

「基盤的調査観測対象断層帯の追加・補完調査」成果報告書 No.H17-2

高田平野断層帯の活動性および活動履歴調査

平成 18 年 5 月

独立行政法人
産業技術総合研究所

目 次

1 . 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究	1
2 . 調査結果	1
2 . 1 高田平野西縁断層帯	2
(1) 小出雲地区 (トレンチ調査 , ボーリング調査)	2
(1) - 1 地形地質	2
(1) - 2 トレンチ調査	2
(1) - 3 ボーリング調査	2
(2) 宮内地区 (トレンチ調査 , ボーリング調査)	3
(2) - 1 地形地質	3
(2) - 2 トレンチ調査	3
(2) - 3 ボーリング調査	4
2 . 2 高田平野東縁断層帯	4
(1) 青野地区 (反射法地震探査 , ボーリング調査)	4
(1) - 1 地形地質	4
(1) - 2 反射法地震探査	4
(1) - 3 ボーリング調査	5
3 . まとめ	5
3 . 1 断層帯の位置及び形態	5
(1) 断層帯を構成する断層	5
(2) 断層面の位置・形状	5
(3) 変位の向き	6
3 . 2 断層帯の過去の活動	6
(1) 平均変位速度	6
(2) 活動時期	6
(3) 1 回の変位量	7
(4) 活動間隔	7

(5) 活動区間	7
文 献	8
図 表	9

1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

高田平野は日本海東縁地域の新潟県南西部に位置し、北へ向かってV字状に開いた南北約 30 km、東西約 10 km の沿岸平野である。高田平野周辺では、江戸時代以降だけでも 3 回（1666 年、1751 年、1847 年）の大地震により被害を受けたことが記録されている（宇佐美，2003）。

この平野の東西両縁の地形境界が断層崖（西縁：鉢巻山断層，東縁：岩の原断層）であることが辻村（1948）により指摘されていたが、活断層としてはこの平野東縁の一部地域にしか認められていなかった（菅原断層：活断層研究会，1980，1991）。その後、平野の東西両縁に変位地形が認められ、活断層が連続的に分布することが、詳細な空中写真判読の結果に基づき指摘された（藤本，1999；渡辺ほか，2002；池田ほか，2002）。高野ほか（2003）は、平野東縁に分布する断層を高田平野断層群（日根津断層，六万部断層，水科断層，飯田断層，木成（こなり）断層，麻苧田（あそだ）断層）と総称するとともに、その南延長に五反田・蔵々（ぞうぞう）断層と松ヶ峯・いもり池変位帯が存在すると推定している。南延長の断層のうち、高床山西縁を走る五反田・蔵々断層は、高田平野団体研究グループの高床山断層および柳沢ほか（2001）の山越断層にあたる。徐・大木（1997）は地下水の温度異常地帯の分布から平野東縁に伏在活断層が存在することを指摘した。

断層の平均変位速度について、池田ほか（2002）は東西両縁とも 0.1 m/千年程度、渡辺ほか（2003a）は東西両縁とも 0.3 m/千年程度以上であると指摘している。さらに、渡辺ほか（2003b）は、平野東縁の青野地区においてジオスライサー等による調査を実施し、最新活動が 3000 年前以降、一つ前の活動時期は 3000-4500 年前である可能性が高いことを指摘している。

2. 調査結果

本調査では、高田平野断層帯の活動履歴、平均変位速度および地下構造を明らかにすることを目的として、高田平野西縁断層帯の小出雲、宮内の 2 地点、高田平野東縁断層帯の青野地点において、地形地質踏査、トレンチ掘削調査（2 地点）、試錐調査（3 地点）、反射法地震探査（1 測線）を実施した。

2.1 高田平野西縁断層帯

(1) 小出雲地区(トレンチ調査, ボーリング調査)

(1)-1 地形地質

小出雲地区は高田平野の南端部に位置する(図1)。この付近では, 平野西縁を南北に走る西側上がりの高田平野西縁断層と, 平野東縁を北東南西方向に走る東側上がりの高田平野東縁断層が接近し, U字型に連続する特異な形状を示している。本地域には主に妙高火山を起源とした形成時期を異にする複数の火砕流や岩屑流の堆積面が分布しており, これら堆積面を南側上りに変位させる撓曲崖が認められる(図2)。早津(1985)によれば, これら火砕流や岩屑流は, 高位の面は渋江川火砕流堆積物(約11-13万年前: 表3)によって, また, その周縁に分布する下位の面は二本木岩屑流堆積物によって構成されている。

