層以降の地層 (H)
 - 西山層 (N)
 - 権谷層 (S)
 - 寺泊層 (T)
 - 寺泊層を含む
 - グリーンタフ (Gt)
 - 基礎岩類 (B)
 - P-tuff
 - S-tuff

第3.1-23図 ML08-1測線の深度断面及びその解釈



※震源分布は、東京大学地震研究所の資料による。
 (http://www.jishin.go.jp/main/chousa/08/jan_chuetsu_oki/p02.htm)

第3.1-24図 ML08-2測線の深度断面
 及びその解釈



凡 例

段丘区分 記号

- LⅡ 面 (MIS4~2) LⅡ
- LⅠ 面 (MIS5a~4) LⅠ
- MⅡ 面 (MIS5c) MⅡ
- MⅠ 面 (MIS5e) MⅠ
- H 面群 (MIS7) H

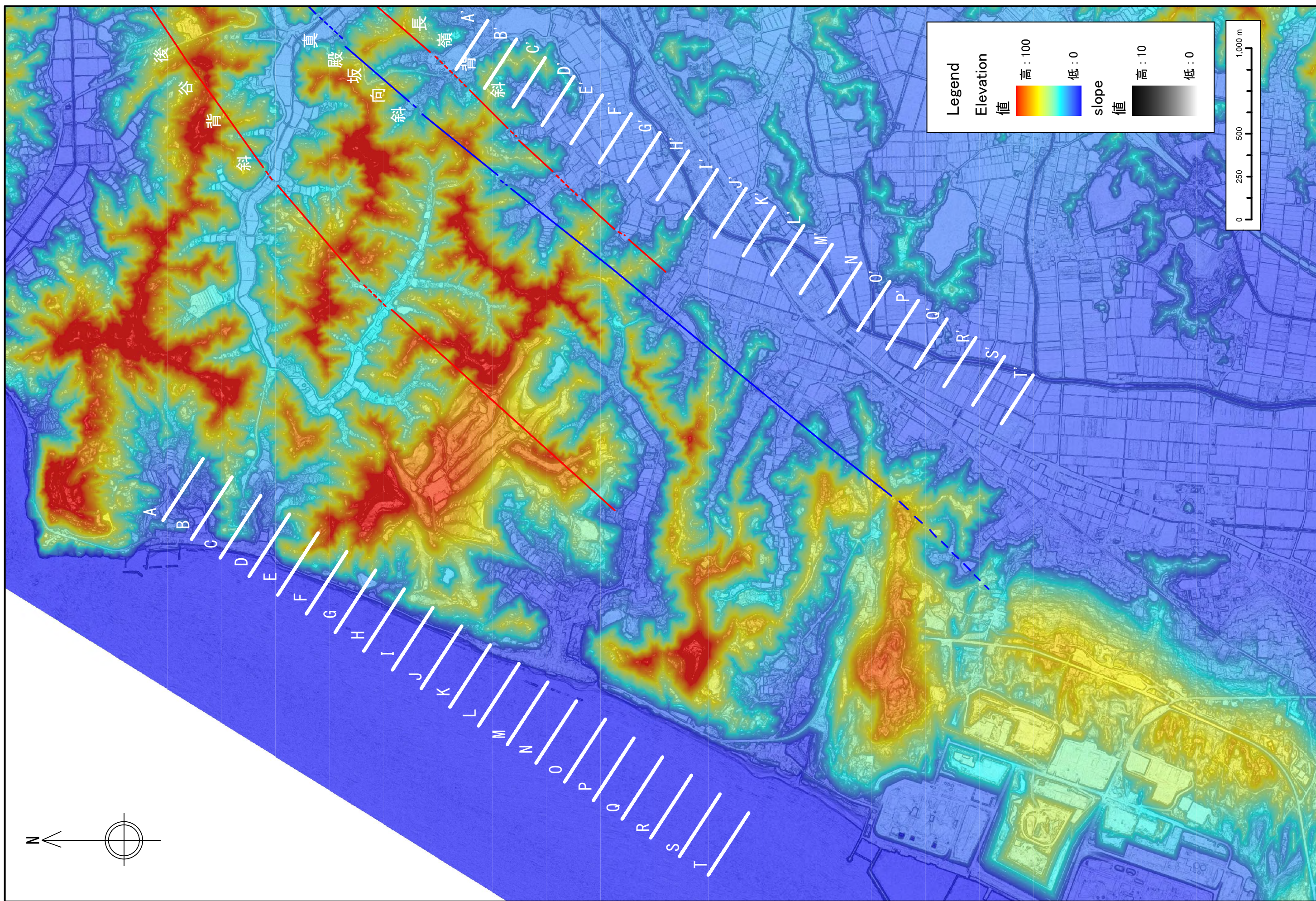
- 100 50 1 東京電力側反射法地震探査測線 (ハイプレーター)
- 100 50 1 東京電力側反射法地震探査測線 (インバクター)
- 100 50 1 石油公団反射法地震探査測線
- 100 50 1 石油公団ボーリング位置
- ▲ 露頭位置・番号
- Loc.M1

この地図は、国土地理院発行の5万分の1地形図 (出雲崎・柏崎) を使用したものである。



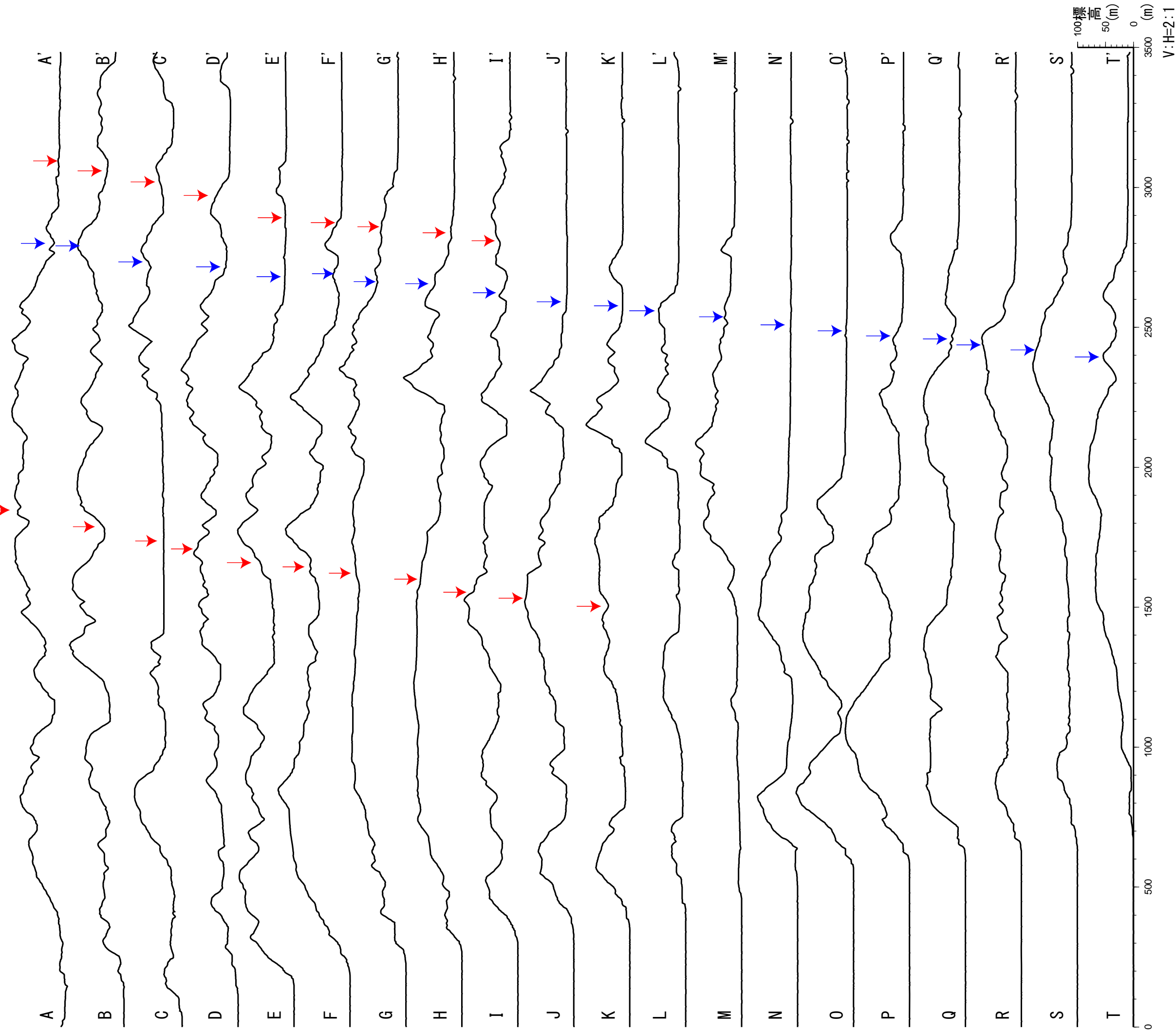


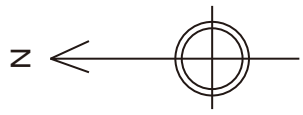
第3.1-26図 寺泊・西山丘陵及び中央丘陵における地形と褶曲構造との関係



第3.1-27図(1) 西山丘陵南端部における標高・傾斜量図
 A-A' ~ T-T' は地形断面位置

後谷背斜 真殿坂向斜 長嶺背斜





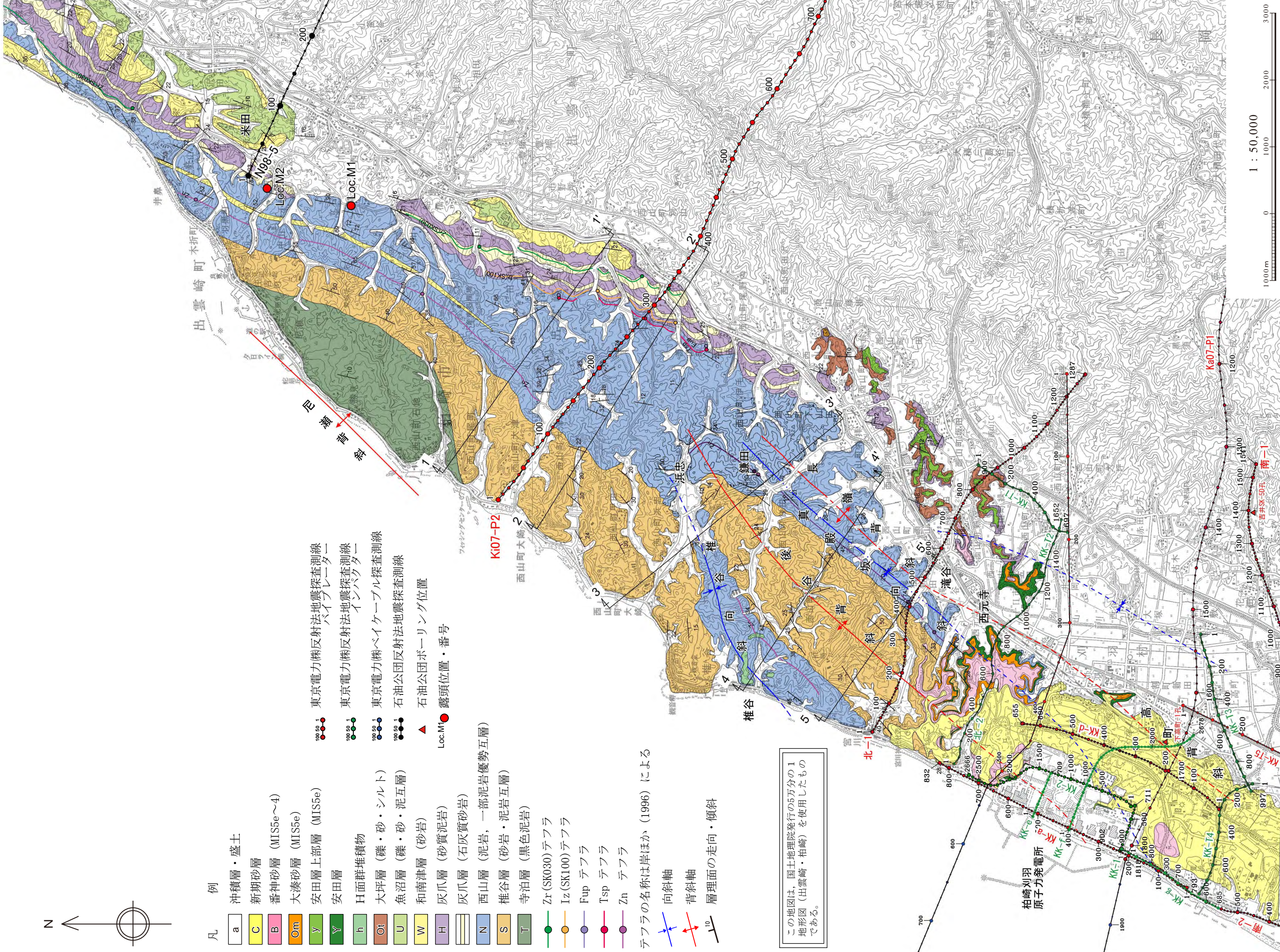
凡 例

- a 沖積層・盛土
- C 新期砂層
- B 番神砂層 (MIS5e~4)
- Om 大湊砂層 (MIS5e)
- y 安田層上部層 (MIS5e)
- Y 安田層
- h H面群堆積物
- Ot 大坪層 (礫・砂・シルト)
- U 魚沼層 (礫・砂・泥互層)
- W 和南津層 (砂岩)
- H 灰爪層 (砂質泥岩)
- 灰爪層 (石灰質砂岩)
- N 西山層 (泥岩, 一部泥岩優勢互層)
- S 椎谷層 (砂岩・泥岩互層)
- T 寺泊層 (黒色泥岩)
- Zr (SK030)テフラ
- Iz (SK100)テフラ
- Fup テフラ
- Tsp テフラ
- Zn テフラ

テフラの名称は岸ほか (1996) による

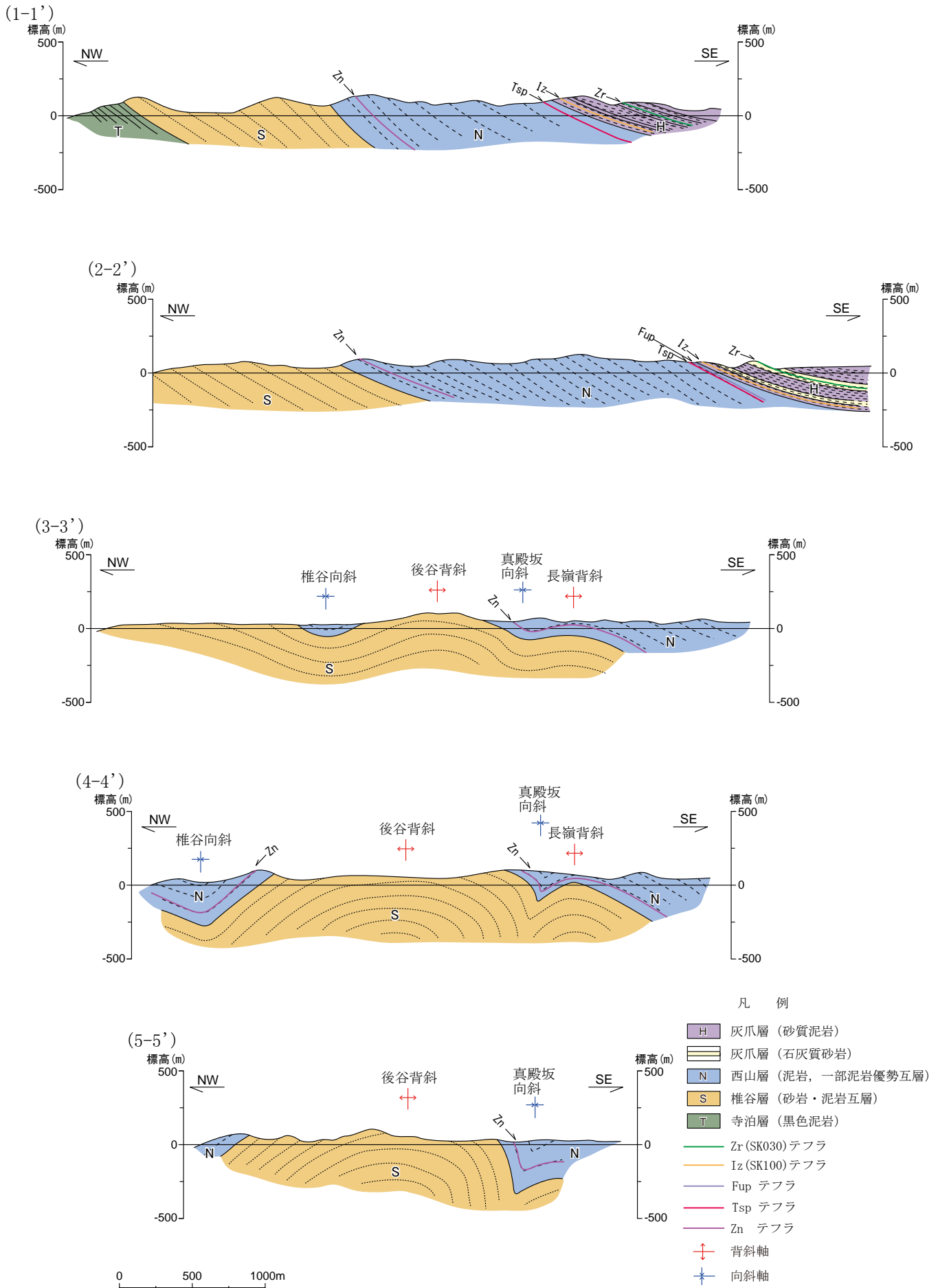
- ↗↘ 向斜軸
- ↗↘ 背斜軸
- ↗↘ 層理面の走向・傾斜

- 東京電力(株)反射法地震探査測線ハイブレードデータ
- 東京電力(株)反射法地震探査測線イオンハクデータ
- 東京電力(株)ベイクーブル探査測線
- 石油公団反射法地震探査測線
- ▲ 石油公団ボーリング位置
- Loc.M1 露頭位置・番号

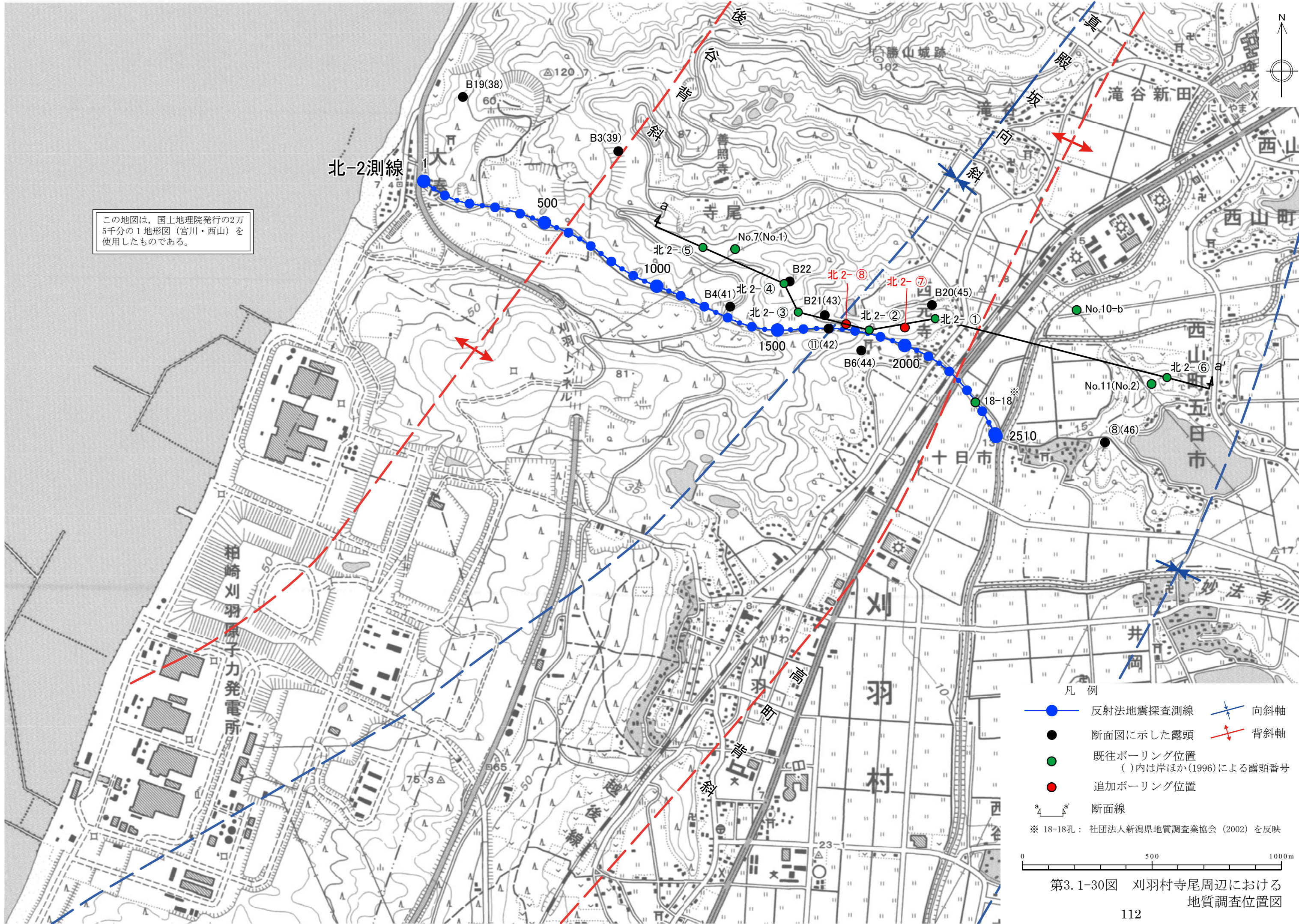


この地図は、国土地理院発行の5万分の1地形図(出雲崎・柏崎)を使用したものである。

1 : 50,000
1000m 0 1000 2000 3000



第3.1-29図 寺泊・西山丘陵の地質断面図



この地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図（宮川・西山）を使用したものである。

凡例

- 反射法地震探査測線
- 断面図に示した露頭
- 既往ボーリング位置
()内は岸ほか(1996)による露頭番号
- 追加ボーリング位置
- a — a' 断面線
- ↗ 向斜軸
- ↖ 背斜軸