(1)-2 トレンチ調査

火砕流堆積面を開析して流れる渋江川の平野出口付近において, 撓曲崖基部の延長上にあり, 河川と直交する方向の低崖を横切って, 長さ約15m, 深さ約3mのトレンチを掘削した(図3)。

トレンチ壁面では, 北へ約40°傾斜した渋江川火砕流堆積物と, それを傾斜不整合で覆う未固結の土石流性堆積物(層厚約2m), およびその上位の無層理の細砂~シルト層が観察された。またトレンチ北端部では, 渋江川火砕流堆積物と土石流堆積物の間に二本木岩屑流堆積物が確認された(図4)。

壁面では, 平野側を沈降させる北側低下の断層面を確認することができなかった。一方で, 北へ傾いた渋江川火砕流堆積物の層理面と平行な滑り面を持つ平野側上りの逆断層(図5)が認められ, 上位の土石流堆積物や細砂~シルト層を変位させることが確認された。断層の上端は, 人工攪乱を受けた表土によって覆われている。地表には平野側が上昇する低断層崖は認められないが, 地表面付近の表土は人為的な攪乱を受けた可能性が高く, 本断層の活動による変位は地表に達していた可能性がある。

断層による変位を受けている細砂~シルト層からは, 4,580~4,430 および 3,900~3,720 calyBP の年代値が得られており, この年代以降に断層の最新活動があったことが推定される。また, 表土からは1,050~920 および 970~790 calyBP の年代が得られている。

(1)-3 ボーリング調査

トレンチ壁面に見られる渋江川火砕流堆積物が平野側に大きく傾くこと, 平野側が低

下する断層が認められなかったことから、トレンチは撓曲変形帯の途中にあたると判断される。ボーリングはトレンチの長軸方向の測線上に4本(0i-1~0i-4)掘削した。トレンチ溝より平野側に掘削した3本(0i-1, 0i-2, 0i-4)の試錐では、いずれも渋江川火砕流堆積物と岩屑流堆積物が確認され、両堆積物とも北側ほど深くなる。コア中に確認される両堆積物の境界は、南側の2本(0i-1, 0i-4)では傾斜した構造であるのに対し、一番北側(0i-2)のコアではほぼ水平となる。このことから、撓曲帯は0i-2より南側に限定されると推定される(図6)。

この撓曲変形帯を挟んで隆起側にある渋江川火砕流堆積面(約11~13万年前)、二本木岩屑流堆積面(約3~4万年前)の高度と、低下側で掘削したボーリングコアに見られる両層の上面高度を比較し、その差を両層堆積以降の変形量と考えると、渋江川火砕流で約60m、二本木岩屑流で約33mとなる(図7)。ただし、隆起側にある両堆積面は山側へ逆傾斜するなど変形が大きく、堆積時の勾配を考慮していないため、現段階ではおおよその値である。本来ならば原傾斜を考慮して上下変位量を求めなければならないが、渋江川火砕流堆積面は撓曲崖の背後で異常傾斜を示しており、二本木岩屑流堆積面もその影響を受けていると思われるため、両地形面の本来の傾斜を復元することは困難であると判断し、ここでは単純に崖上から0i-2のボーリングコアにおける地層の上限高度までの比高を求めている。

(2) 宮内地区(トレンチ調査, ボーリング調査)

(2)-1 地形地質

本地区は平野の西縁を境する断層の南部地域にあたる。山地・平野境界付近には高位段丘が幅狭く分布し、その東縁は東へ向かって撓曲しており、その基部に断層が存在すると推定されている(渡辺ほか, 2002)。平野の内縁には平山面より下位の段丘面が分布し、その面上に西側隆起の低崖(比高0.5~1m)が2列認められる。

(2)-2 トレンチ調査

平野側へ傾斜する段丘面上を南北に横切る東側低下の低崖を跨いでトレンチを掘削した(図8)。トレンチ壁面では、段丘を構成するシルト層とシルト質砂層を撓曲変形を伴いながら変位させ、低崖基部へと連続する西傾斜の逆断層を見出した(図9, 図10)。砂の薄層(黄色)を基準としたときの断層による上下変位量は、断層近傍の撓み変形の分も考慮すると40~50cmと算出される。後述のボーリング調査結果を参照すると、トレンチ地点は撓曲構造の途中にあると判断され、この構造を形成する断層がより平野側に存在する可能性がある。したがって、トレンチに見られる逆断層は、撓曲構造から派

生じた断層と考えられる。

ローム層を削り込んだ部分に含まれる腐植分から得られた年代(10,390-10,230 calyBP)は、段丘構成層の離水時期が少なくともそれ以前であることを支持するものと考えられる。断層面上端は、人工的に削られた後に堆積した腐植土壌に覆われる。しかし、この腐植土壌は、人工的にかく乱されている可能性が高いので、ここから得られた年代値が腐植土層の堆積年代を直接的に示すかどうかについては疑問が残る。

(2)-3 ボーリング調査

トレンチの平野側で行ったボーリング調査の結果、段丘構成物は沖積面下でさらに東へ傾き下がることが確認された(図11)。礫層(岩屑流堆積物)の上限は東に向かって高度を減じており、段丘面の撓曲変形が連続していると考えられる。トレンチ西端とボーリングMi-3との間では、段丘堆積物の上限高度に約6mの高度差が認められる。撓曲変形はさらに東まで続いている可能性があるため、この高度差は段丘面形成以降における上下変位量の最小値としてみるができる。段丘構成層を覆う沖積層から年代が得られているが、沖積層堆積以降にこの撓曲構造の成長がなかったと限定することは困難である。

2.2 高田平野東縁断層帯

(1) 青野地区(反射法地震探査, ボーリング調査)

青野地区では、3本のボーリング調査と反射法地震探査(測線長2km)を実施した(図12)。本調査では、沖積層の基底を指標としたやや長期的な平均変位速度を得ることと、地下地質構造を明らかにすることを主な目的とした。

(1)-1 地形地質

この地区では、沖積面にほぼ南北走向で東側上がりの撓曲変形が認められる。地形断面測量結果に基づくと、撓曲変形によって生じた高度差は、約2.5mである。また、撓曲帯の東側では、段丘面(L面)が東へ向かって逆傾斜していることが空中写真を用いた地形判読から読み取れる。

(1)-2 反射法地震探査

反射法地震探査は、撓曲帯をほぼ中心とする長さ約2kmの測線で実施された。探査結果から、撓曲帯の地下には、東へ約30~40度傾斜した断層面が存在することが確認さ

れた(図 13)。断層の上端部は CMP300 付近で地表付近に達するが、その位置はちょうど撓曲帯の基部(平野側から地形面を追ってきたときの傾斜変換部)にあたる。また、CMP520 付近で地表に現れる西傾斜の副断層の存在が伺える。断層よりも平野側では明瞭な反射面がほぼ水平に連続する。断層付近では、下盤側の反射面が上方に引きずり上げられたような形状を示す。断層の東側では、東傾斜した単斜構造が深度 800 m 付近まで連続している。

(1)-3 ボーリング調査

撓曲帯を挟んで 3 本のボーリング(Ao-1 ~ Ao-3)を掘削し、コアから採取した炭化物について¹⁴C年代を測定した。その結果、Ao-1 とAo-3 との間において、約 7500 年前の年代を示す腐植質な層準(P3)に 6.5 m、約 9500 年前の年代を示す腐植質な層準(P1)に 21 m の高度差があることが分かった(図 14)。P3 を指標とすると、上下平均変位速度は約 0.9 m / 千年と算出される。一方、P1 を基準とした場合には約 2.2 m / 千年の上下平均変位速度となるが、後氷期における急速な海水準上昇にともなう堆積速度の急増による影響が考えられるので検討が必要である。

3. まとめ

3.1 断層帯の位置及び形態

(1) 断層帯を構成する断層

高田平野西縁断層帯

渡辺ほか(2002)による。渡辺ほか(2002)の図から読み取れるこの断層の長さは、約 18km であるが、さらに海域に延びる可能性が指摘できる。

高田平野東縁断層帯

渡辺ほか(2002)による。その長さは図上の読み取りから約 26km である。ただし、高野ほか(2003)が図示した日根津断層はこの断層よりも北へ約 5km 延びると推定されている。また、南延長については、山越断層(長さ 12 km; 柳沢ほか, 2001)、五反田・蔵々断層(高野ほか, 2003)へ連続する可能性がある。

(2) 断層面の位置・形状

高田平野西縁断層帯

断層面の深さについては、変位地形が地表に現れていることから地表付近に達していると推定される。小出雲地区や宮内地区における調査結果のように地表で確認される断

層は副次的な断層であり，主要な断層は完全に地表までは達していない可能性がある．
高田平野東縁断層帯

断層面の深さについては，変位地形が地表に現れていることから地表付近に達していると推定される．青野地区で実施した反射法地震探査の結果からは，この地点においては東へ 30～40 度傾斜した断層が地表付近まで到達していることが確認された．