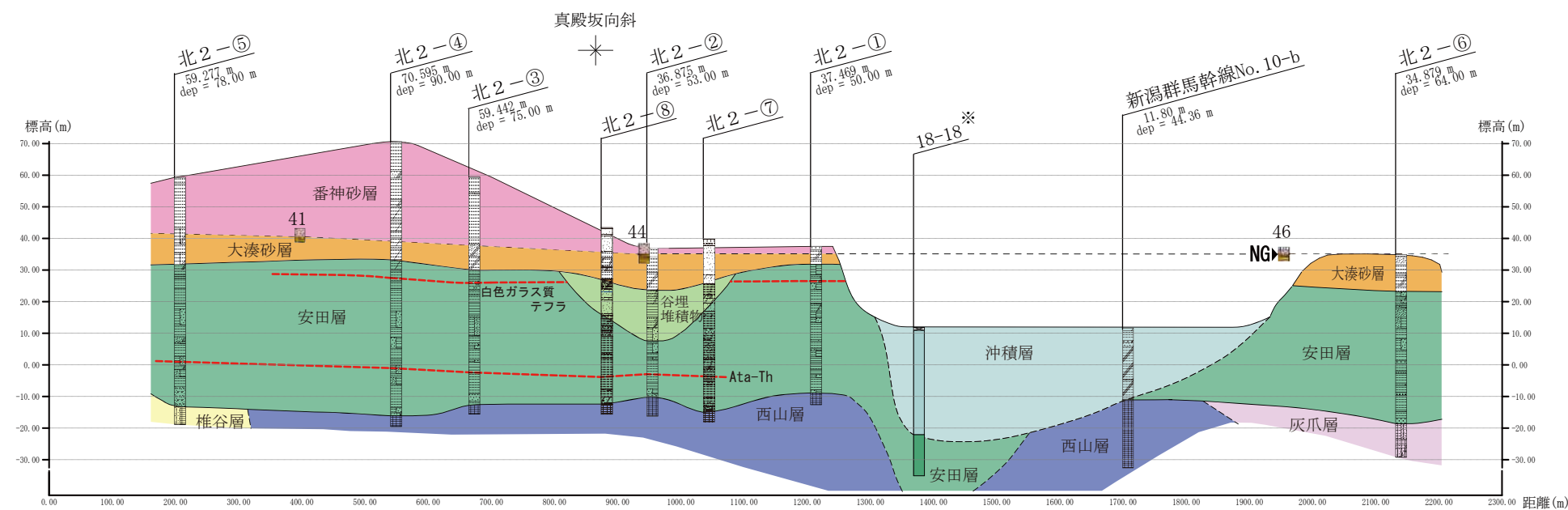
※ 18-18孔： 社団法人新潟県地質調査業協会（2002）を反映

0 500 1000m

第3.1-30図 刈羽村寺尾周辺における地質調査位置図

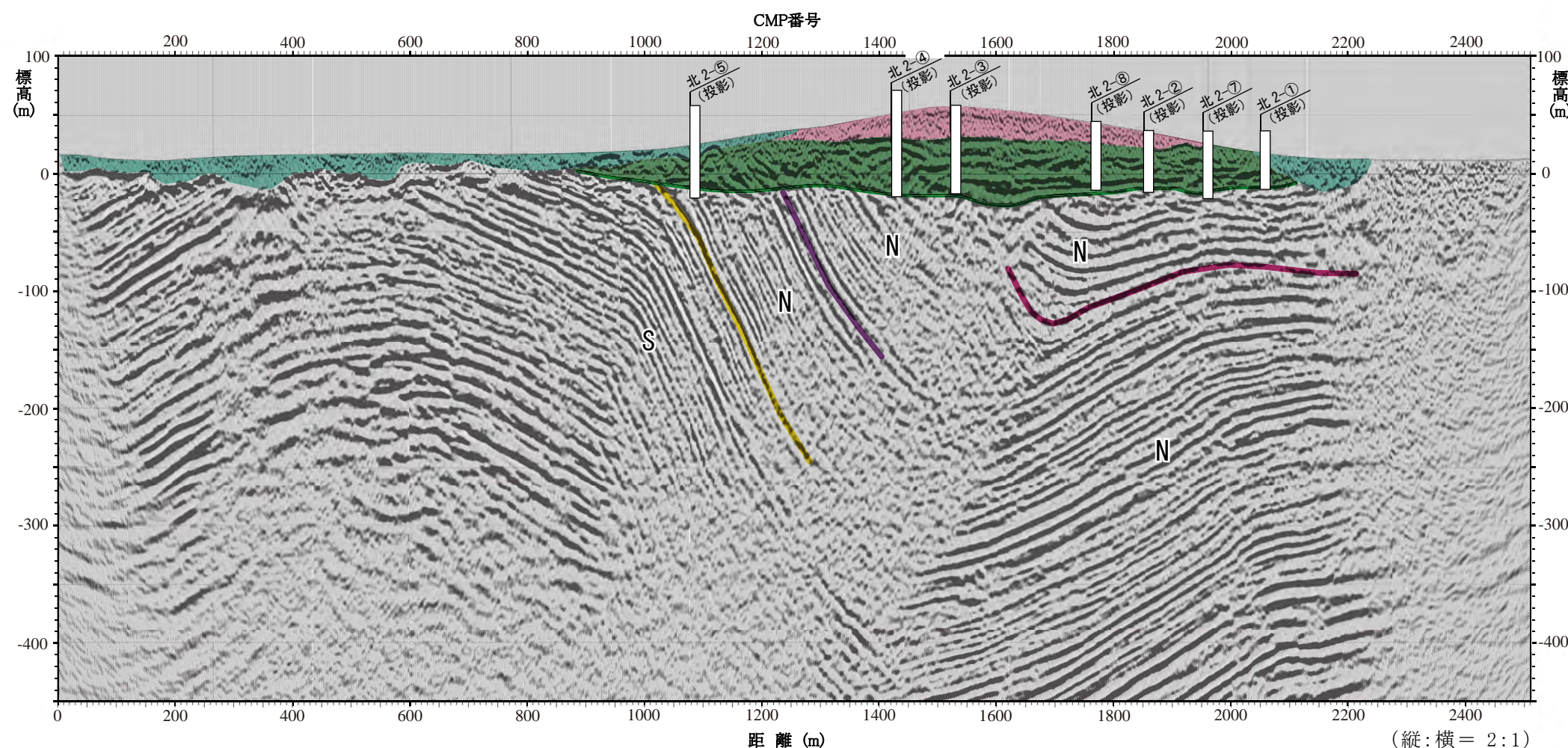
凡例

柱状図		断面図	
	シルト		沖積層
	シルト混じり中粒砂		番神砂層
	シルト質中粒砂		大湊砂層
	シルト質中粒～細粒砂		谷埋堆積物
	シルト質細粒砂		安田層
	シルト質粘土		火山灰
	シルト質中粒～中粒砂		灰爪層
	シルト～粘土		西山層
	中粒砂		椎谷層
	中粒～粗粒砂		地層境界
	中粒～細粒砂		推定地層境界
	有機質シルト		層相境界
	有機質土		NG: 中子軽石層
	有機質砂混じりシルト		Ata-th: 阿多鳥浜テフラ
	極細粒砂		44: 番神砂層/大湊砂層境界
	砂		
	砂混じりシルト		
	砂混じり有機質シルト		
	砂質シルト		
	砂質土		
	礫混じり砂		
	礫混じり粗粒砂		
	粘土		
	粘土質砂		
	粘土～シルト		
	細粒砂		
	細粒～中粒砂		
	細粒～粗粒砂		
	シルト岩		
	シルト質砂岩		
	泥岩		
	砂岩		
	細粒砂岩		
	軽石混じり砂岩		
	砂礫		



(縦:横 = 5:1)

※ 18-18孔: 社団法人新潟県地質調査業協会(2002)を反映

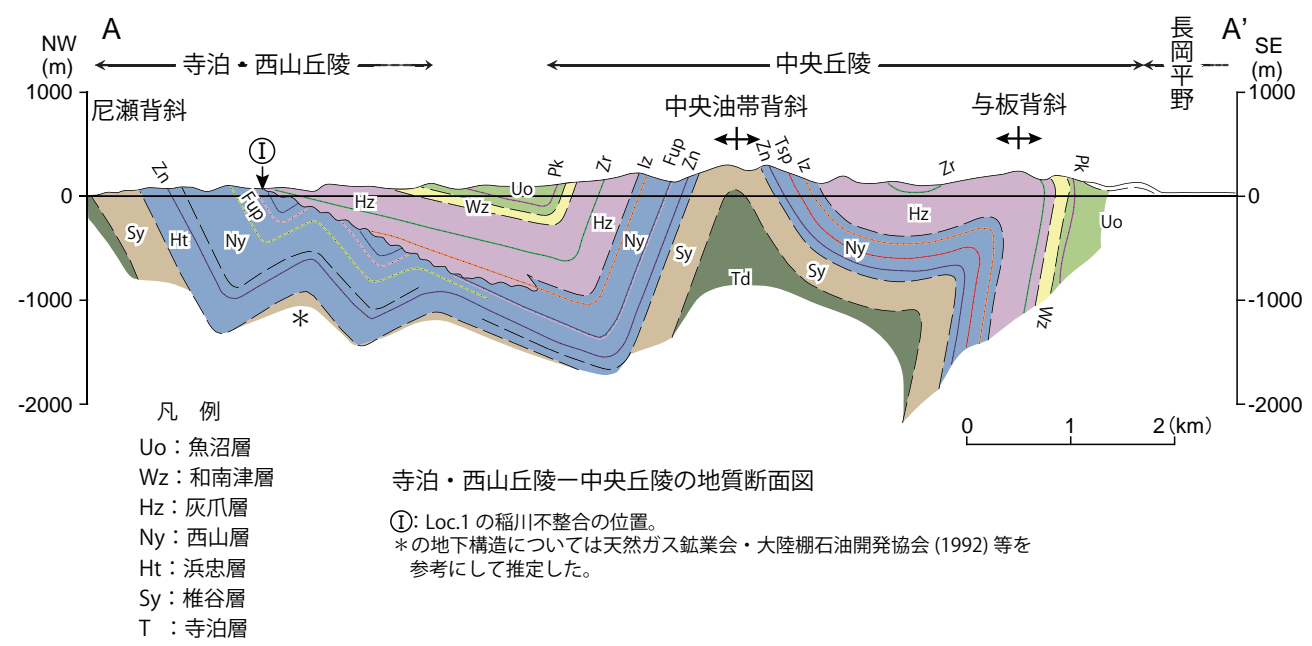
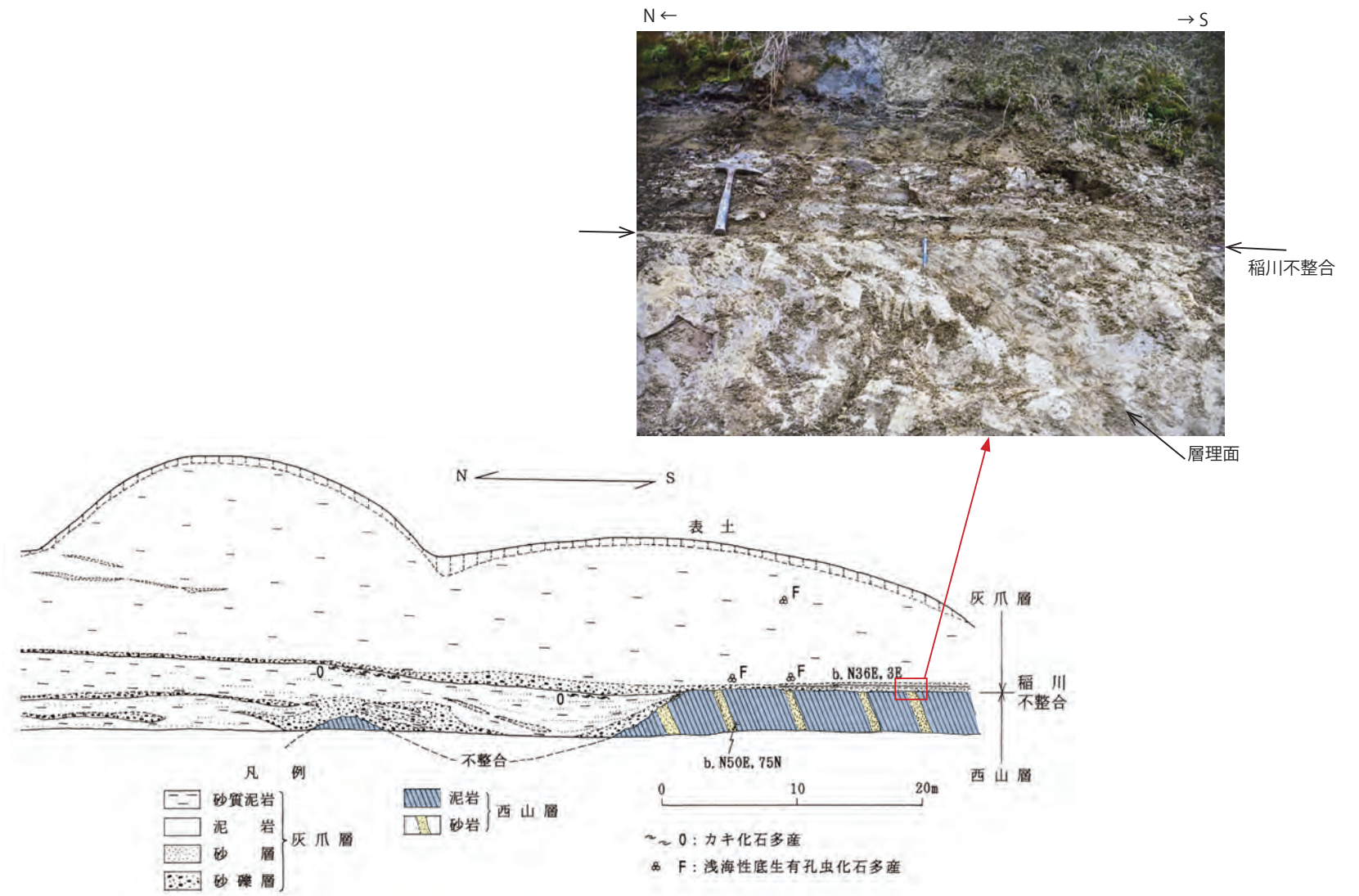
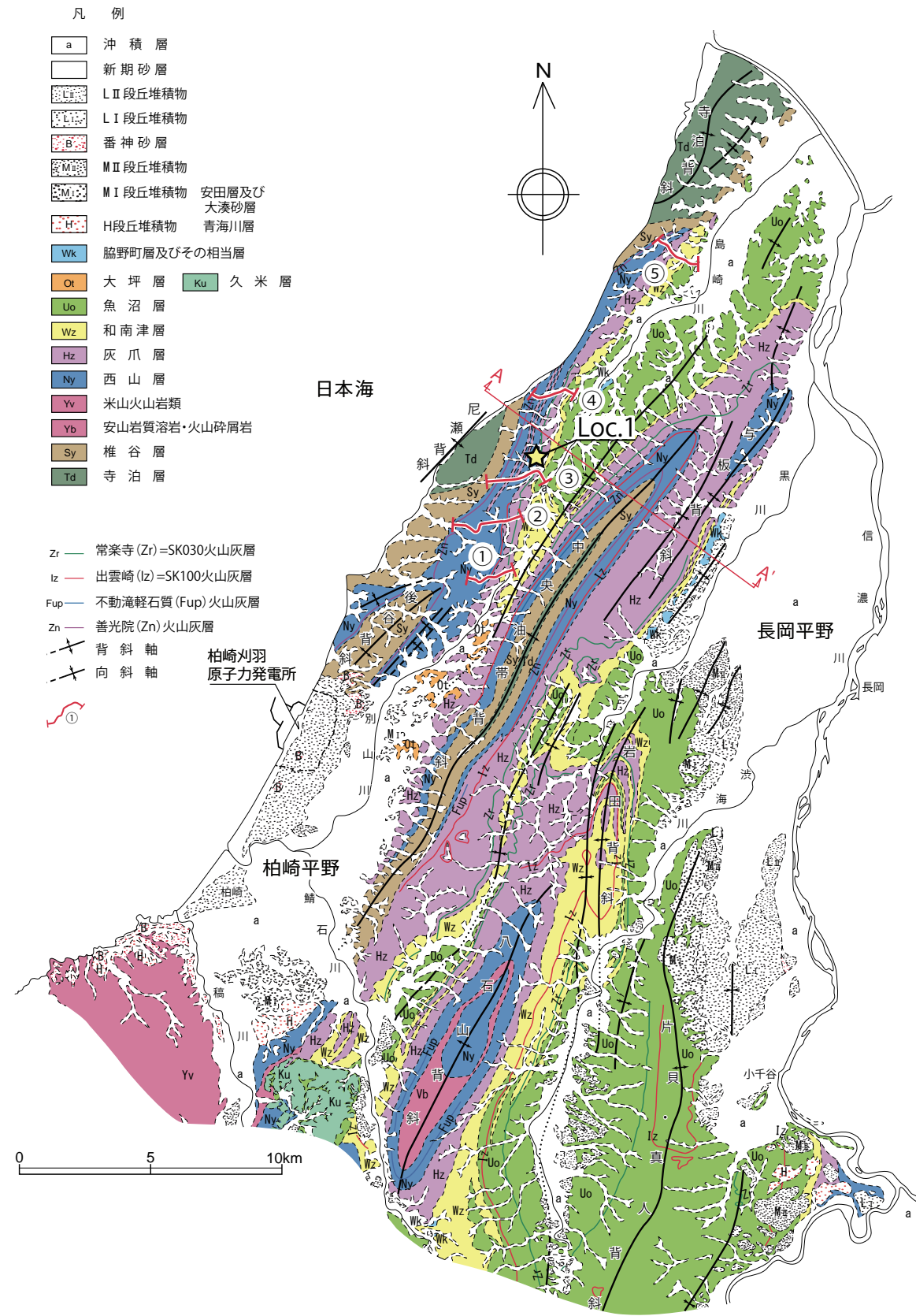


凡例

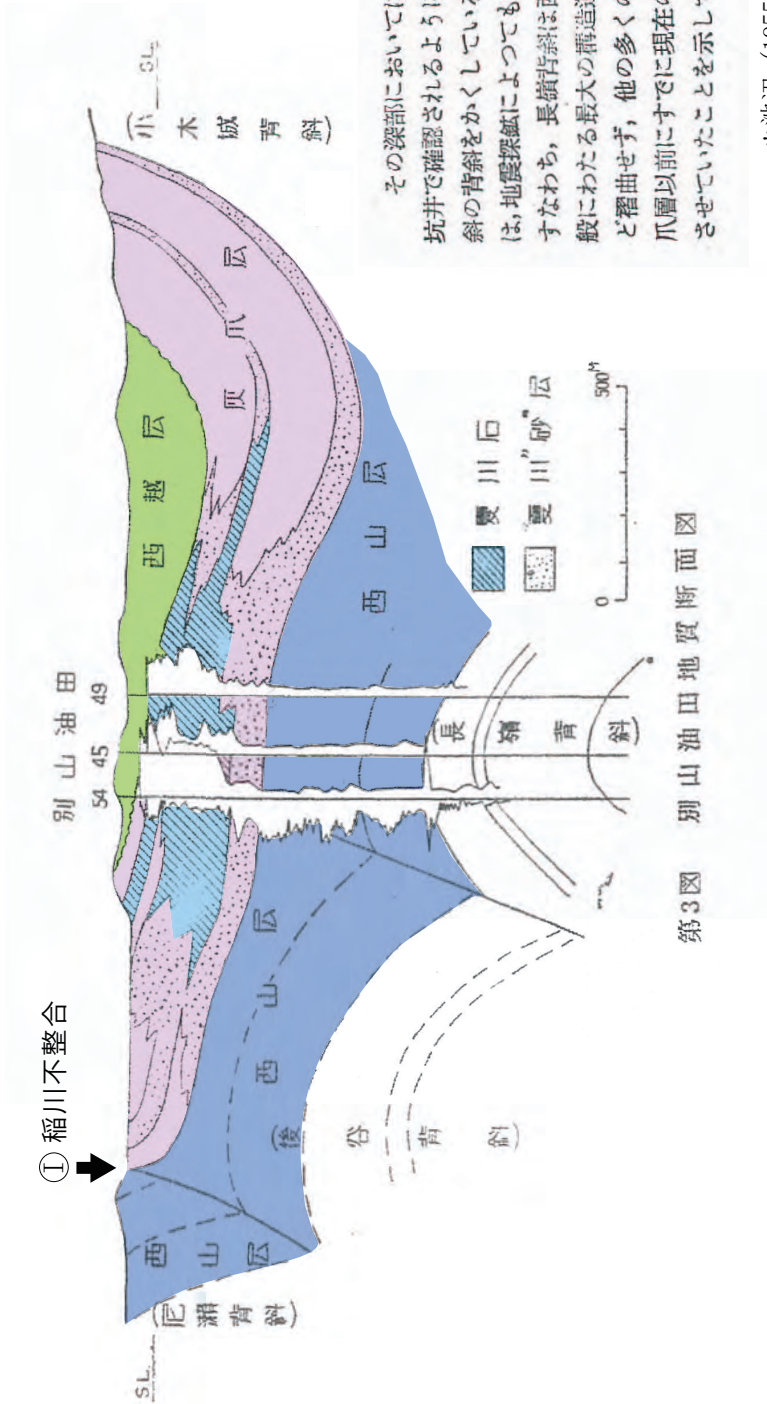
	沖積層	
	大湊砂層・番神砂層	
	安田層	
	テフラ	
	西山層 (N)	Nt16
		Zn
	椎谷層 (S)	

(註) テフラ名は、敷地内調査結果、岸ほか(1996)による

第3.1-31図 北-2測線の深度断面及びその解釈とボーリング調査結果



第 3.1-32 図 寺泊・西山丘陵における傾斜不整合 (1)



その深部においては第3図の別山油田の坑井で確認されるように両翼がかなりの急傾斜の背斜をかくしているのである。この事実には、地震探鉱によつても明らかになされている。すなわち、長嶺背斜は西越層以後の裏日本全般にわたる最大の構造運動によつてはほとんど褶曲せず、他の多くの背斜とちがつて、灰爪層以前にすでに現在の背斜をほとんど完成させていたことを示している。

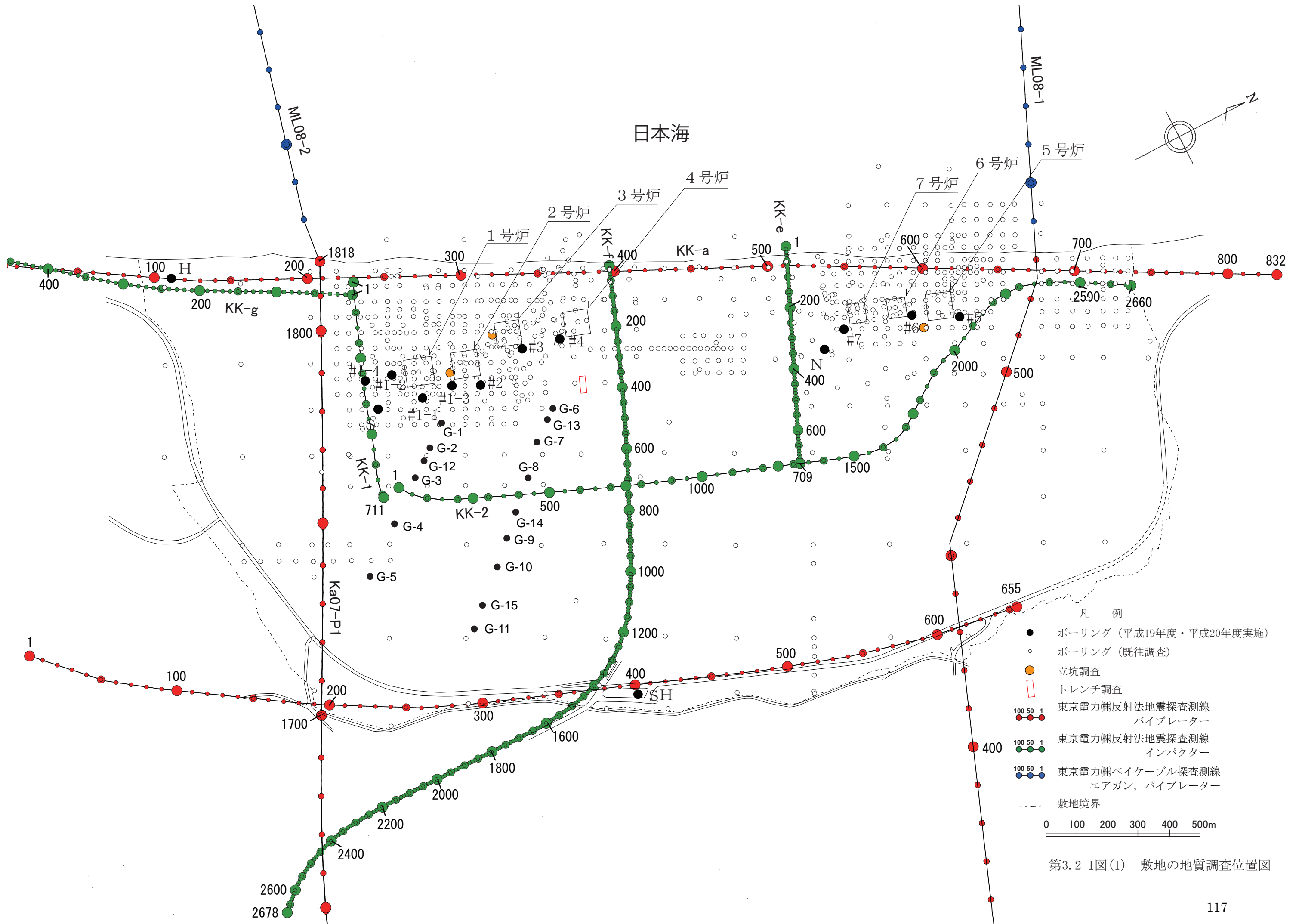
* 池辺 (1955) に一部加筆。

第3図 別山油田地質断面図

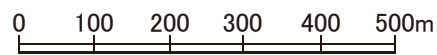
第3.2-1表 敷地の地質層序表

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 下部は茶褐色の細～中粒砂，腐植物を含む		
		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， シルトの薄層を含む			
	更 新 世	中期	安 田 層	A ₄ 部層	最上部は砂 粘土～シルト，砂を多く挟む	
				A ₃ 部層	粘土～シルト 縞状粘土，有機物，砂を伴う，貝化石を含む	
				A ₂ 部層	粘土～シルト 砂，厚い砂礫，有機物を挟む	
				A ₁ 部層	粘土～シルト 砂，砂礫を挟む	
	前期	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 砂岩，凝灰岩，ノジュールを挟む 貝化石を含む
					N ₂ 部層	シルト質泥岩 縞状泥岩，凝灰岩，ノジュールを多く挟む
N ₁ 部層					シルト質～粘土質泥岩 砂岩，凝灰岩，ノジュールを挟む 珪質海綿化石を含む	
前期		椎 谷 層		砂岩，砂岩・泥岩互層，細礫岩等を挟む		
中 新 世		後期	寺 泊 層		黒色泥岩，砂岩・泥岩互層	
		中期				

~~~~ 不整合



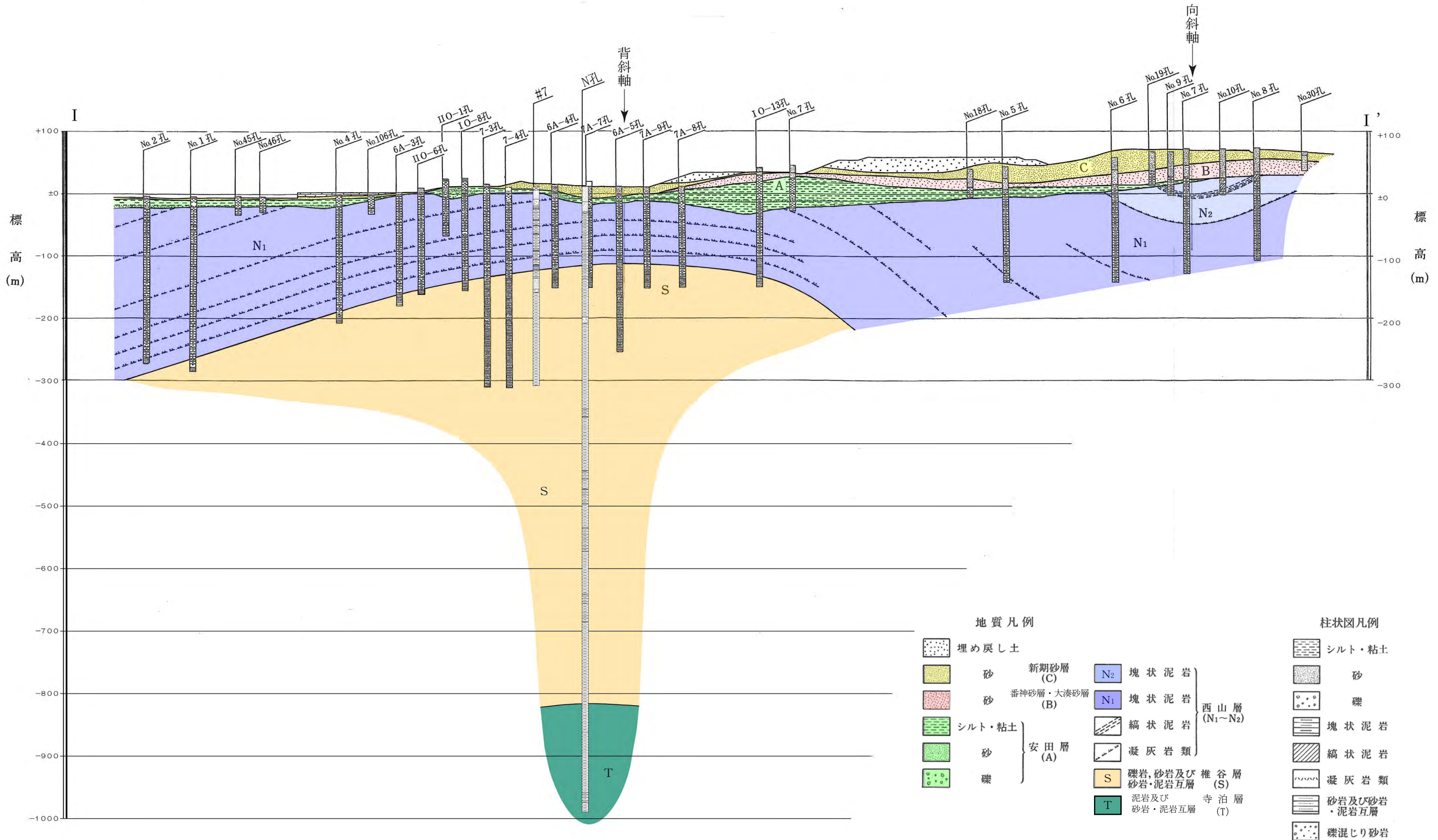
第3.2-1図(1) 敷地の地質調査位置図



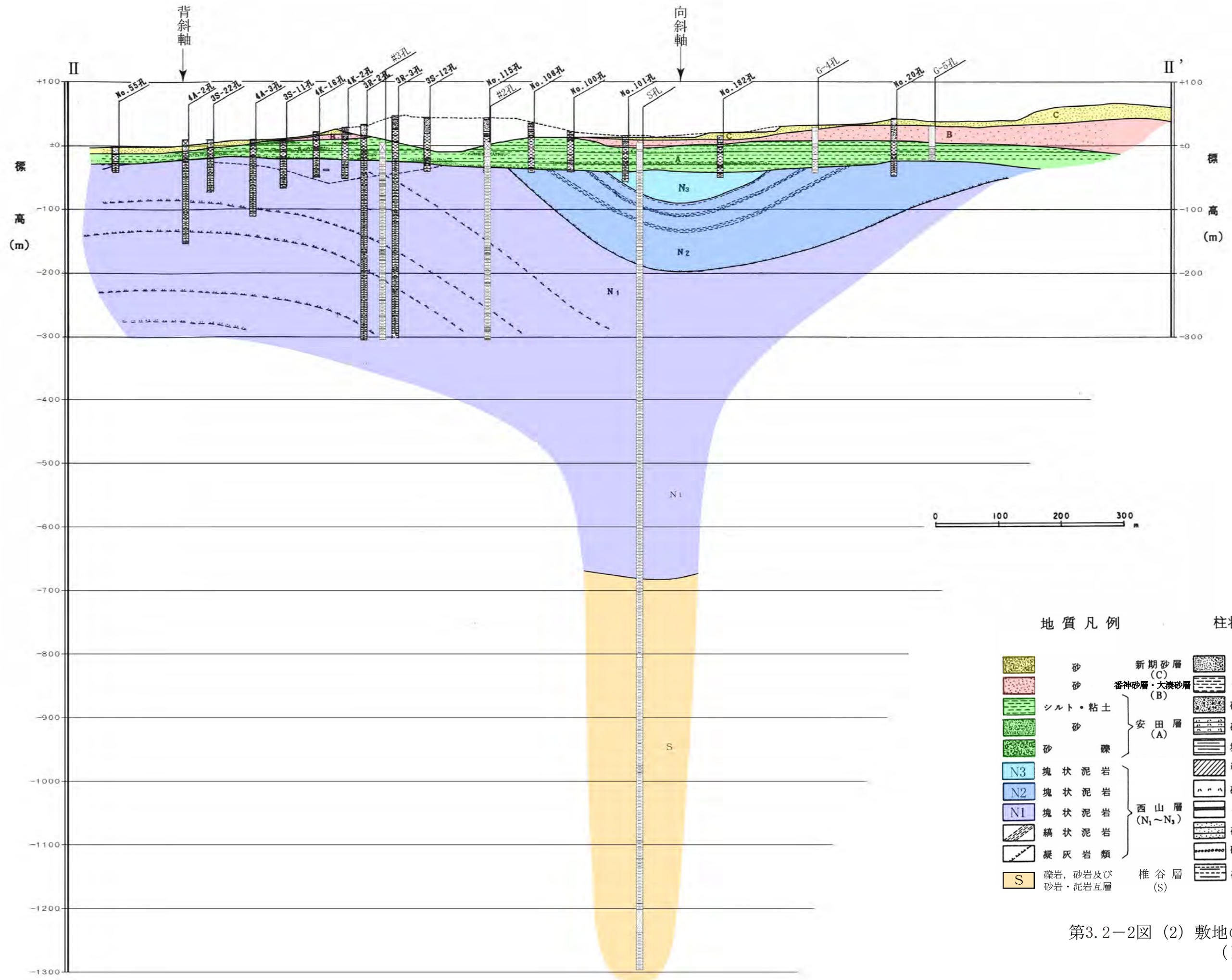
- 凡 例
- 盛土・埋め戻し土
  - 新 期 砂 層
  - 番 神 砂 層・大 湊 砂 層
  - 安 田 層
  - 敷 地 境 界
  - 断 面 図 位 置

第3.2-1図(2) 敷地の地質平面図



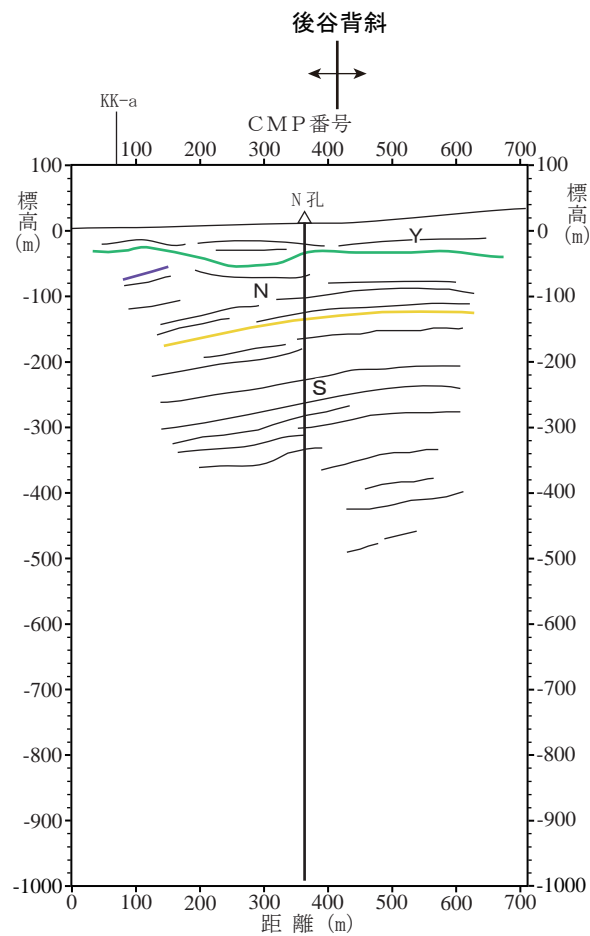
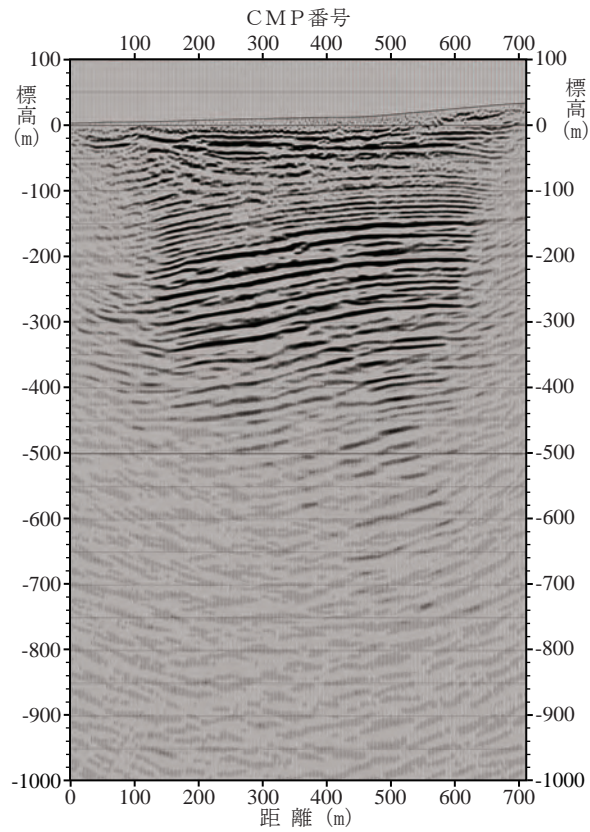


第3.2-2図 (1) 敷地の地質断面図 (I-I' 断面)



第3.2-2図 (2) 敷地の地質断面図 (II-II' 断面)





凡例

安田層以降の地層 (Y) —

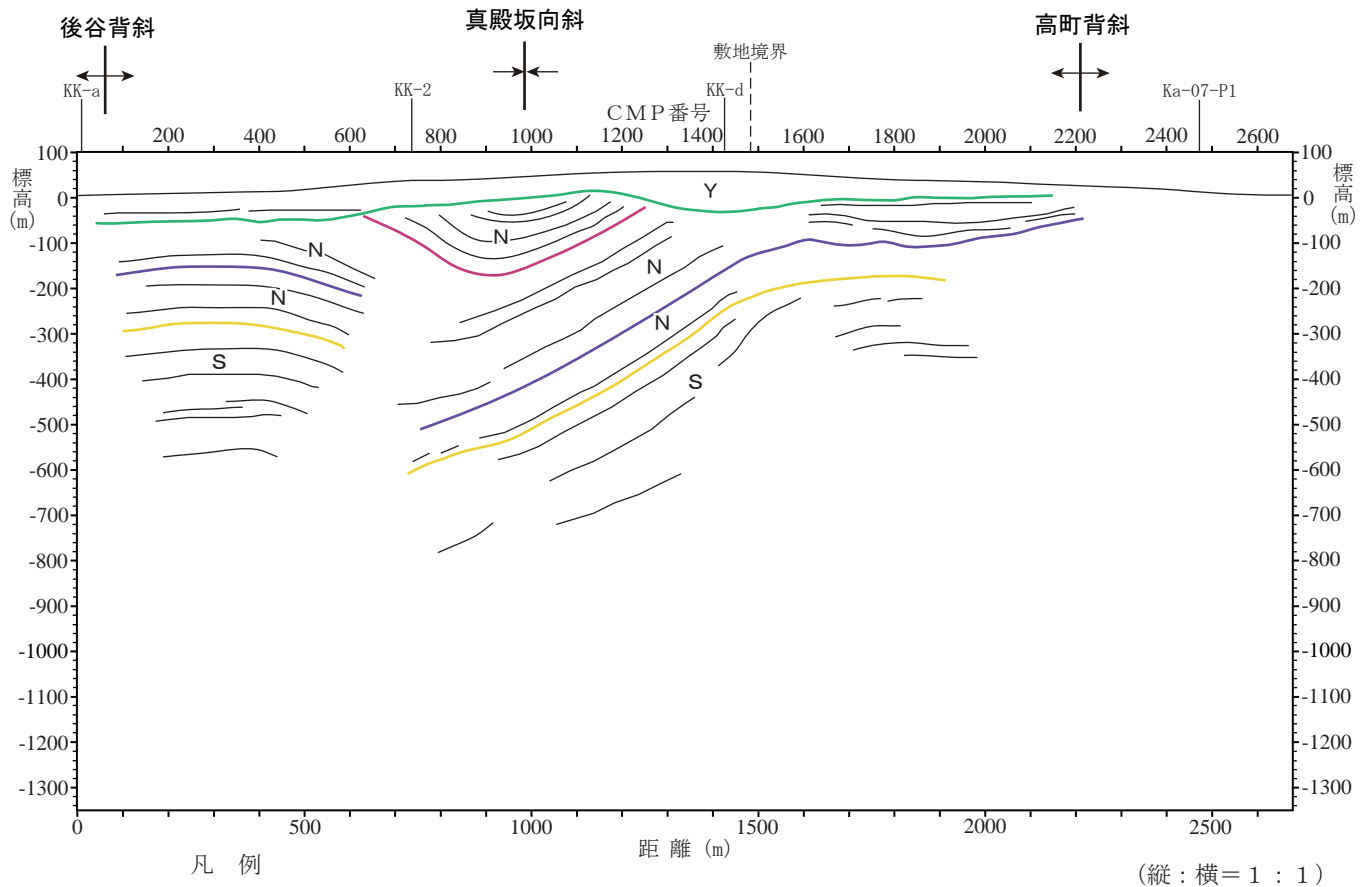