(3) 変位の向き

高田平野西縁断層帯

主として西側隆起の逆断層である．

高田平野東縁断層帯

主として南東側隆起の逆断層である．平野の南端部では，ほぼ東西方向に撓曲崖が分布し，南上がりの逆断層が存在すると推定される．

3. 2 断層帯の過去の活動

(1) 平均変位速度

高田平野西縁断層帯

小出雲地区では，渋江川火砕流堆積物(約 11～13 万年前)と二本木岩屑流堆積物(約 3～4 万年前)の上下変位量から，0.5-1.1m / 千年の上下平均変位速度が算出される．

高田平野東縁断層帯

青野地区では，ボーリング調査で確認された P3 層準(約 7500 年前)の上下変位量から，約 0.9m / 千年の上下平均変位速度が算出される．

なお既存研究においては，池田ほか(2002)が東西両縁の断層とも 0.1m / 千年程度，渡辺ほか(2003a)が 0.3m / 千年程度以上と推定している．

(2) 活動時期

高田平野西縁断層帯

小出雲地区では，トレンチ調査の結果から，3,900～3,720 calyBP 以降に断層の最新活動があったことが確認された．断層を覆う表土からは 1,050～920 および 970～790 calyBP の年代が得られているが，人工攪乱を受けている可能性があるため，この年代値が表土の形成時期を示している信頼性は低い．また，トレンチで確認された断層は副次的な断層であるため，これが主要な断層の最新活動を示しているかどうかは不明である．

宮内地区では、トレンチを掘削した段丘面形成以降に断層活動が生じたことが確認されたが、段丘面の形成年代が約1万年前以前としかわかっていない。断層を覆う表土からは 645 calyBP~modern の値を示す年代値が得られているが、人工攪乱を受けている可能性が高く、この年代値が表土の形成時期を示している信頼性は低い。

高田平野東縁断層帯

青野地区では、渡辺ほか(2003)により、最新活動が3000年前以降、一つ前の活動時期は3000-4500年前である可能性が高いことが指摘されている。

(3) 1回の変位量

高田平野西縁断層帯

小出雲地区では、トレンチ調査で約50cmの断層変位が確認されたが、これは副次的な断層であり、主要な断層の変位量は不明である。

高田平野東縁断層帯

青野地区では沖積面にみられる2.5mの高度差が最新断層活動によって生じた可能性がある。なお、渡辺ほか(2003b)はこの高度差を1.5mとしている。

(4) 活動間隔

高田平野西縁断層帯

今回の調査結果では、複数の活動時期が確認されていないため、活動間隔は不明である。

高田平野東縁断層帯

渡辺ほか(2003)では、平野東縁の青野地区において4500年前以降に2回(4500年前以降3000年前以前および3000年前以降)の断層活動が推定されており、これに従えば、東縁断層の平均活動間隔は1500~4500年となる。

(5) 活動区間

両断層帯ともに具体的なデータは得られていない。

文 献

- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編（2002）第四紀逆断層アトラス．東京大学出版会，254p.
- 宇佐美龍夫（2003）最新版日本被害地震総覧 [416]-2001．東京大学出版会，605p.
- 活断層研究会編（1980）日本の活断層-分布図と資料-．東京大学出版会，
- 活断層研究会編（1991）新編日本の活断層-分布図と資料-．東京大学出版会，437p.
- 徐 輝竜・大木靖衛（1997）：新潟県高田平野の伏在断層について．日本地震学会講演予稿集，182-182．
- 高野武男・長谷川正・山田雅晴・米山正次（2003）：新潟総会版「上越の大地をさぐる巡検会」--高田平野形成の秘密をさぐる--．地学団体研究会第 57 回新潟総会巡検案内書，17-30．
- 辻村太郎（1948）断層地形論考．古今書院，397p.
- 藤本大介（1999）：断層活動に注目した高田平野の地形発達．日本地理学会発表要旨集，55，60-61．
- 柳沢幸夫・金子隆之・赤羽貞幸・栗田泰夫・釜井俊孝・土屋信之（2001）飯山地域の地質．地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所．144p.
- 渡辺満久・堤 浩之・宮内崇裕・金 幸隆・藤本大介（2002）1:25,000 都市圏活断層図「高田」，国土地理院技術資料D・1-No. 396.
- 渡辺満久・後藤秀昭・澤 祥（2003a）：高田平野の活構造．日本地理学会 2003 年度秋季大会発表要旨集，64，116．
- 渡辺満久・後藤秀昭・澤 祥（2003b）：高田平野東縁断層の活動履歴．日本地震学会講演予稿集秋季大会，C022．