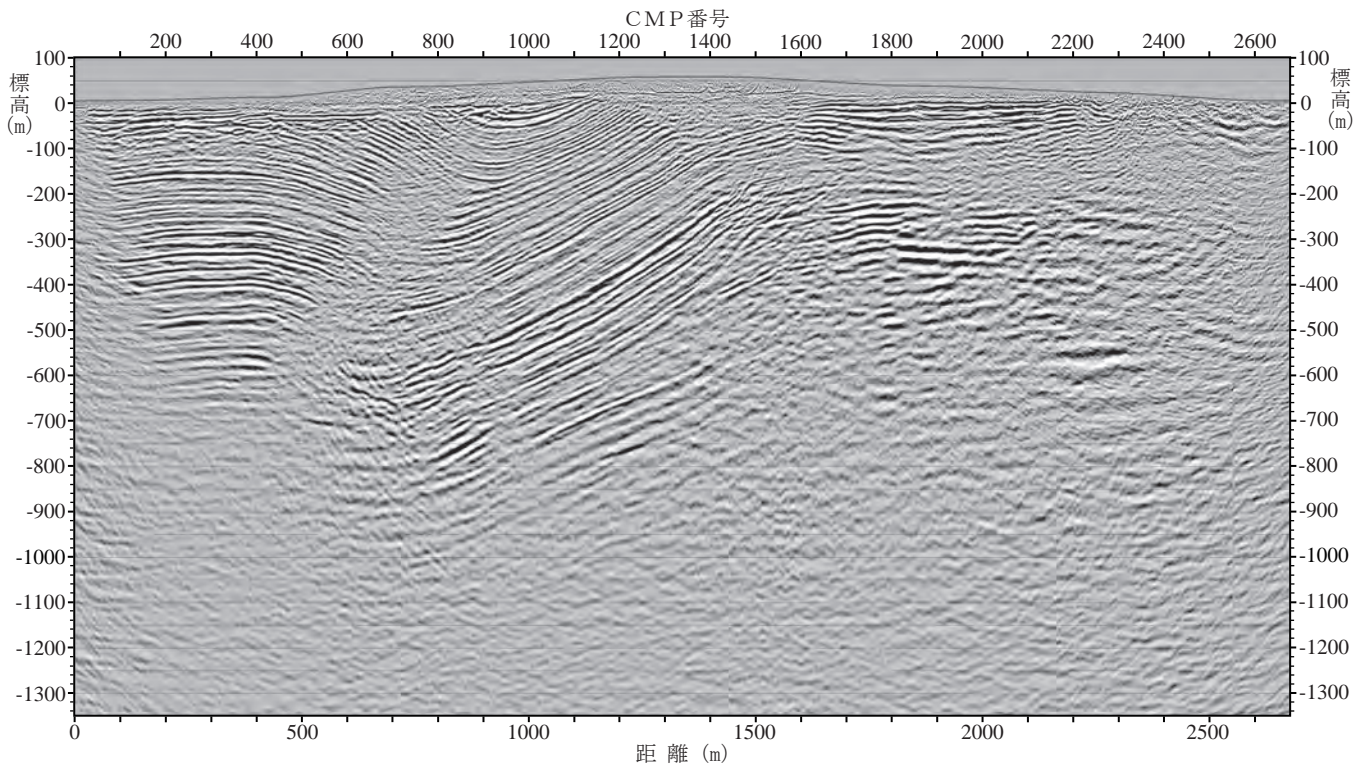
西山層 (N) — Zn

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

(縦：横 = 1 : 1)

第 3.2-4 図 KK-e 測線の深度断面及びその解釈



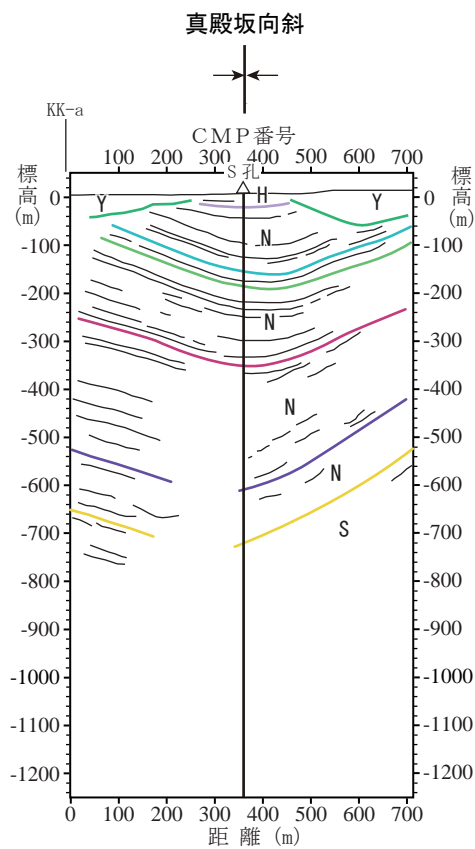
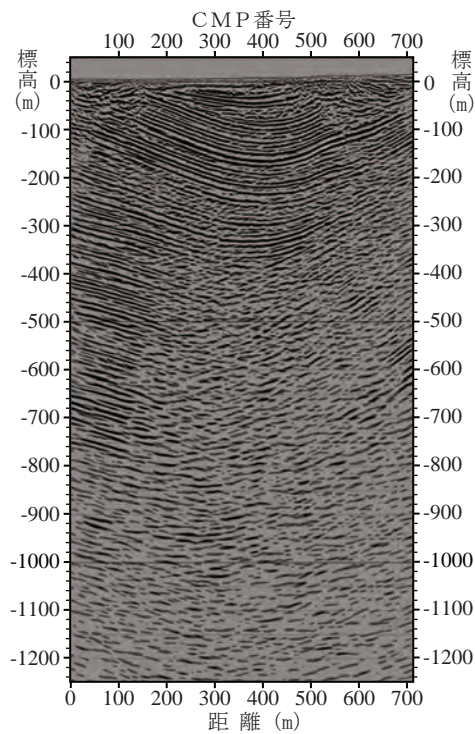
凡例  
安田層以降の地層 (Y)

西山層 (N)    Nt16  
                 Zn

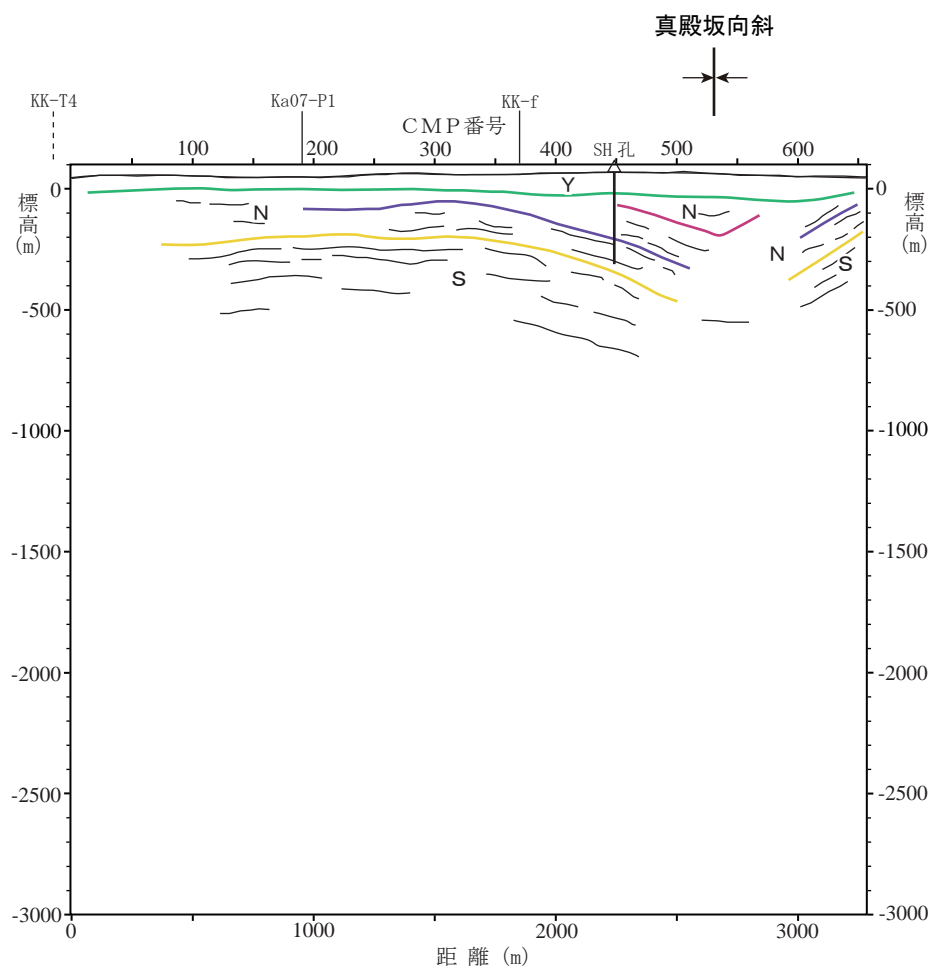
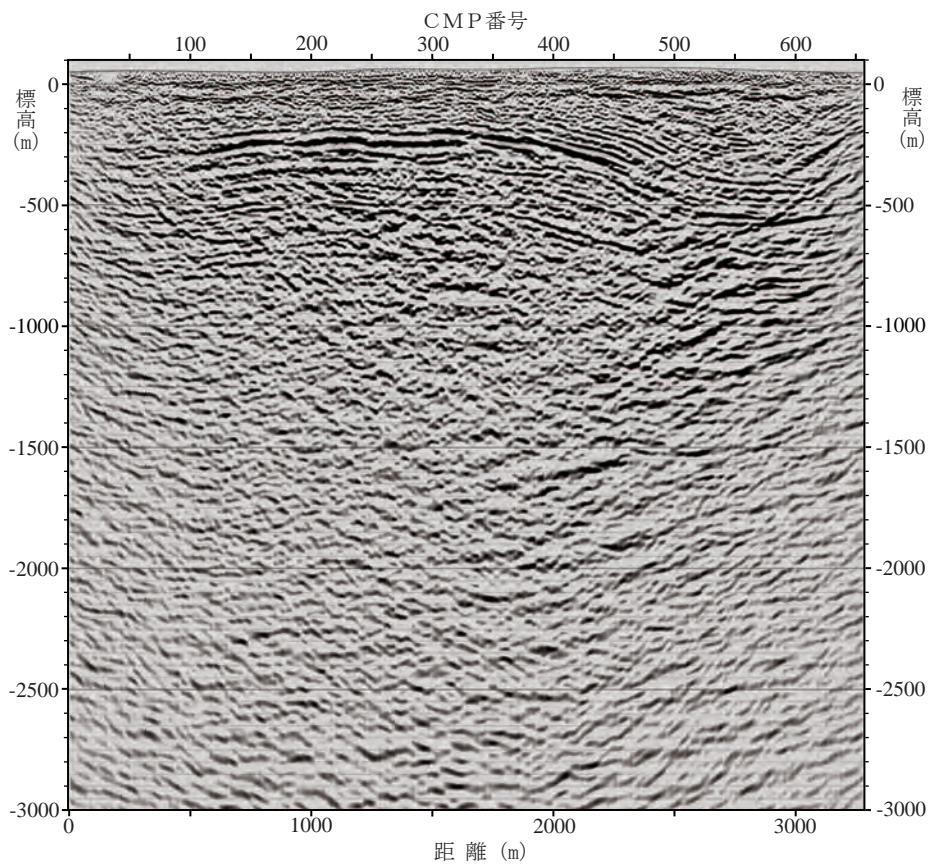
椎谷層 (S)

(註) テフラの名称は敷地内調査結果,  
岸ほか (1996) による

第 3.2-5 図 KK-f 測線の深度断面及びその解釈



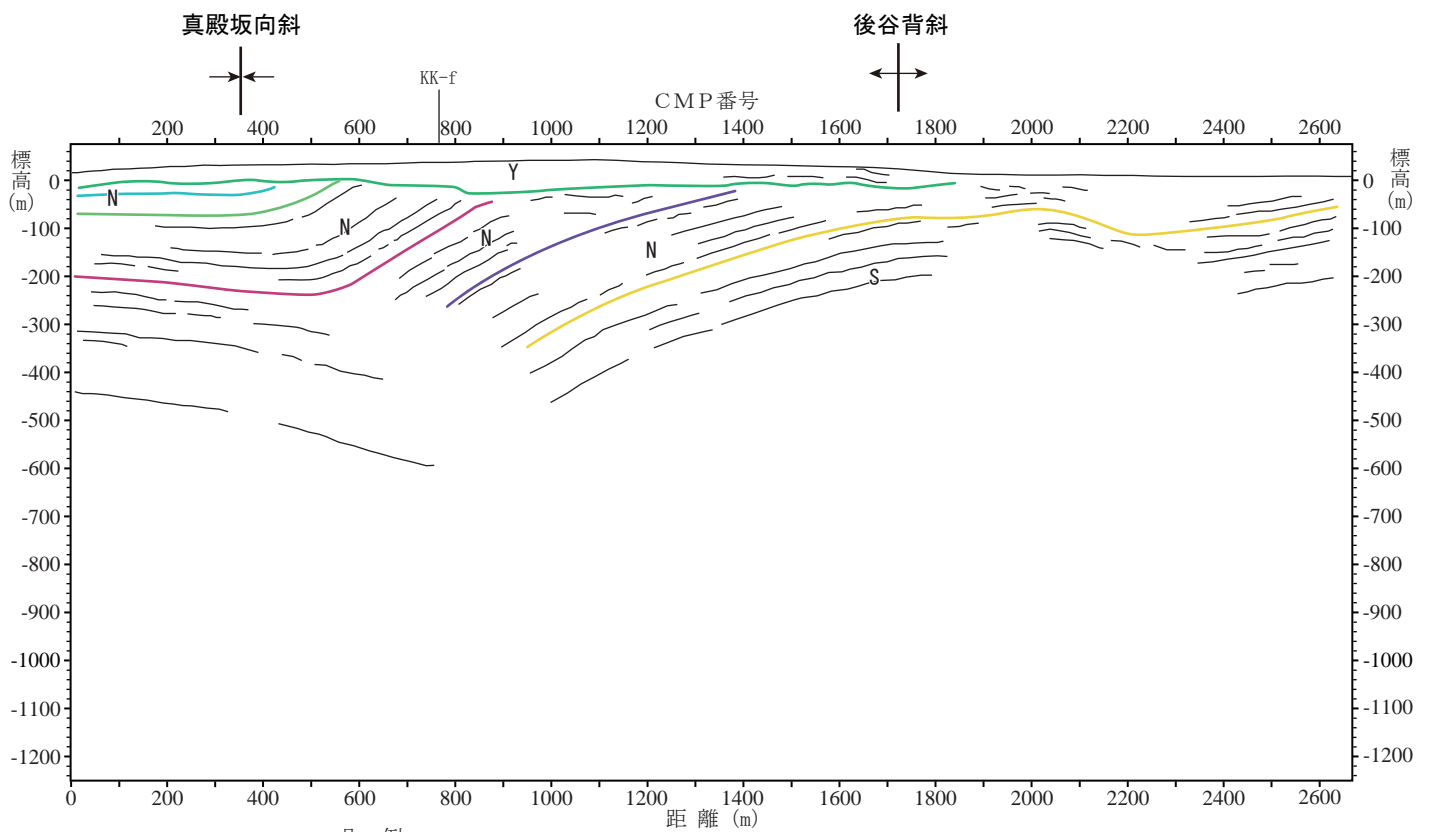
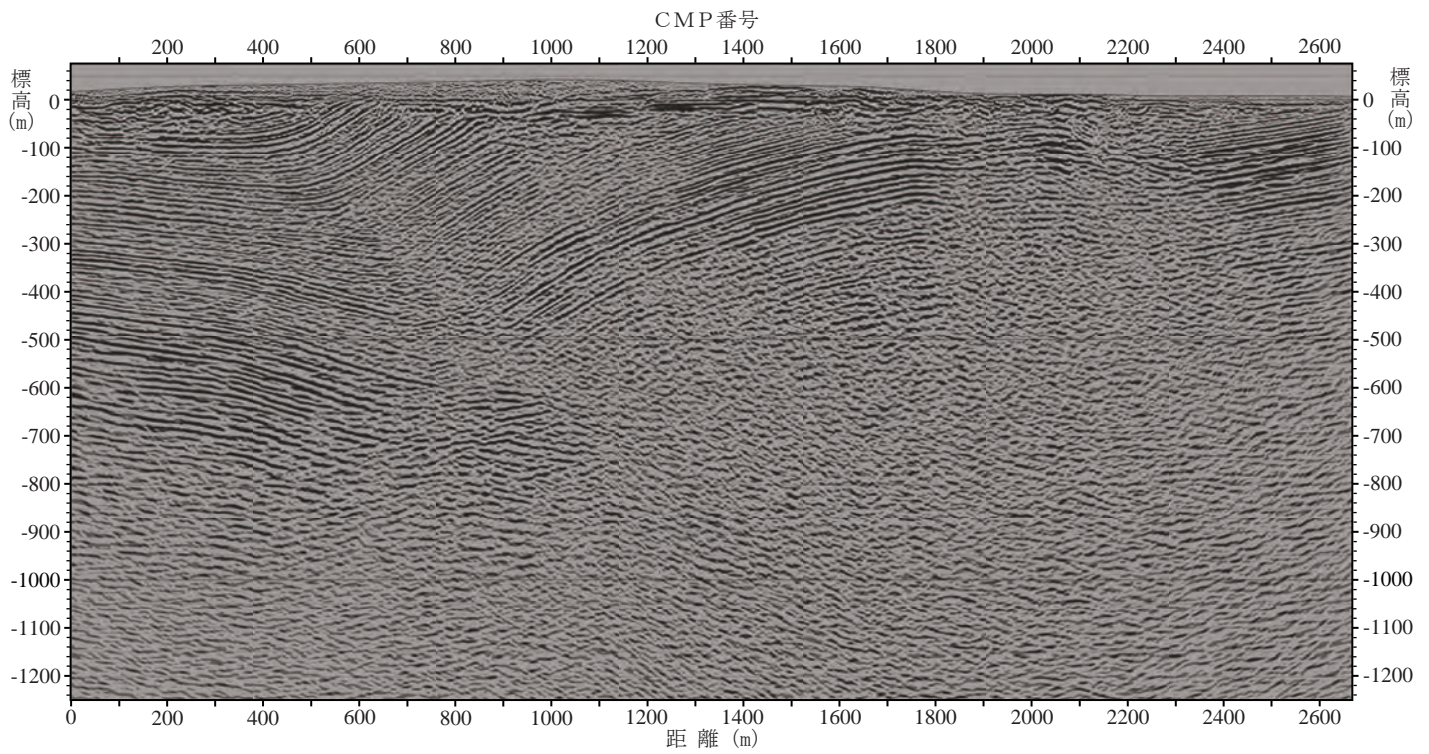
第 3.2-6 図 KK-1 測線の深度断面及びその解釈



- 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

(縦：横 = 1 : 1)

第 3.2-7 図 KK-d 測線の深度断面及びその解釈



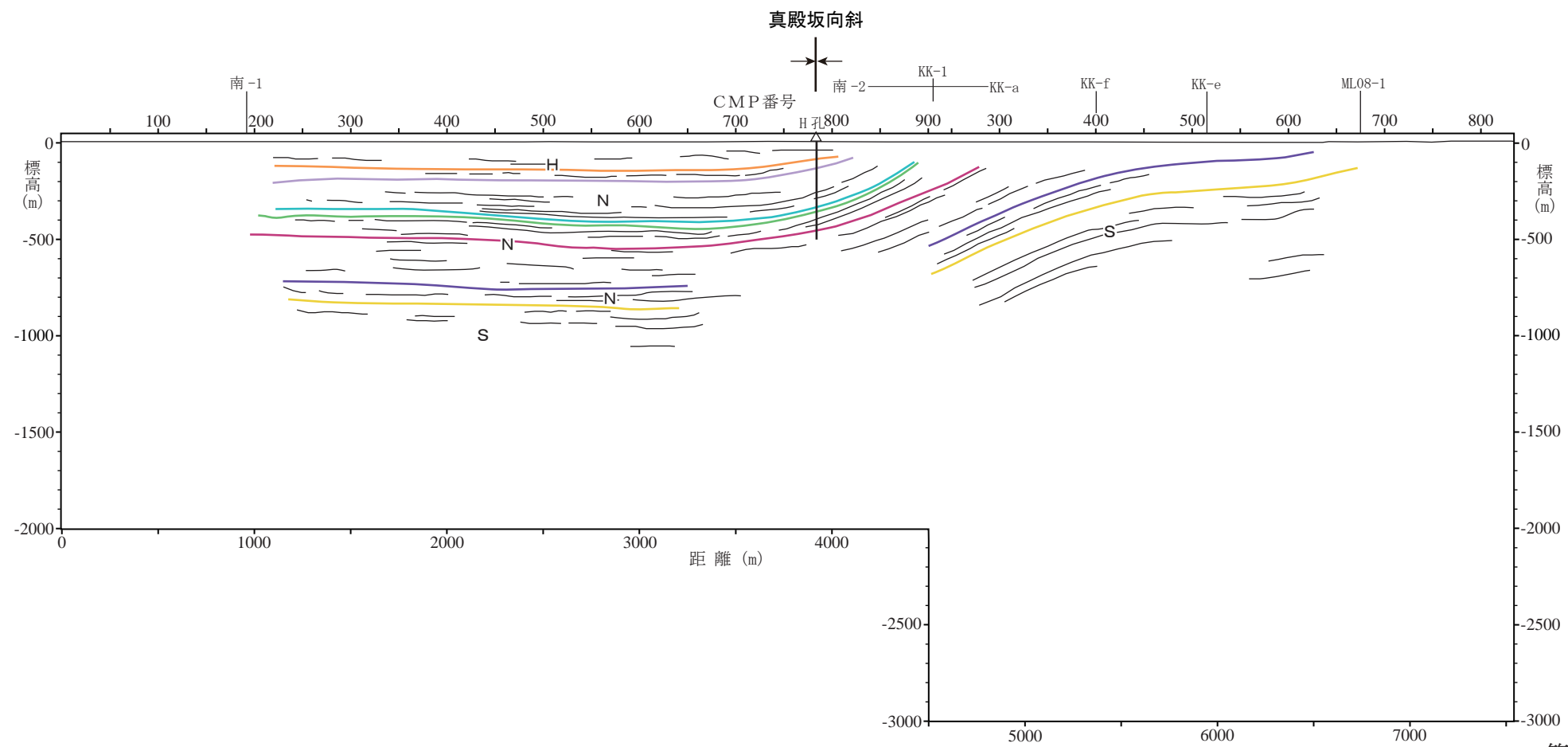
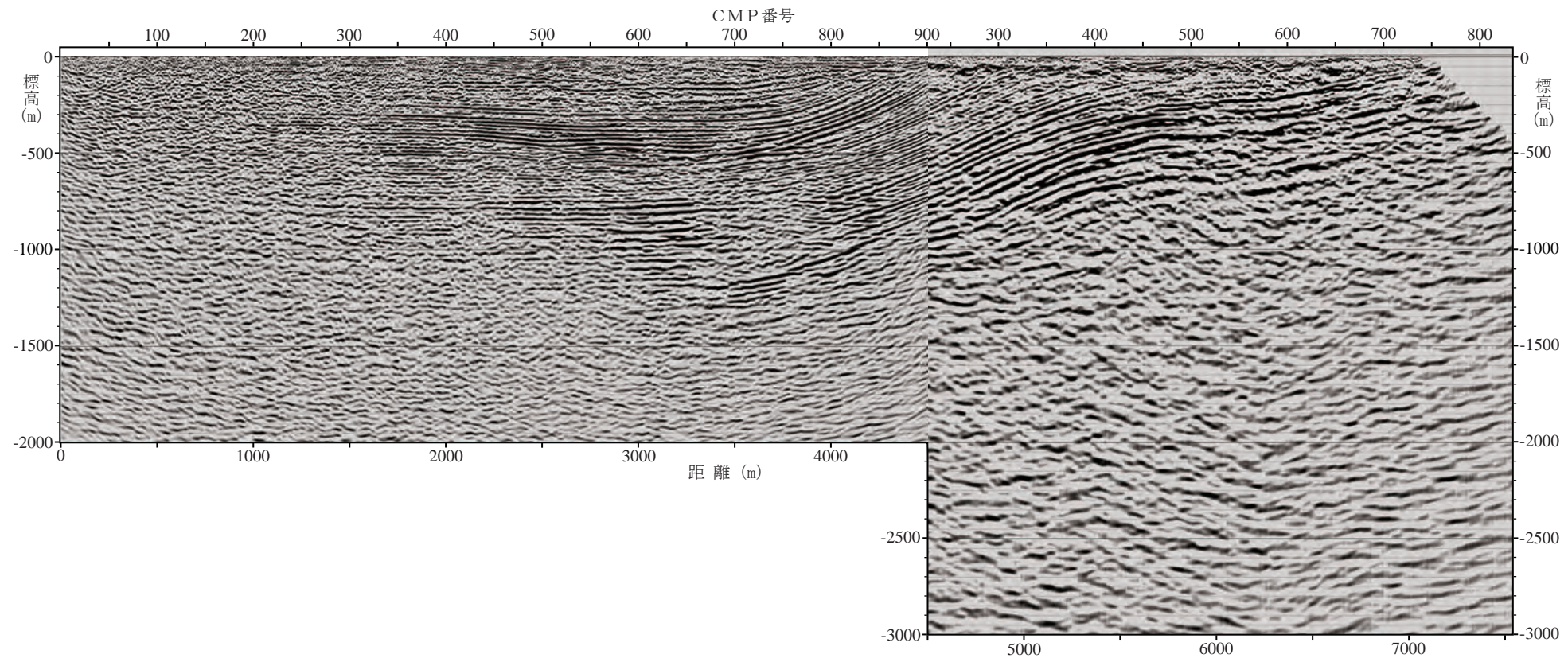
- 凡例
- 安田層 (Y)
    - Fup
    - Az
  - 西山層 (N)
    - Nt16
    - Zn
  - 椎谷層 (S)
    -

(註) テフラの名称は敷地内調査結果,  
岸ほか (1996) による

(縦：横 = 1 : 1)

第 3.2-8 図 KK-2 測線の深度断面及びその解釈

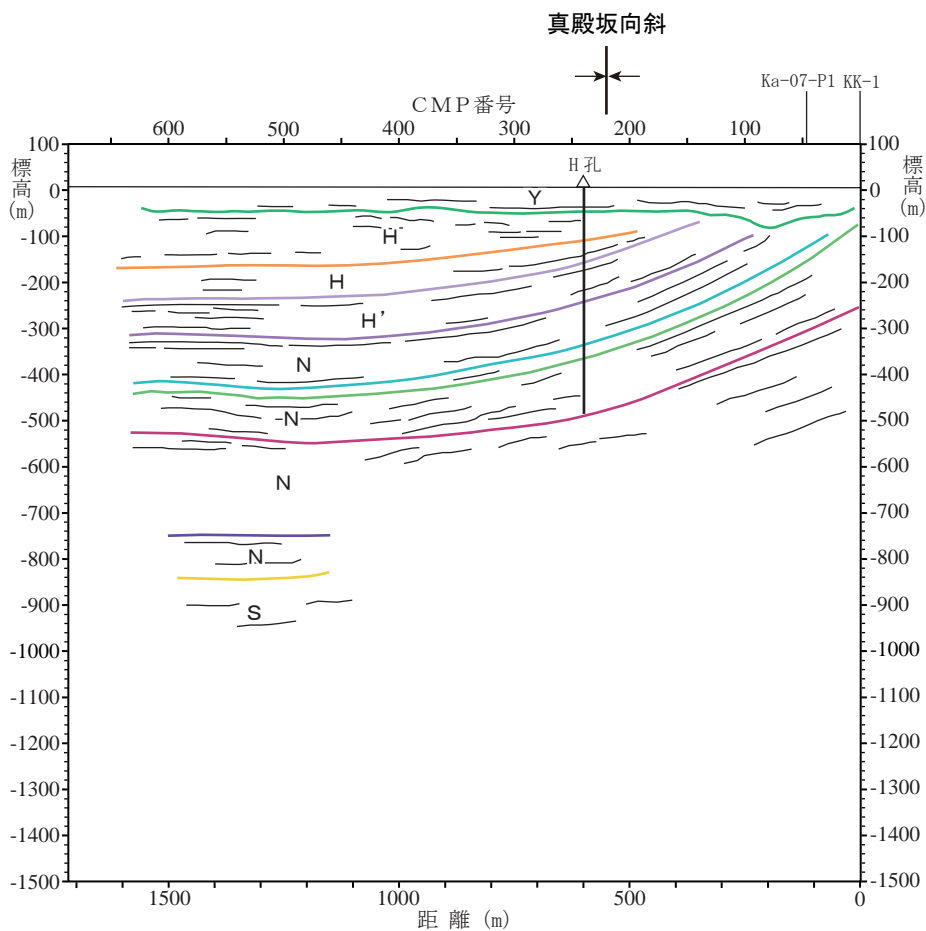
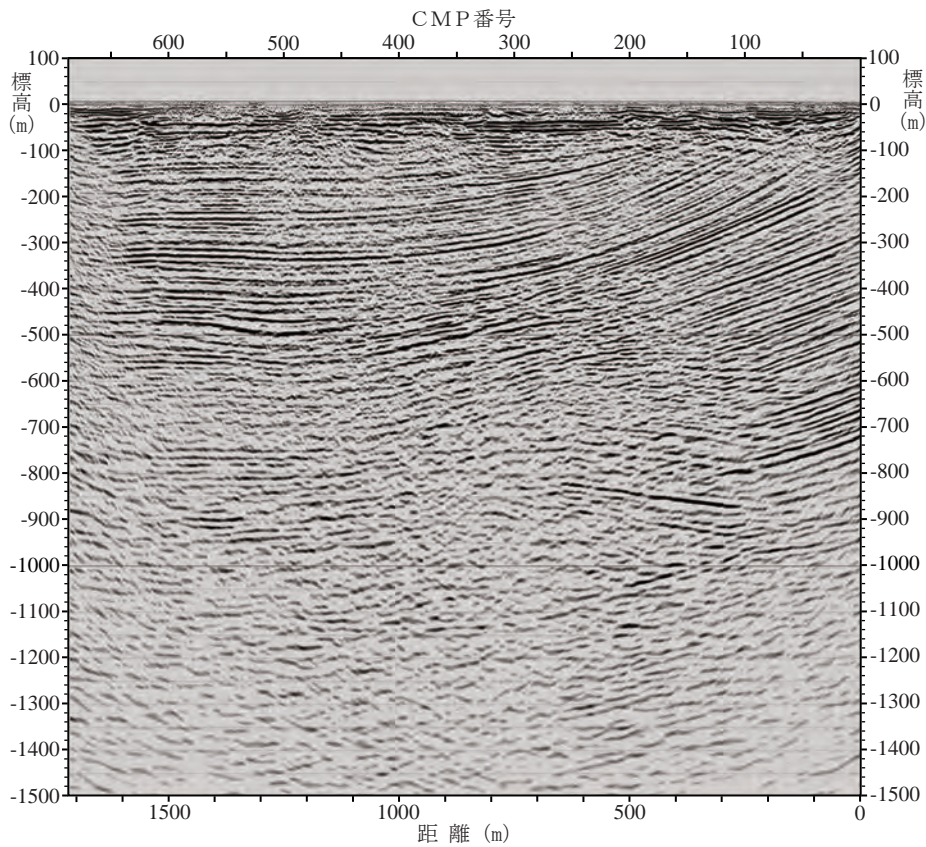




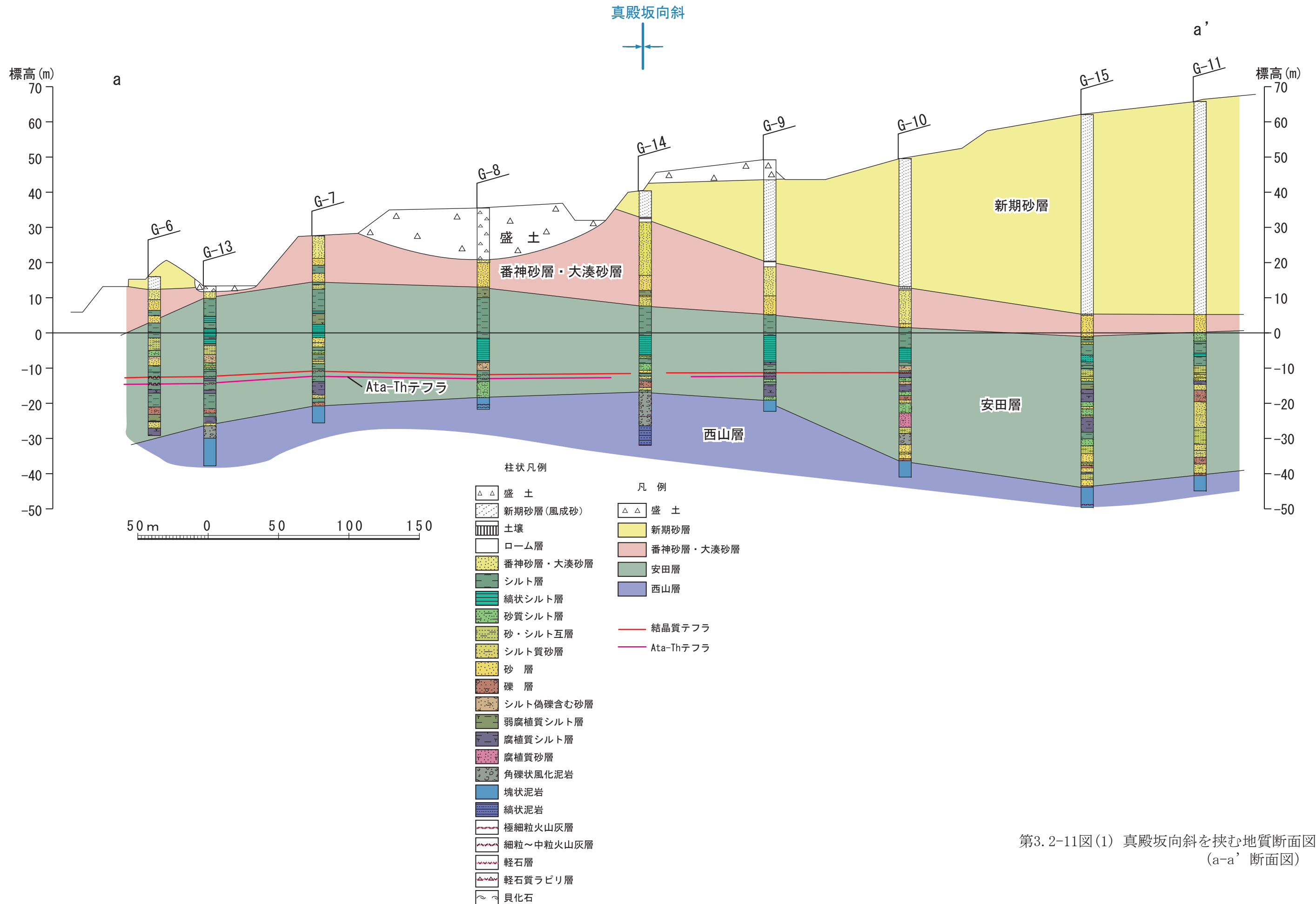
(註) テフラの名称は敷地内調査結果、岸ほか(1996)による

(縦:横=1:1)

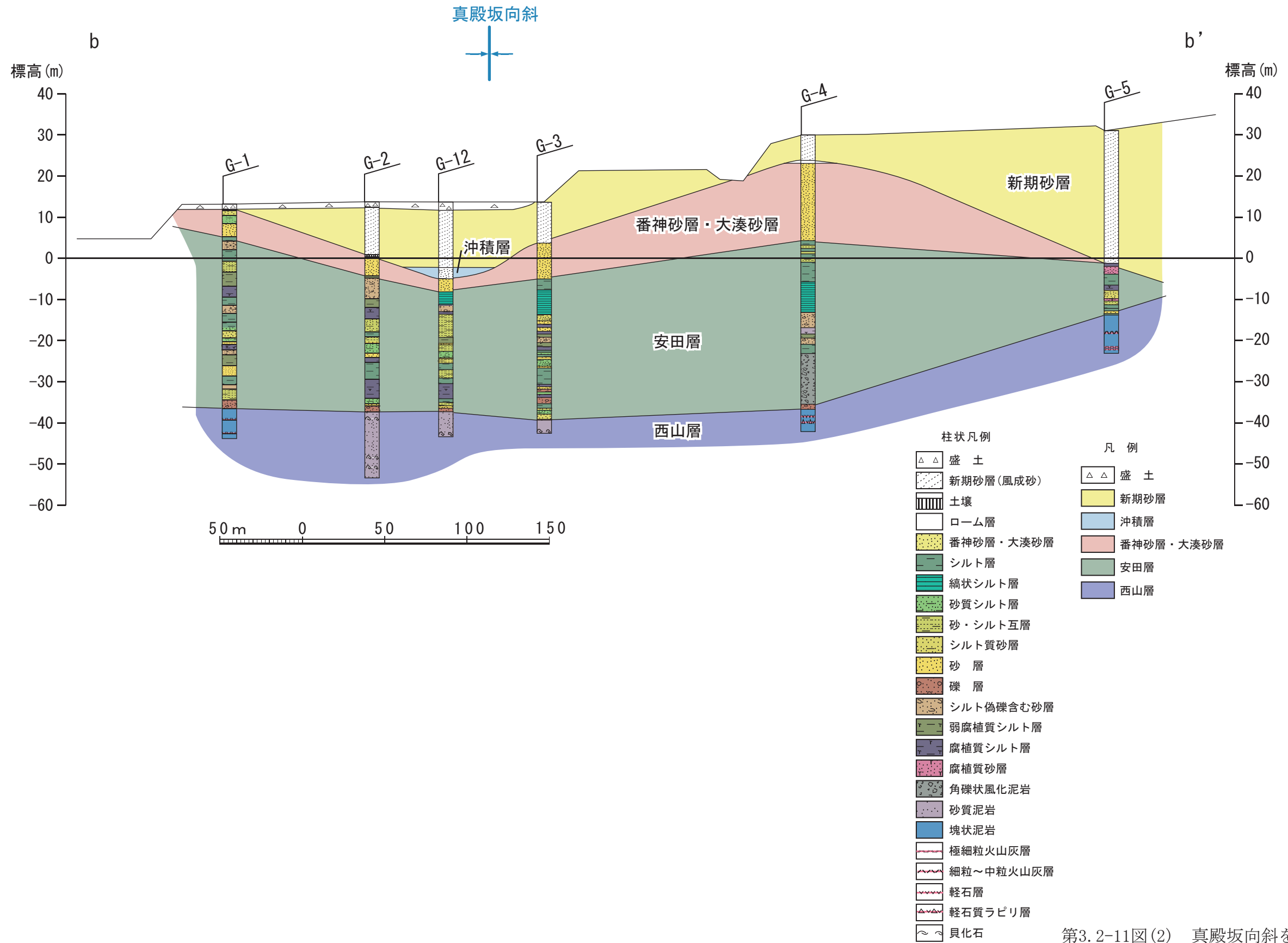
第3.2-9 図 南-2・KK-a 測線の深度断面及びその解釈



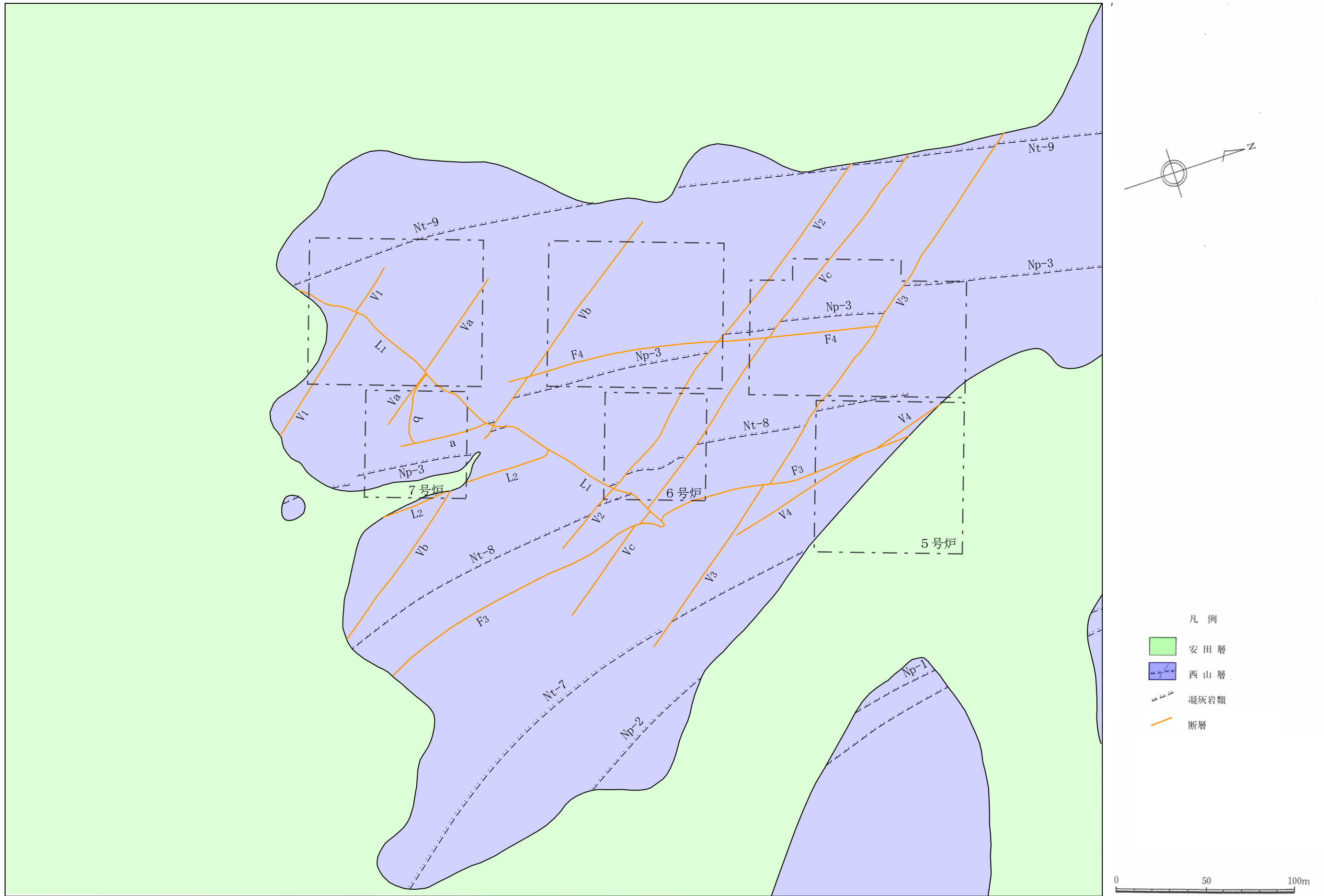
第 3.2-10 図 KK-g 測線の深度断面及びその解釈



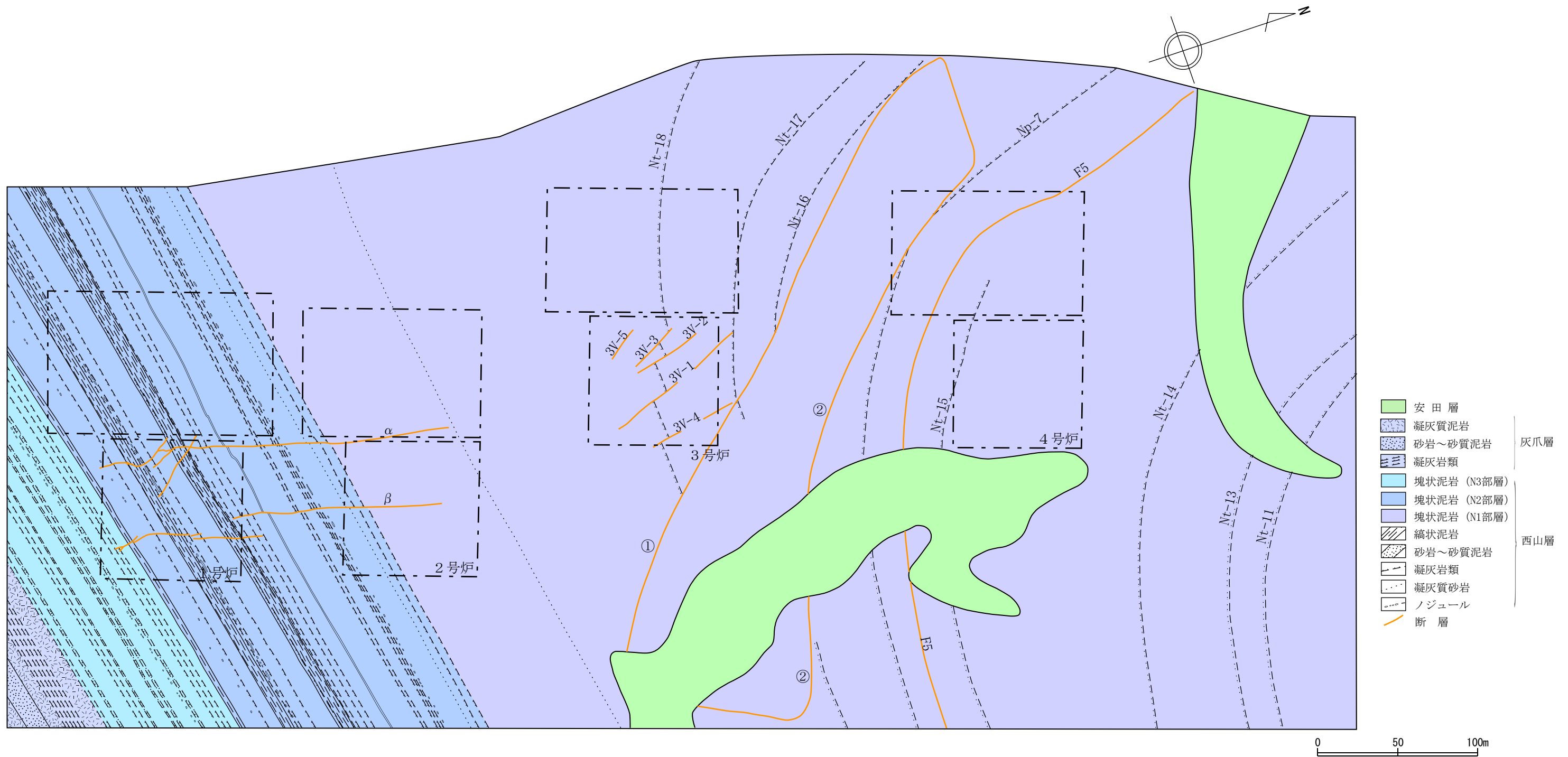
第3.2-11図(1) 真殿坂向斜を挟む地質断面図 (a-a' 断面図)



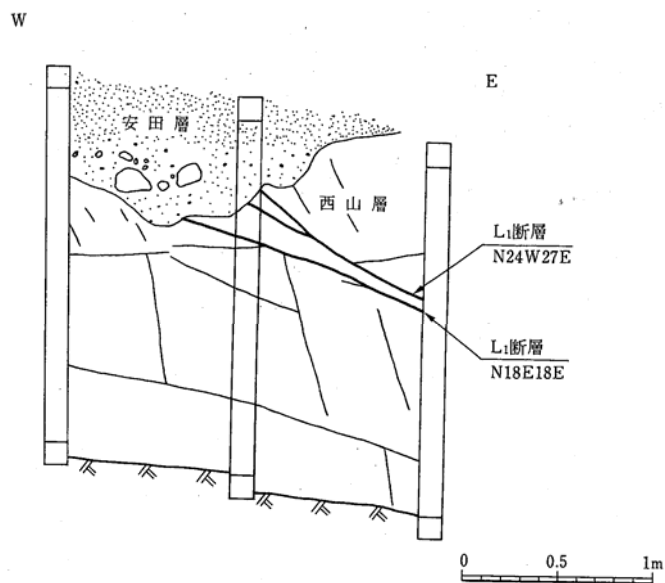
第3.2-11図(2) 真殿坂向斜を挟む地質断面図 (b-b'断面図)



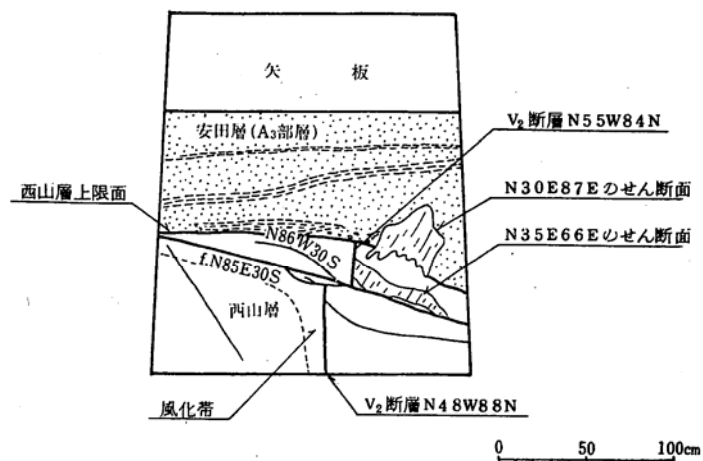
第3.2-12図(1) 敷地の地質水平断面図  
(5～7号炉付近, T. M. S. L. -13m)



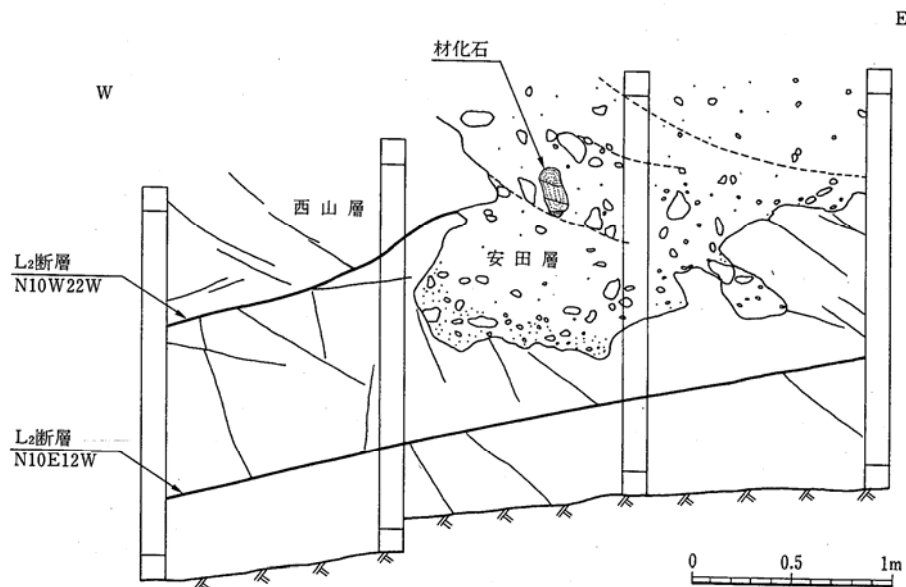
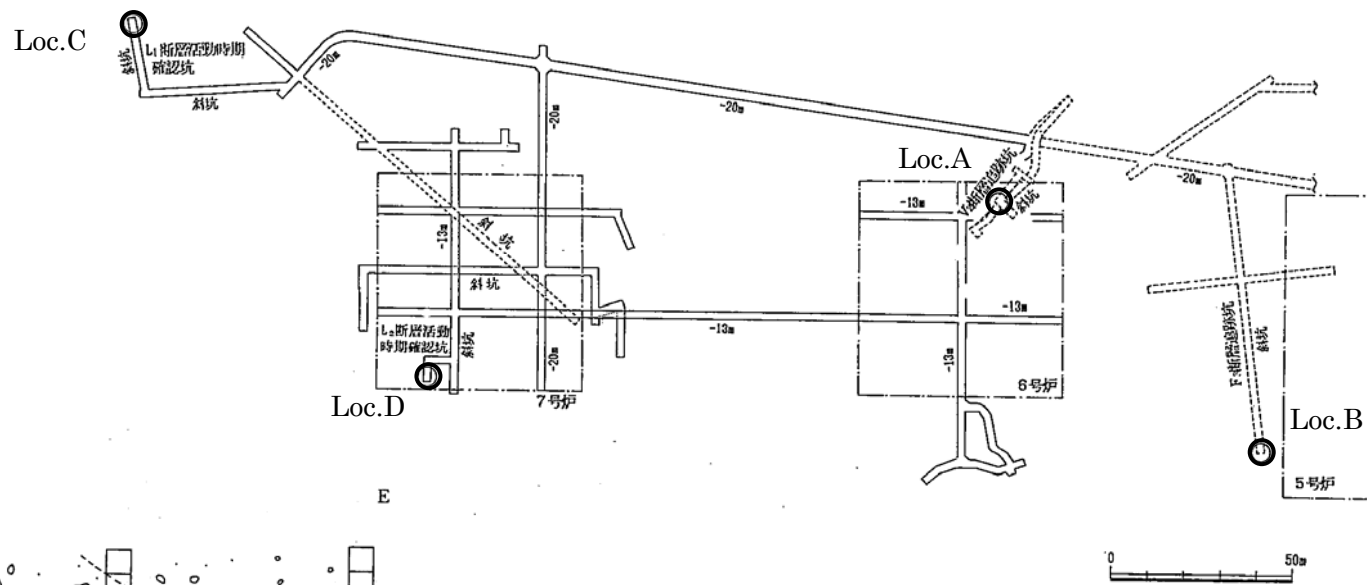
第3.2-12図(2) 敷地の地質水平断面図  
(1～4号炉付近, T.M.S.L. -39m)



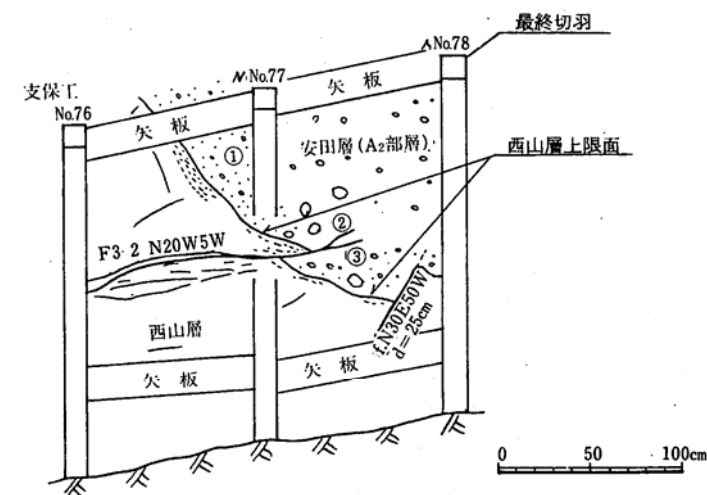
Loc.C L<sub>1</sub>坑最終切羽北側壁スケッチ



Loc.A V<sub>2</sub>坑最終切羽スケッチ



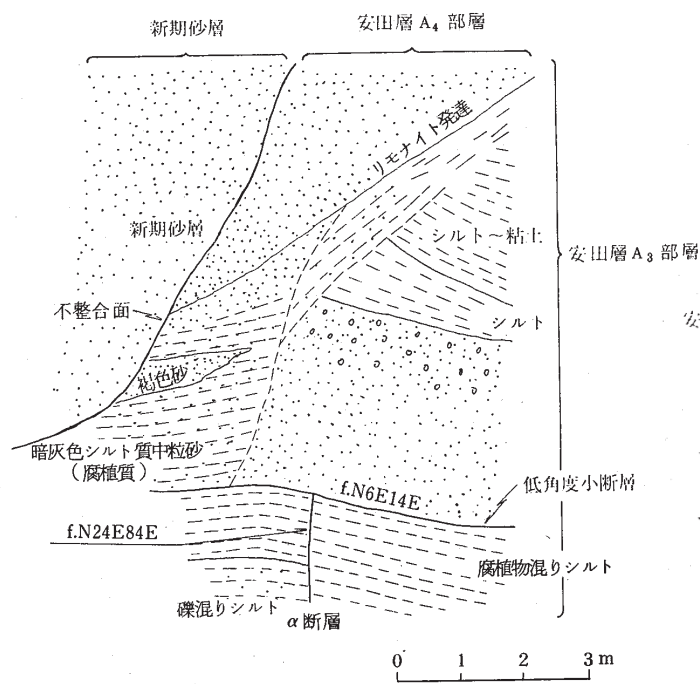
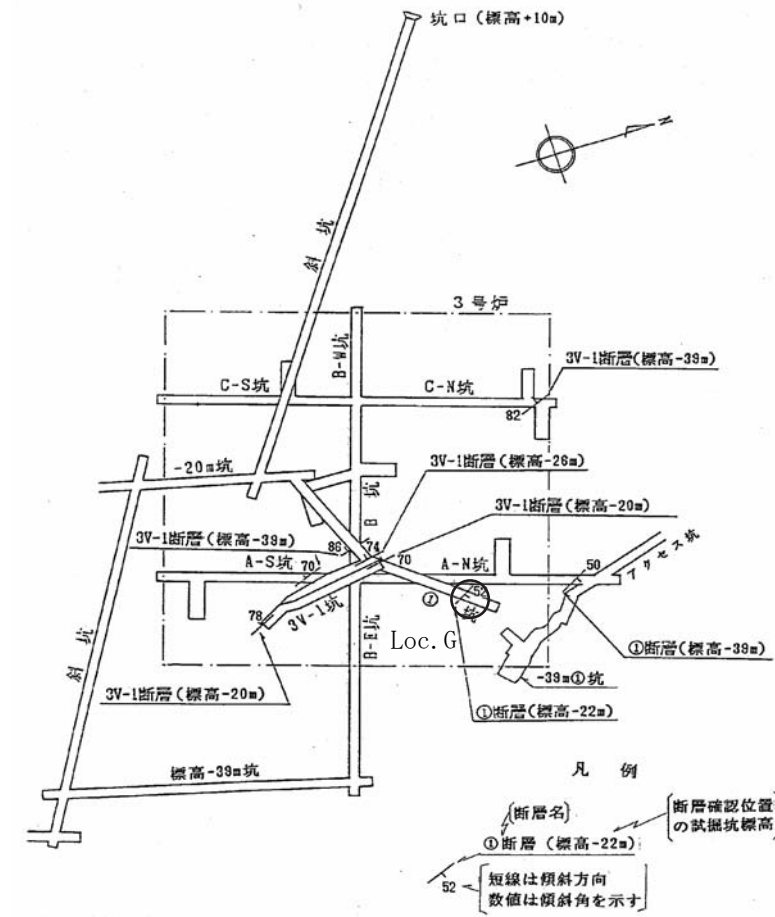
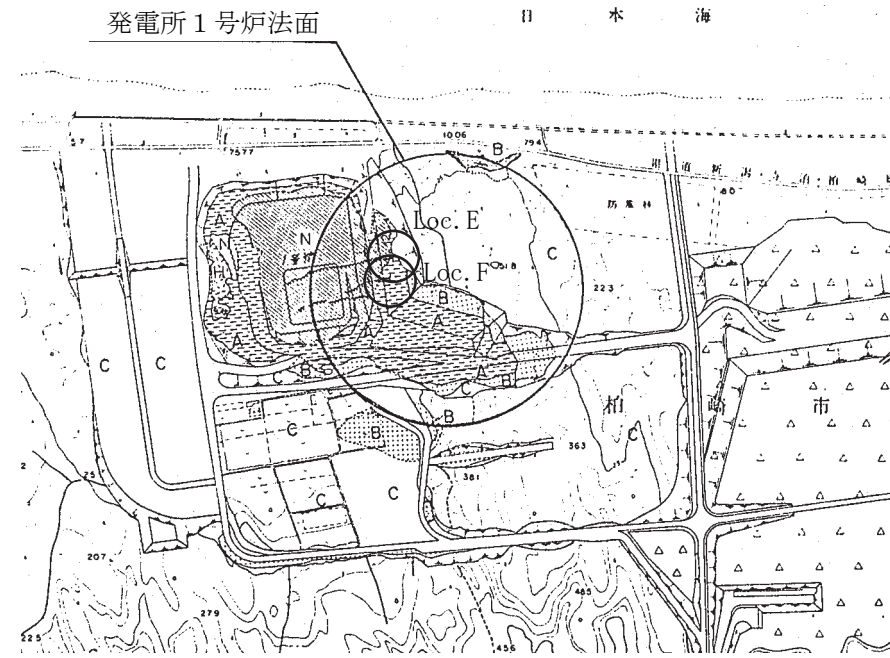
Loc.D L<sub>2</sub>坑最終切羽北側壁スケッチ



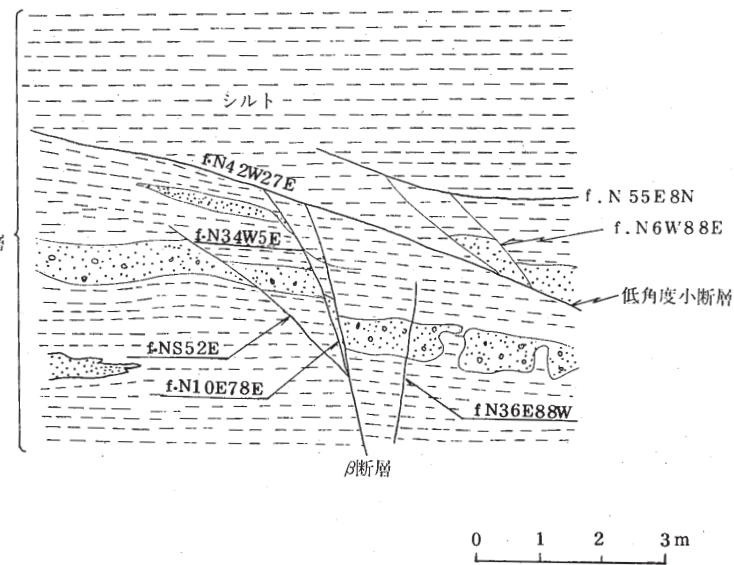
- ① マトリックスに砂を含む泥岩礫層(安田層)
- ② N20W35W 粘土は伴わない。20cm連続して消滅。
- ③ N5W30W 粘土は伴わない。25cm連続して消滅。

Loc.B F<sub>3</sub>坑最終切羽北側壁スケッチ

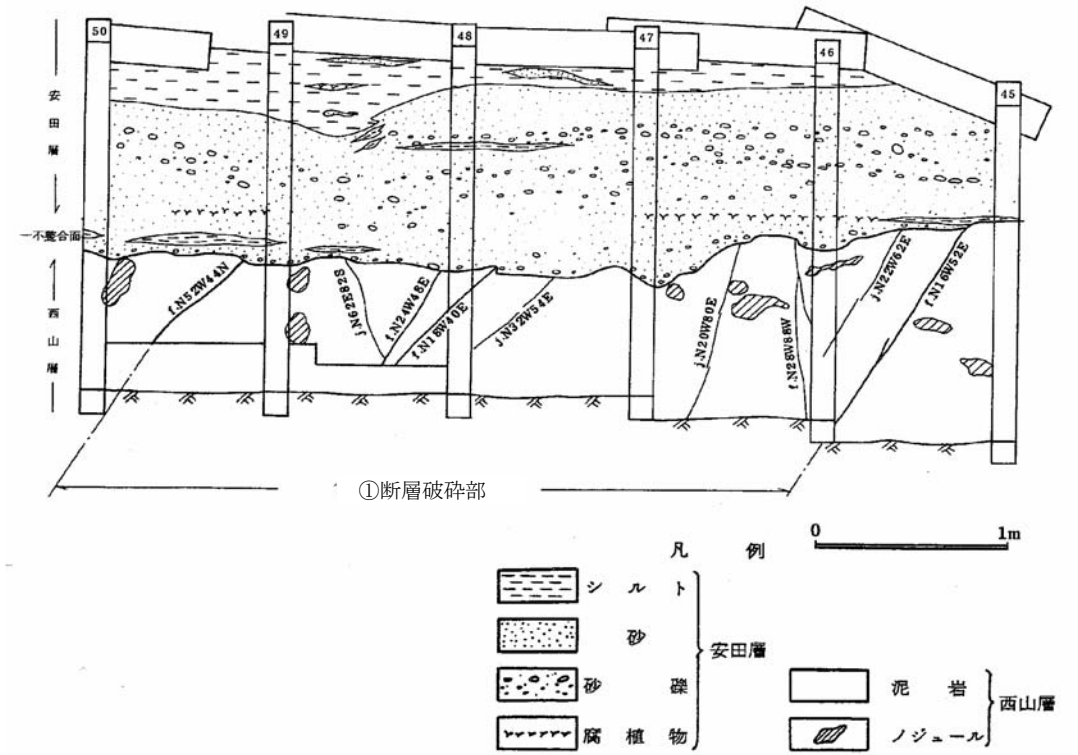
第 3.2-13図(1) 主要な断層と安田層との関係 (5~7号炉側)



Loc. E α断層法面スケッチ



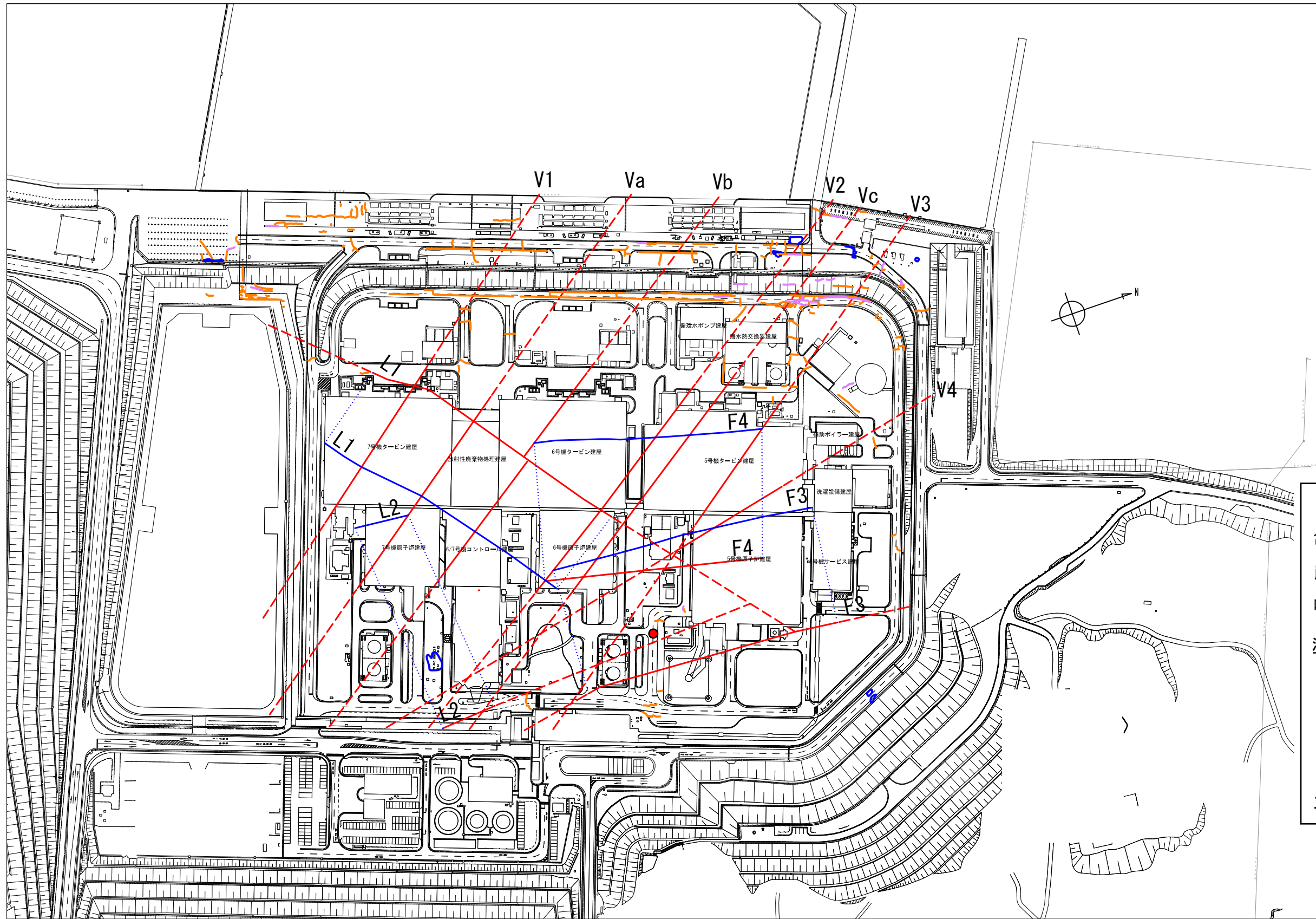
Loc. F β断層法面スケッチ



Loc. G ①断層追跡坑 西側壁スケッチ

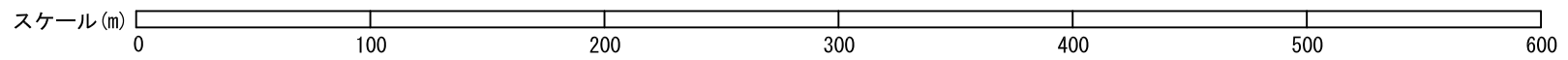
第3.2-13図(2) 主要な断層と安田層との関係 (1~4号炉側)



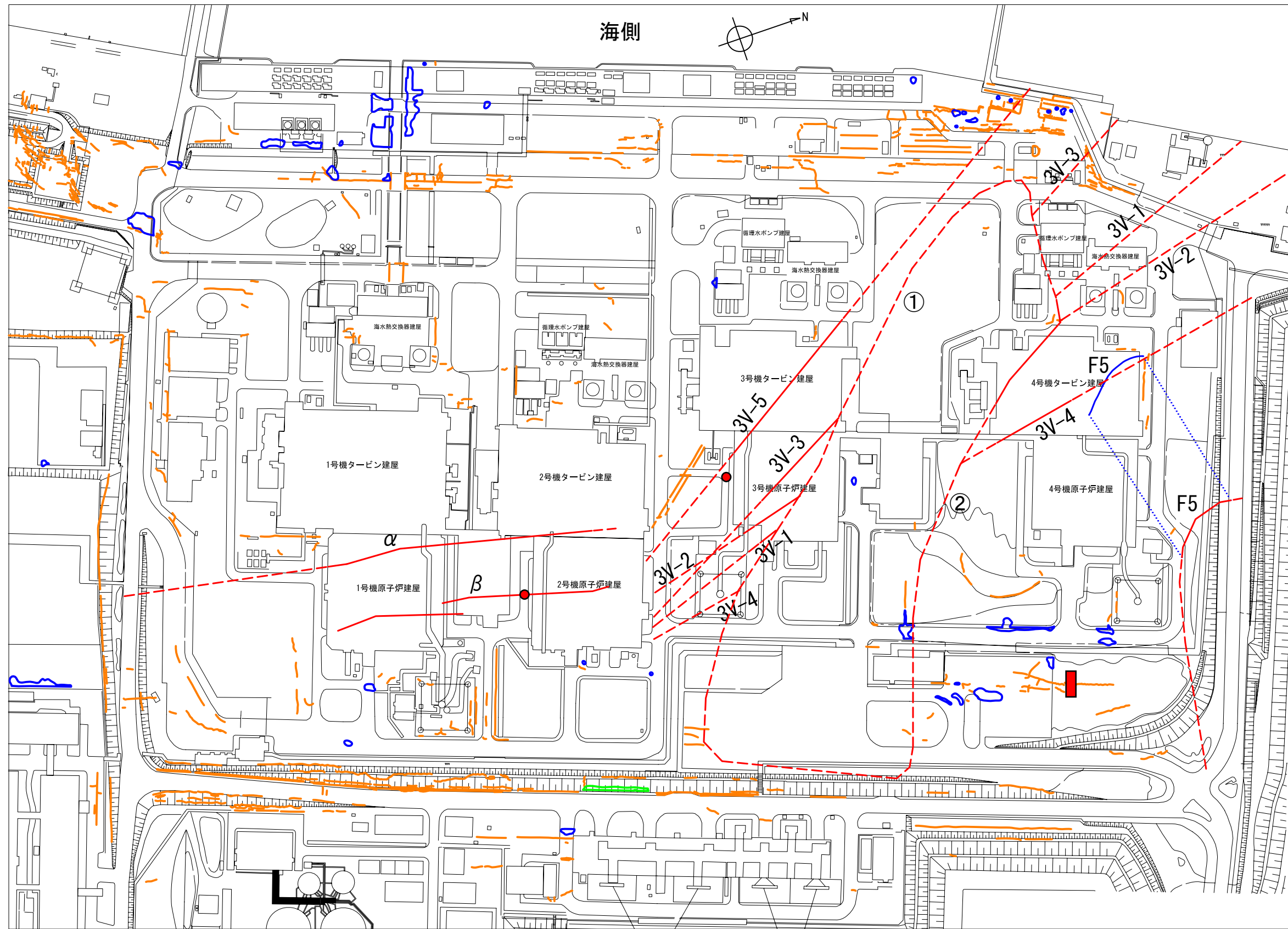


凡 例

|                                  |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|
| 亀 裂                              | ----- | ~~~~~ |
| 崩 落                              | ----- | ○     |
| 噴 砂                              | ----- | ○     |
| <b>活動性がないと判断した断層</b>             |       |       |
| 基礎掘削時に確認された断層を<br>傾斜方向に地表面に投影    | ----- | ---   |
| ボーリング調査などによる推定断層を<br>傾斜方向に地表面に投影 | ----- | ---   |
| 基礎掘削時に確認された断層のうち<br>低角度のものを真上に投影 | ----- | ---   |
| 立坑調査位置                           | ----- | ●     |



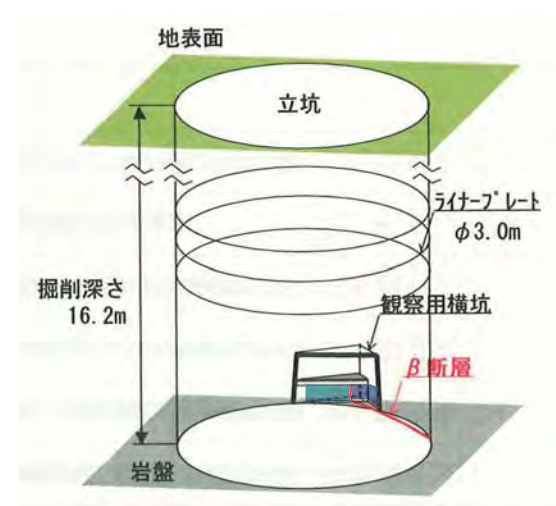
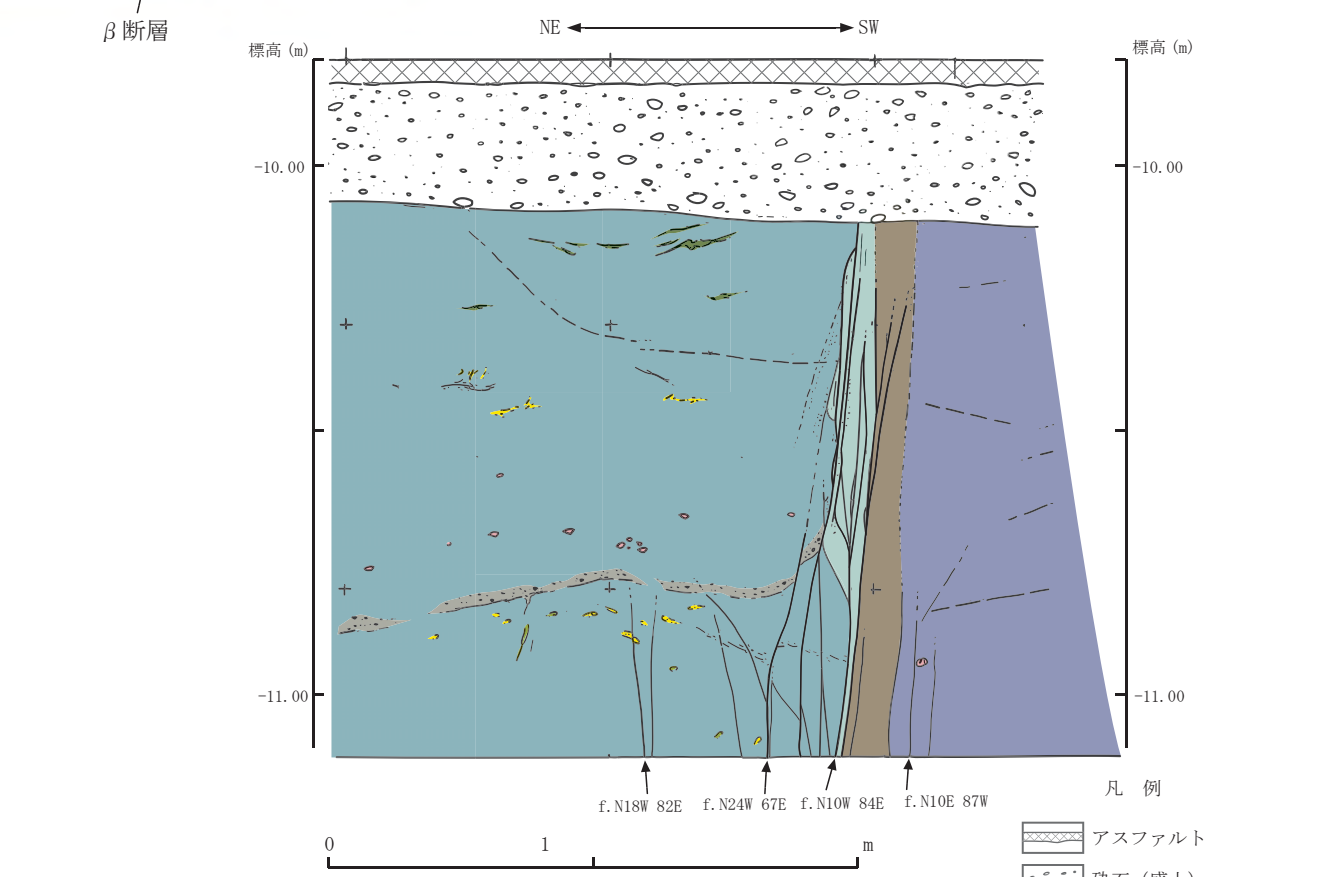
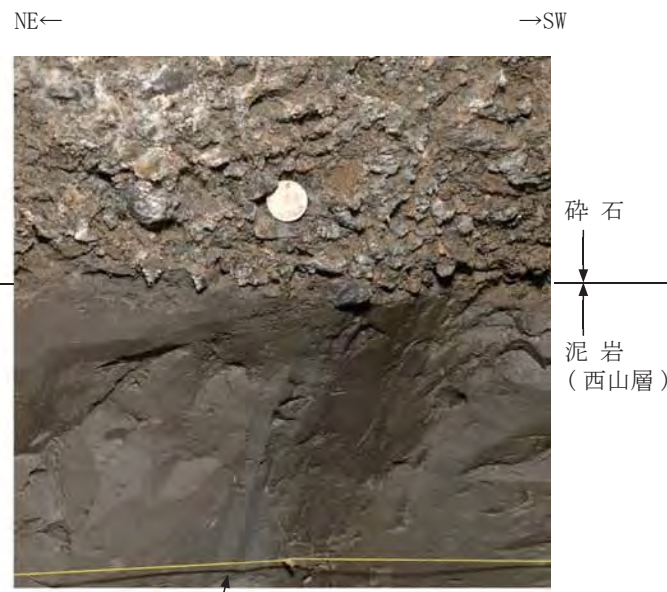
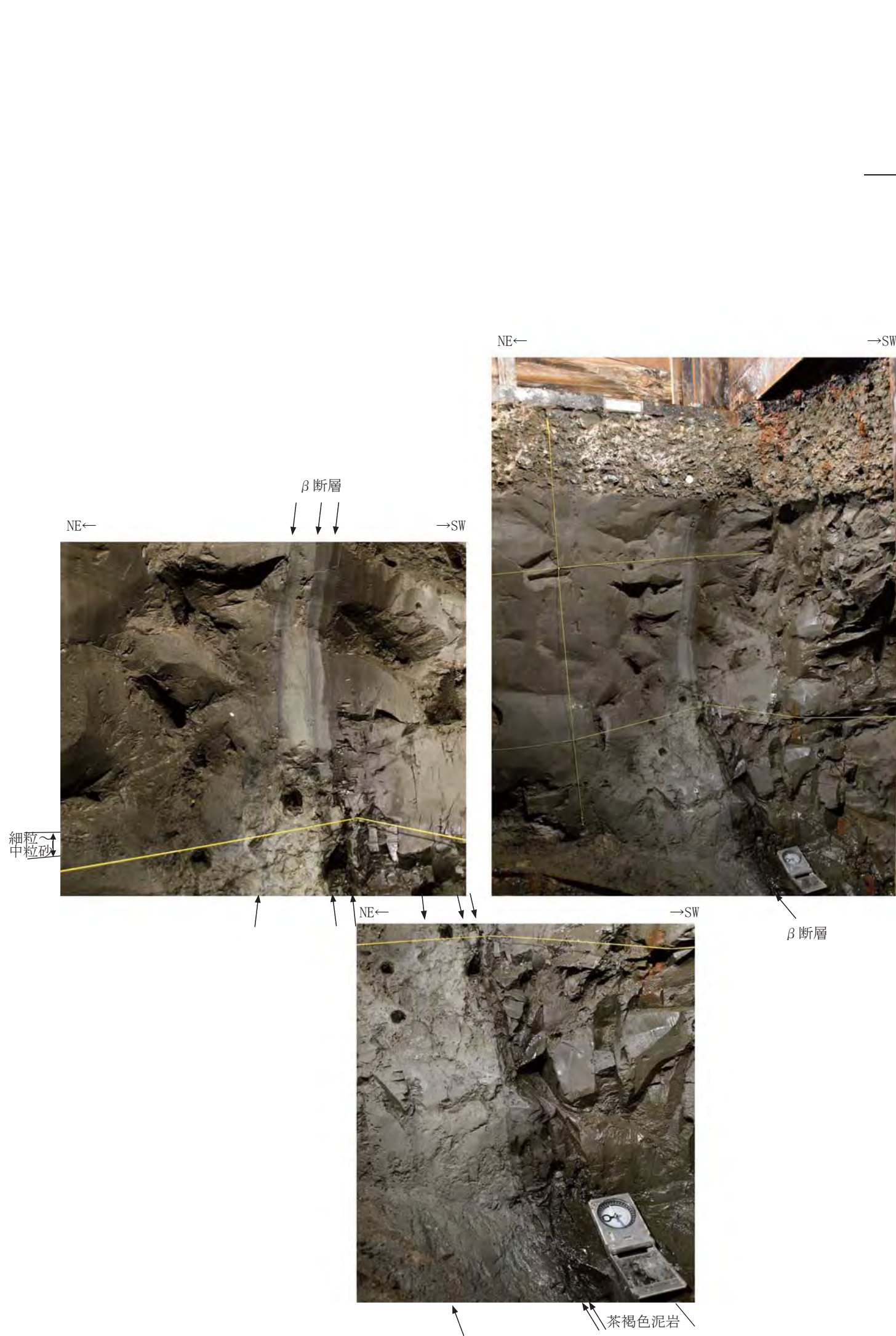
第3.2-14図(1) 敷地内断層と新潟県中越沖地震により発生した亀裂との関係 (5号~7号炉側)



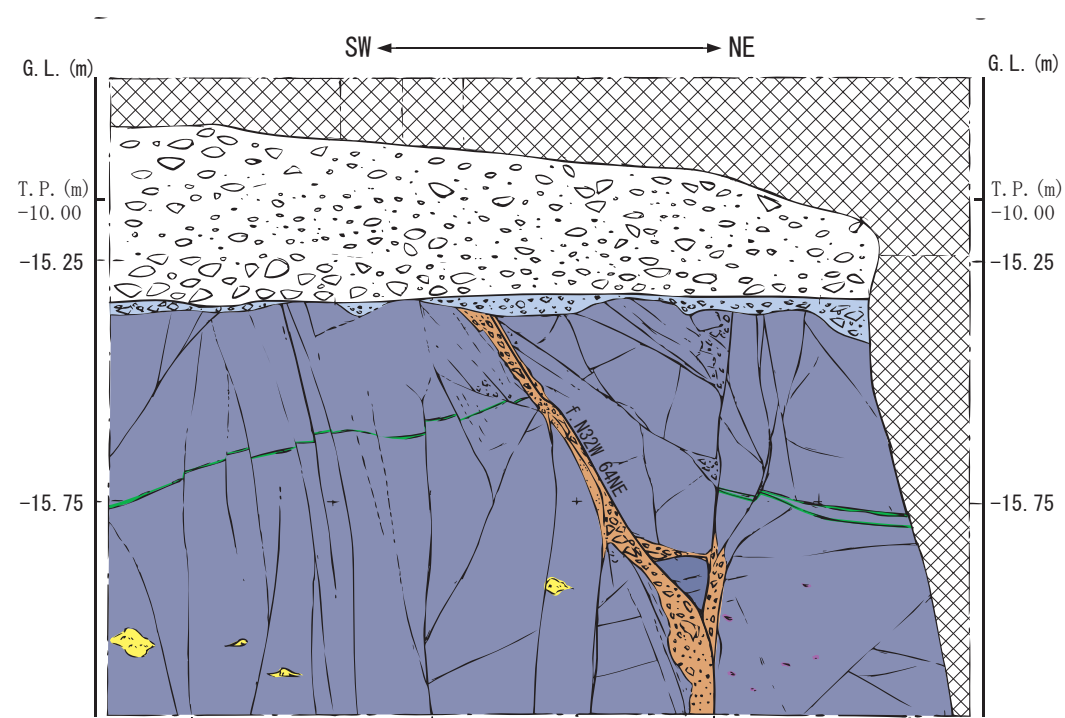
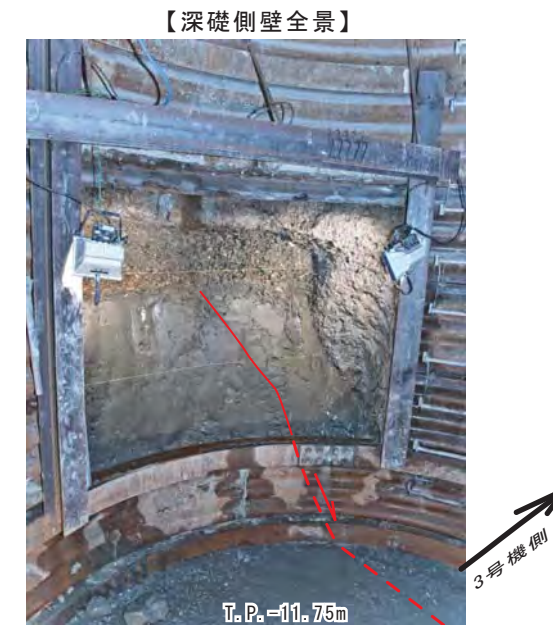
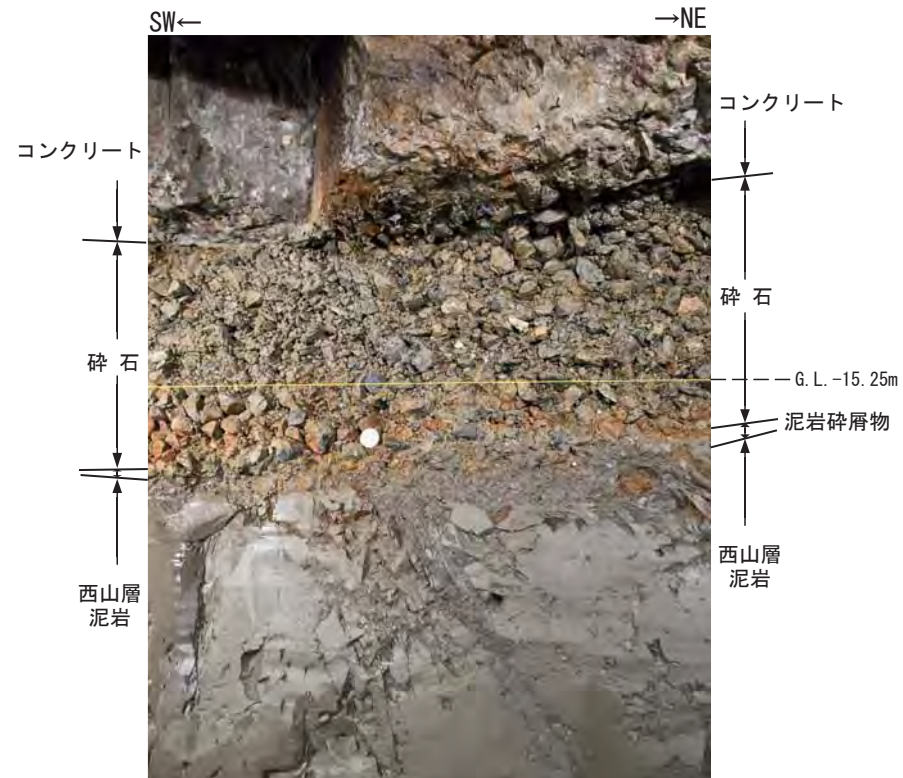
| 凡例                           |       |
|------------------------------|-------|
| 亀裂                           | ----- |
| 崩落                           | ----- |
| 噴砂                           | ----- |
| 活動性がないと判断した断層                |       |
| 基礎掘削時に確認された断層を傾斜方向に地表面に投影    | ----- |
| ボーリング調査などによる推定断層を傾斜方向に地表面に投影 | ----- |
| 基礎掘削時に確認された断層のうち低角度のものを真上に投影 | ----- |
| 立坑調査位置                       | ●     |
| トレンチ調査位置                     | ■     |

スケール (m) 0 100 200 300 400 500 600

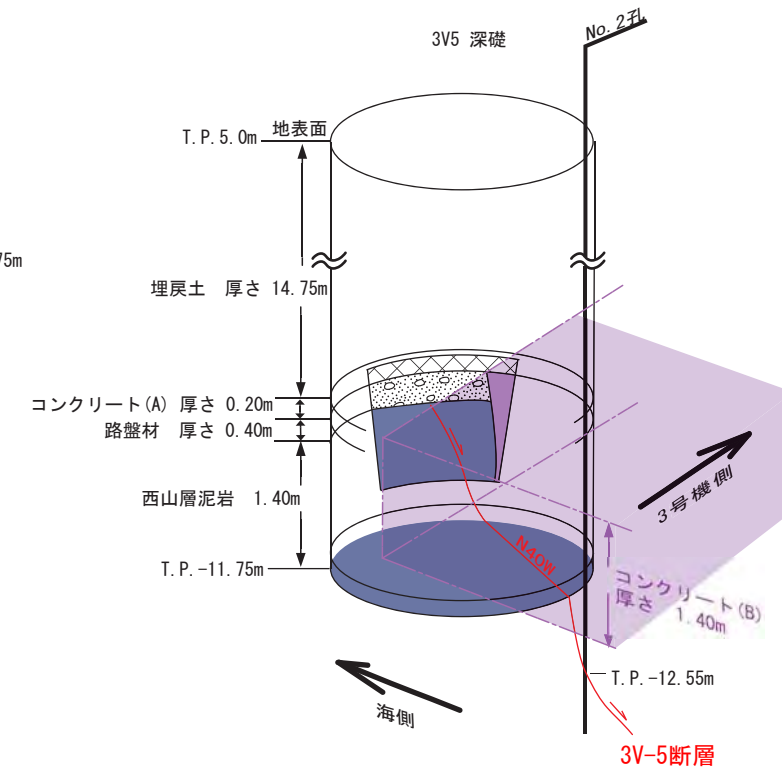
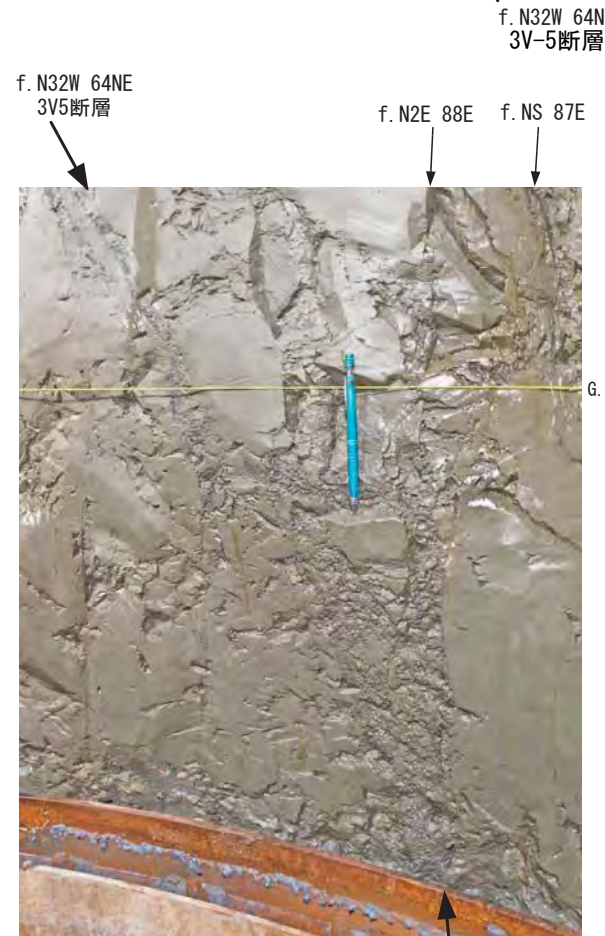
第3.2-14図(2) 敷地内断層と新潟県中越沖地震により発生した亀裂との関係 (1号~4号炉側)



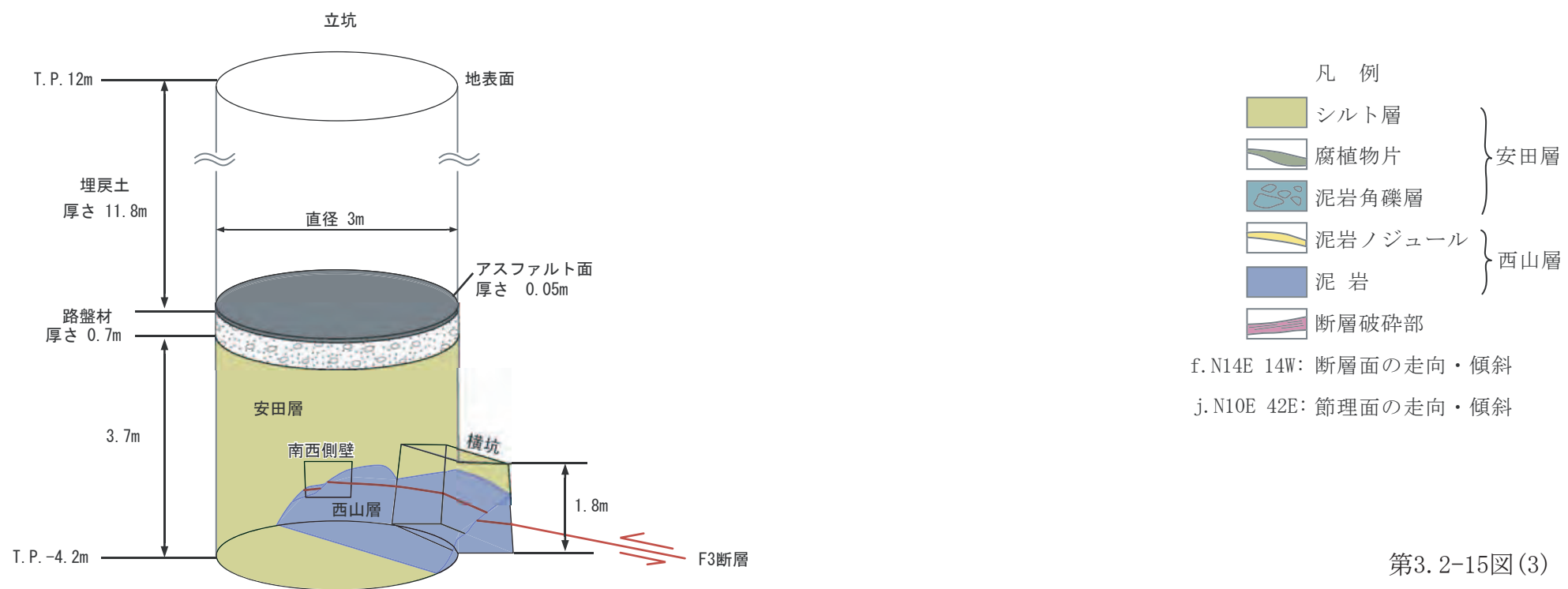
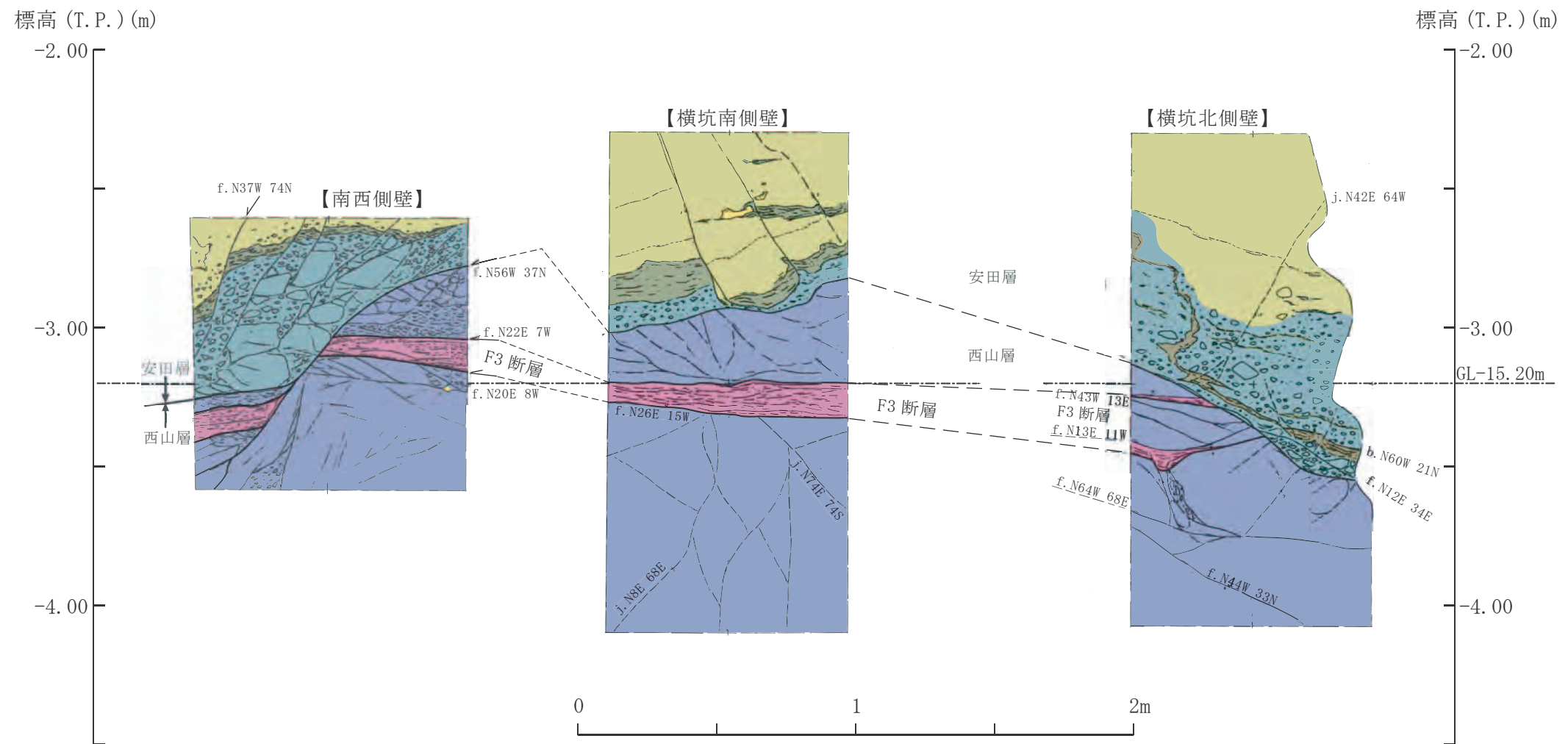
第3.2-15図(1) 敷地内断層の立坑調査結果 (β断層)



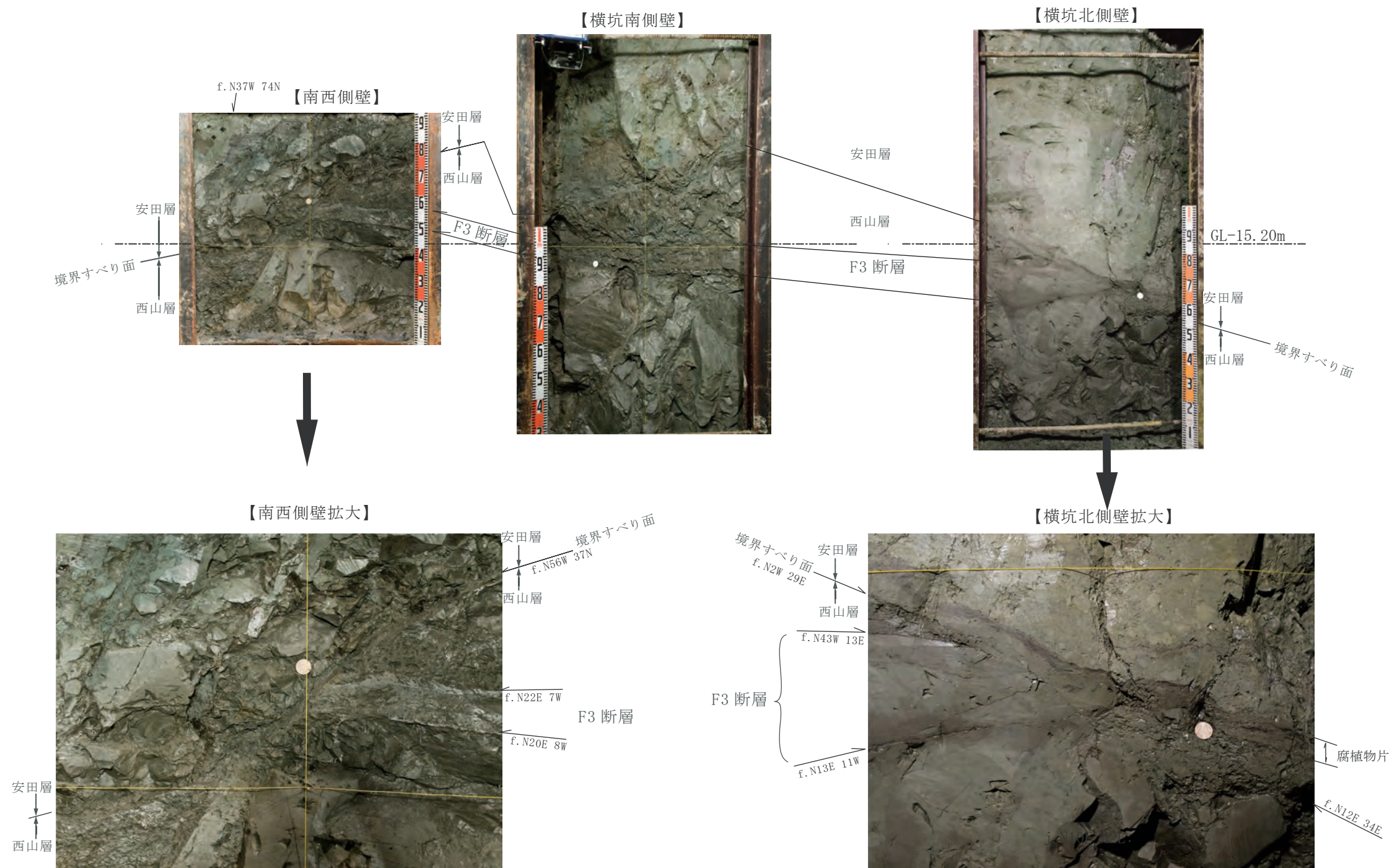
- 凡例
- コンクリート
  - 碎石
  - 泥岩碎屑物
  - 黑色葉理
  - 腐植物片
  - ノジュール
  - 塊状泥岩
  - 角礫状破砕部
- 人工堆積物
- 西山層
- f. N32W 64NE 断層面の走向・傾斜



第3.2-15図(2) 敷地内断層の立坑調査結果 (3V-5断層)



第3.2-15図(3) 敷地内断層の立坑調査結果 (F3断層)



第3.2-15図(4) 敷地内断層の立坑調査結果 (F3断層)



トレンチ掘削範囲



トレンチ南面全景



トレンチ北面全景

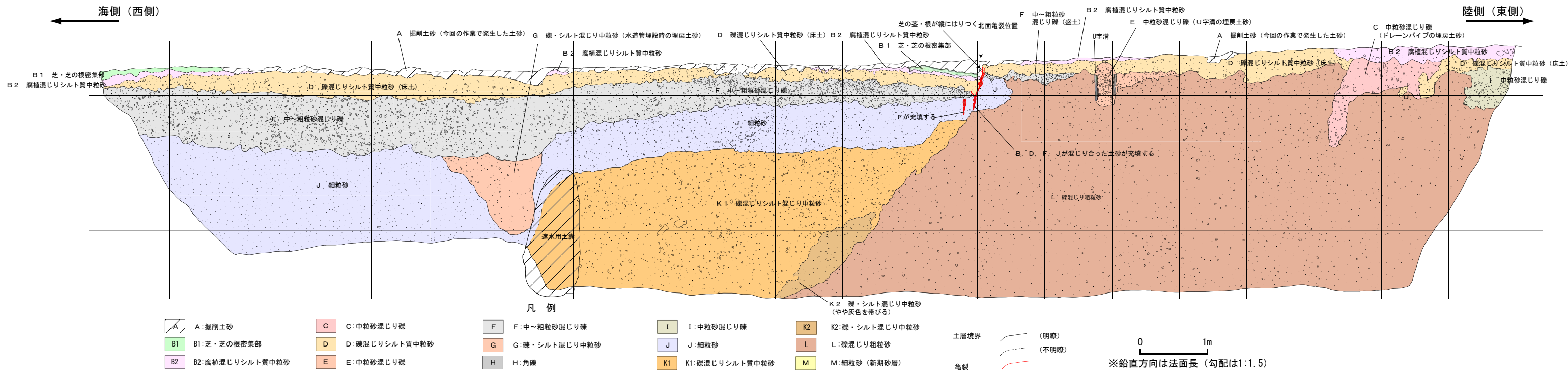
第3.2-16図(1) 敷地内亀裂のトレンチ調査結果





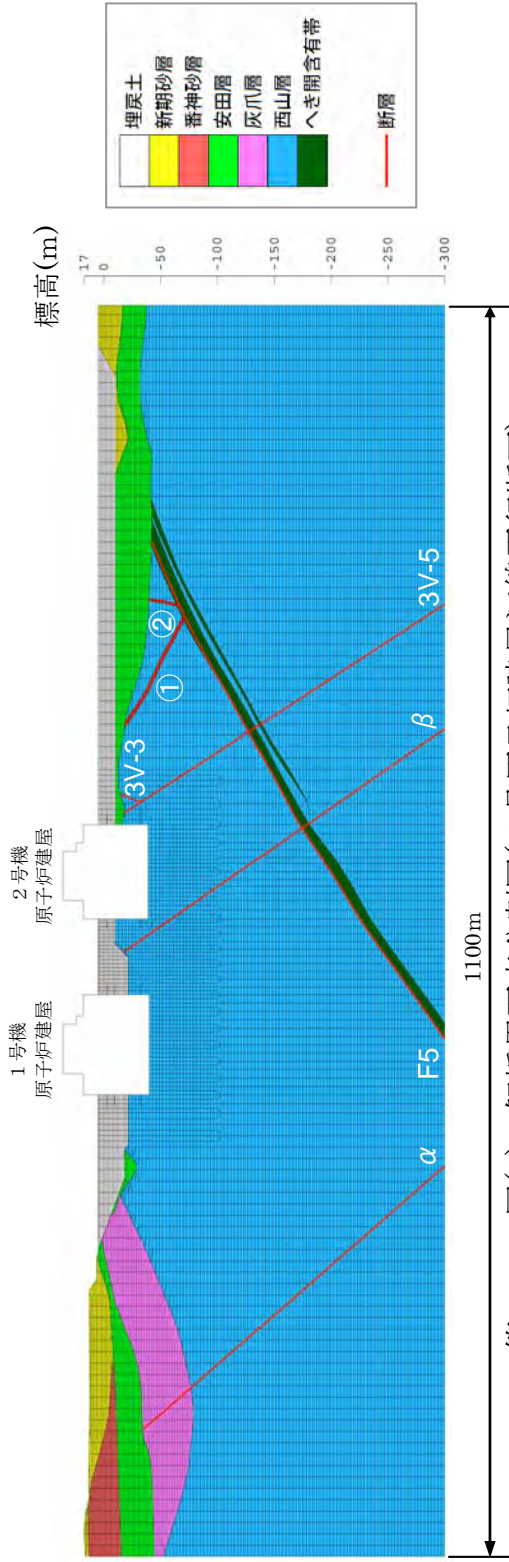


トレンチ写真 (北面)

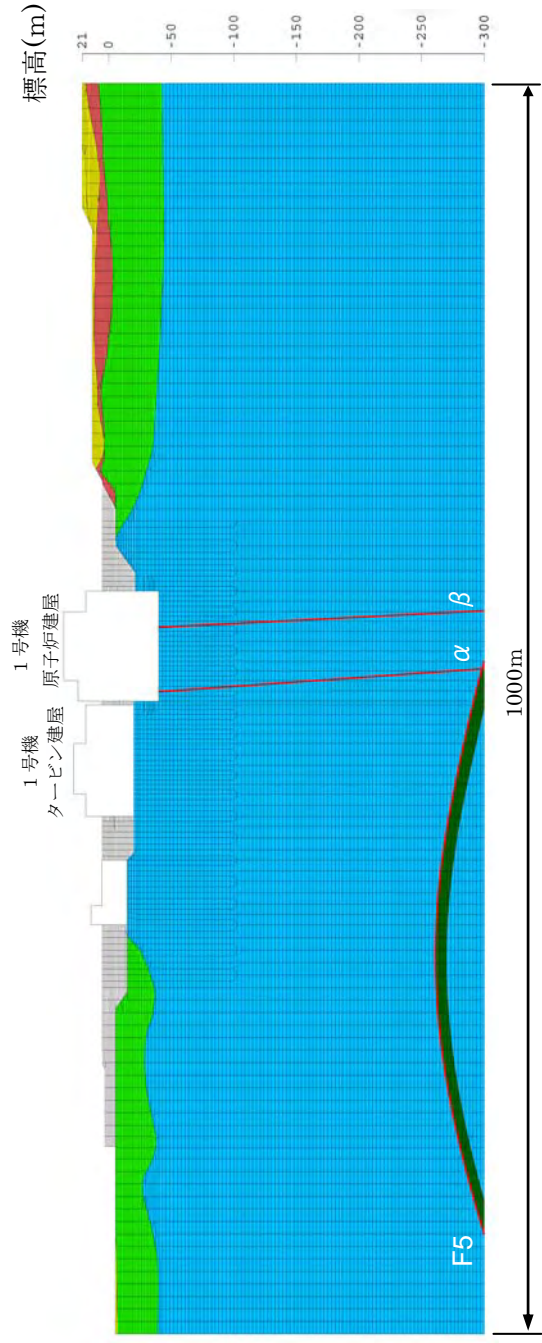


トレンチスケッチ (北面)

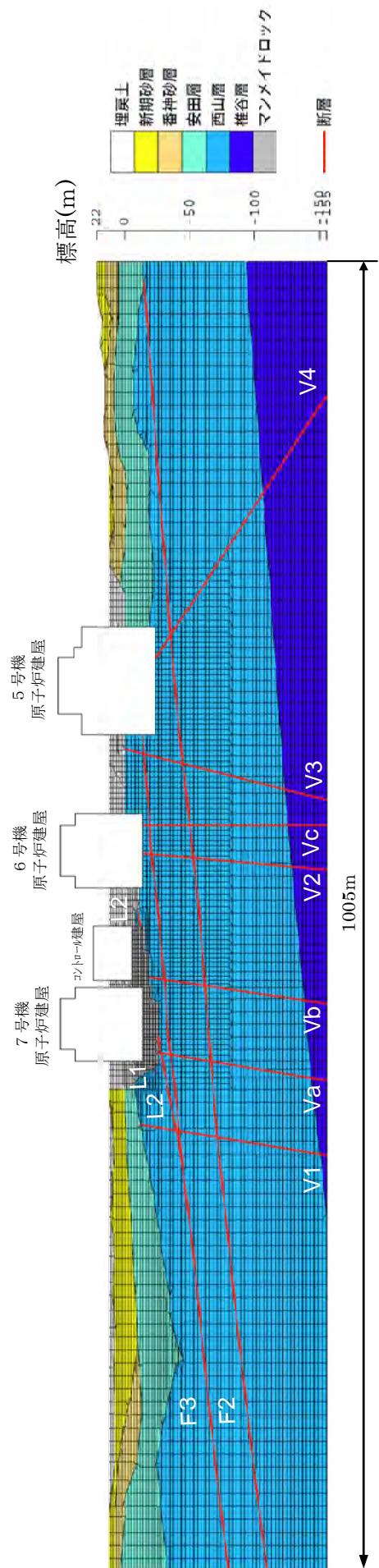
第3.2-16図(3) 敷地内亀裂のトレンチ調査結果



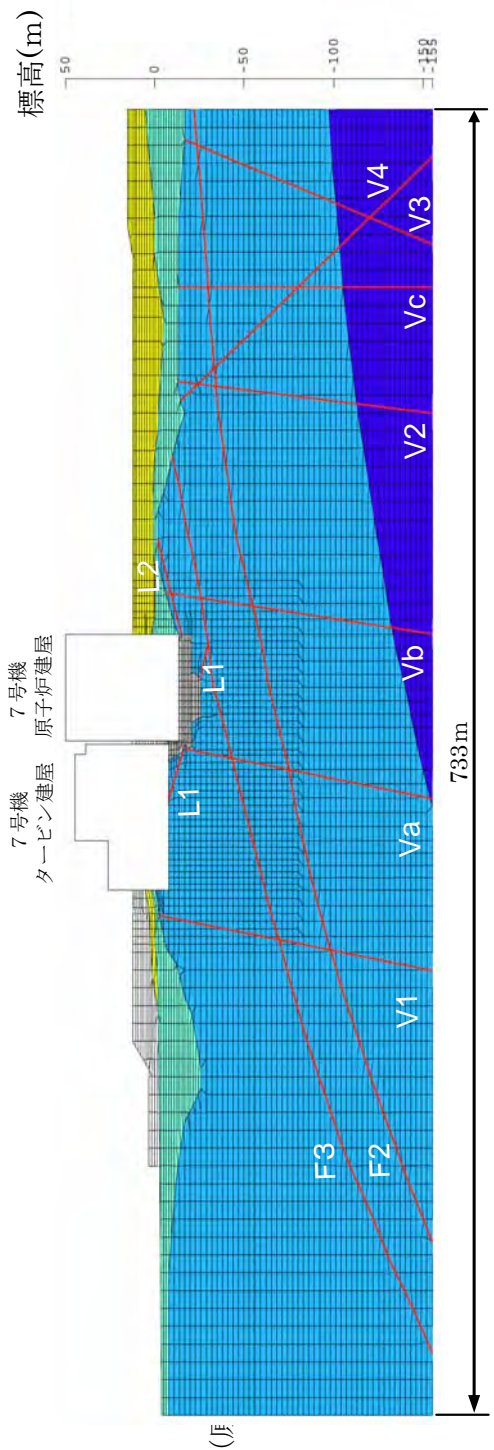
第3.3-1図(1) 解析用要素分割図(1号原子炉建屋汀線平行断面)



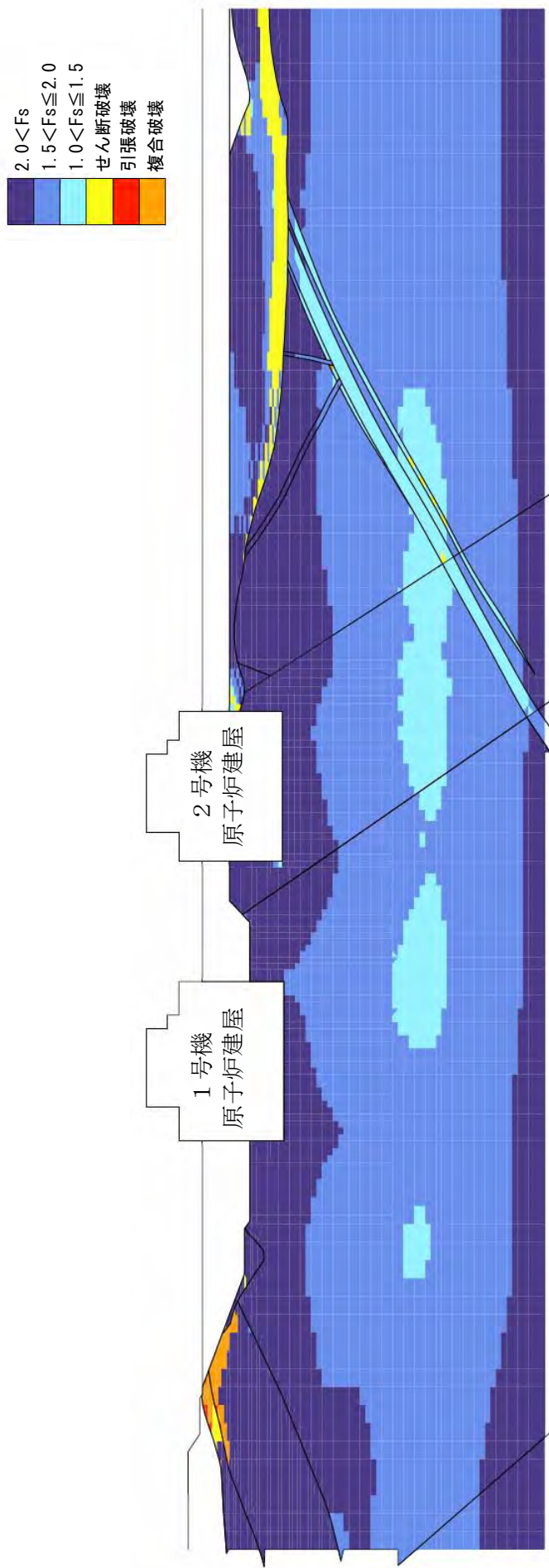
第3.3-1図(2) 解析用要素分割図(1号原子炉建屋汀線直交断面)



第 3.3-2 図(1) 解析用要素分割図(7号原子炉建屋江線平行断面)



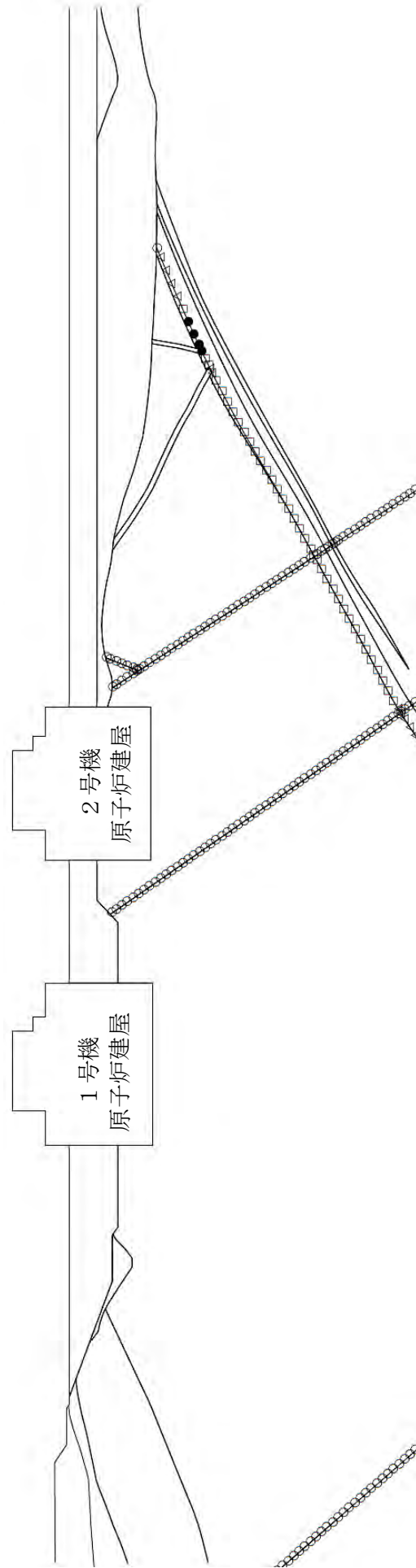
第 3.3-2 図(2) 解析用要素分割図(7号原子炉建屋江線直交断面)



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

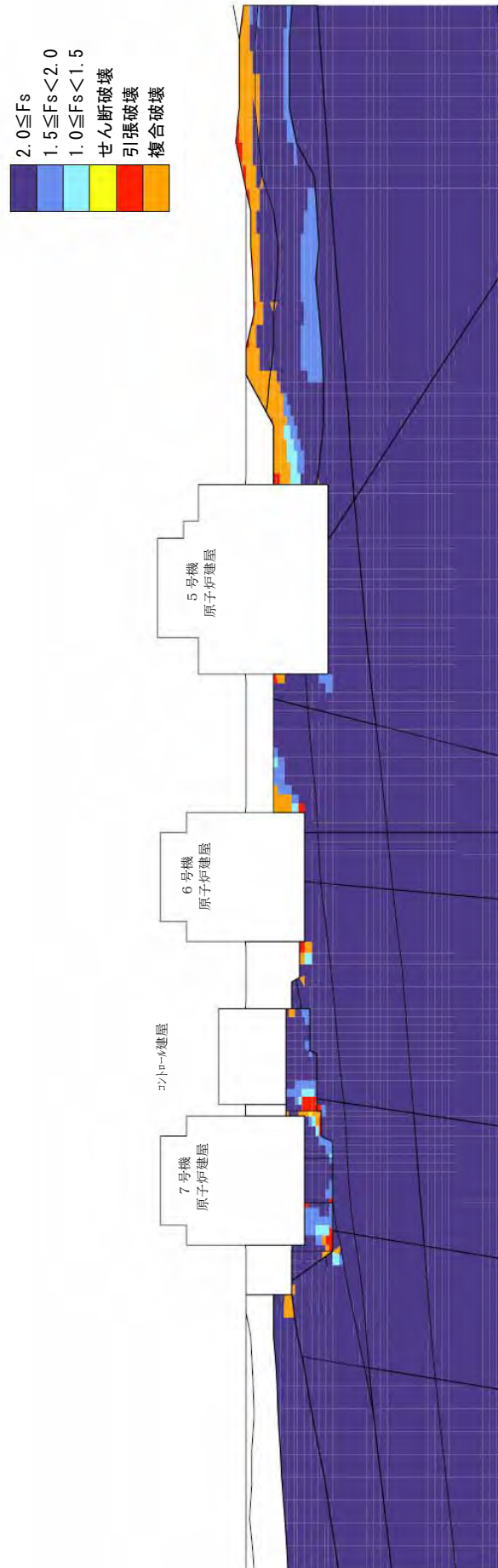
第 3.3-3 図(1) 要素ごとの安全係数 (1号原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面,  $Ss-1$ ,  $T=6.98$  秒)

- $2.0 < F_s$
- △  $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

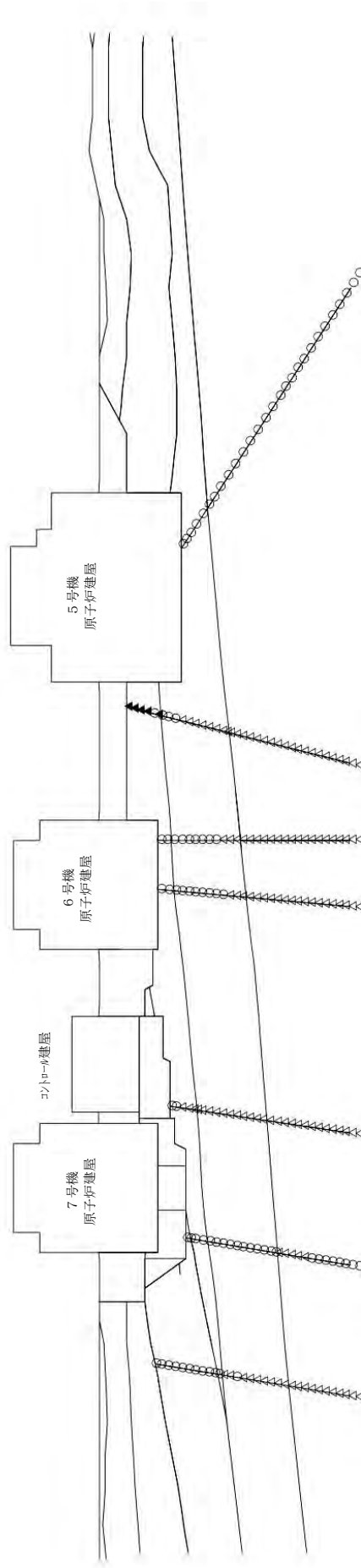
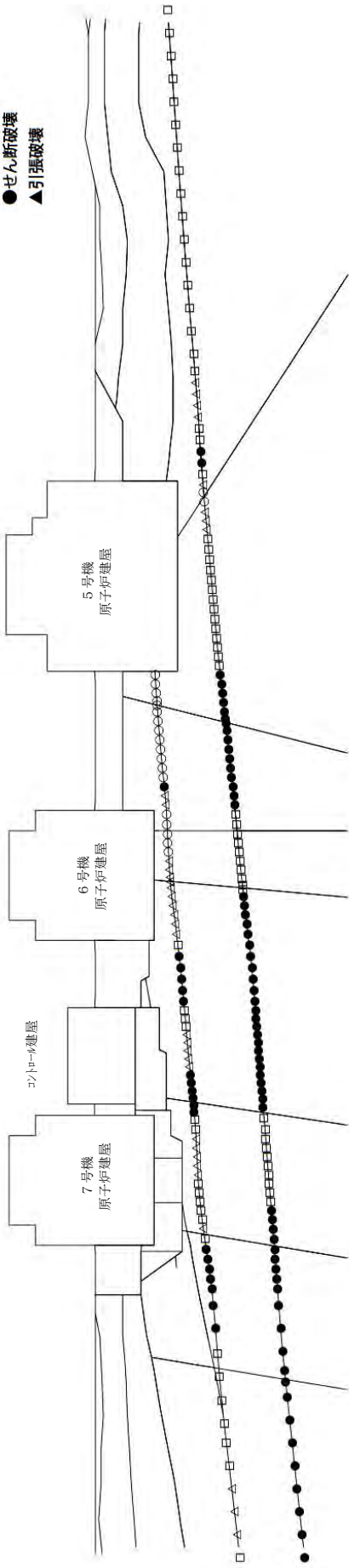
第3.3-3 図(2) 要素ごとの安全係数 (1号原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面,  $S_s=1$ ,  $T=6.98$  秒)



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 3.3-4 図(1) 要素ごとの安全係数 (7号原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-3, T=37.36 秒)

- $2.0 \leq F_s$
- △  $1.5 \leq F_s < 2.0$
- $1.0 \leq F_s < 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 3.3-4 図(2) 要素ごとの安全係数 (7号原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-3, T=37.36 秒)