図 表

表 1 高田平野断層帯のまとめ（高田平野西縁断層帯）

表 2 高田平野断層帯のまとめ（高田平野東縁断層帯）

表 3 調査地周辺における主な層序とその年代

各示標層の特徴および他地域の示標層との対比は早津（1985）に従った。

示標層名のうち、太字は本研究に係る示標層。

表 4 高田平野断層帯小出雲地区トレンチ及びボーリングコアから採取された試料の年代測定結果

試料の分析は（株）加速器分析研究所に依頼した。計測方法はすべて AMS 法とし、暦年較正には Stuiver et al. (1998) の補正曲線を用い、OxCal v3.9 (Ramsey, 2003) で計算した。

表 5 高田平野断層帯宮内地区トレンチ及びボーリングコアから採取された試料の年代測定結果

試料の分析は（株）加速器分析研究所に依頼した。計測方法はすべて AMS 法とし、暦年較正には Stuiver et al. (1998) の補正曲線を用い、OxCal v3.9 (Ramsey, 2003) で計算した。

表 6 高田平野断層帯青野地区ボーリングコアから採取された試料の年代測定結果

試料の分析は（株）加速器分析研究所に依頼した。計測方法はすべて AMS 法とし、暦年較正には Stuiver et al. (1998) の補正曲線を用い、OxCal v3.9 (Ramsey, 2003) で計算した。

図 1 高田平野断層帯と調査地点位置

基図には国土地理院発行「数値地図 50000」を使用した。断層トレース及び断層名は「1:25,000 都市圏活断層図『高田』（渡辺ほか, 2002）」に従った。四角は高田周辺で発生した被害地震の震央位置と規模を示す（宇佐美, 2003）。

図 2 小出雲地区周辺の地形分類図

基図には国土地理院発行 1/25,000 地形図「新井」「重倉山」を用いた。地形面区分は早津(1985)を基に、写真判読結果に基づき一部を変更した区分を示したが、今後詳細な現地調査が必要と考える。断層線は 1/25,000 都市圏活断層図「高田」(渡辺ほか, 2002)に従っている。A-A, B-B は図 7 に示した地形断面の測線位置を示す。

図 3 小出雲地区周辺の地形分類図

基図には国土地理院発行 1/25,000 地形図「新井」「重倉山」を用いた。地形面区分は早津(1985)を基に、写真判読結果に基づき一部を変更した。断層線は 1/25,000 都市圏活断層図「高田」(渡辺ほか, 2002)に従っている。A-A, B-B は第 7 図に示した地形断面の測線位置を示す。

図 4 トレンチ壁面の写真と年代測定結果

掘削地点は図 2 に示す。グリッドは垂直・水平ともに 1 m 間隔であり、垂直方向については壁面長で示してある。年代測定については(株)加速器分析研究所に依頼した。計測方法はすべて AMS 法であり、測定値が 25,000 yBP 以下の試料については, 0xCal v3.10 (Ramsey, 2005) で暦年較正を施した。補正曲線には, Stuiver et al. (1998) を用いている。

図 5 渋江川火砕流堆積物の細粒火山灰層に沿って生じた層面すべり断層

渋江川火砕流堆積物は複数のフローユニットに分けられ、一部に細粒火山灰が挟まれる。撓曲により北へ約 40° 傾斜した火砕流堆積物の層理面に沿って、小規模な層面すべり断層が形成されている。断層変位は、火砕流堆積物を傾斜不整合で覆う河成礫層に及んでおり、断層に沿って礫の再配列が認められる。

図 6 調査地点付近の地質断面

渋江川火砕流堆積物中の細粒火山灰、渋江川火砕流堆積物と二本木岩屑流堆積物との境界を元に地下構造を推定した。

図 7 渋江川火砕流堆積面および二本木岩屑流堆積面の地形断面

妙高市および上越市が発行している 1/2,500 地形図の等高線(主曲線の間隔は 2m)を基に作成した。

図 8 宮内地区周辺の地形区分図

図 9 宮内トレンチ北面の写真およびスケッチ

掘削地点については図 8 に示す。グリッドは垂直・水平ともに 1 m 間隔であり，垂直方向については壁面長で示してある。赤字で示した¹⁴C年代は，AMS法で計測し，暦年較正を施した値である。

図 10 宮内トレンチ南面の写真およびスケッチ

凡例等は図 9 と同じ

図 11 宮内地区の地形地質断面

測線の位置ならびにトレンチとボーリングの掘削位置は図 8 に示す。

図 12 反射法地震探査の解析測線位置およびボーリング掘削位置

断層線の位置および名称は，渡辺ほか（2002）による。

図 13 反射法地震探査の解析結果（深度変換断面）

CMP300 付近で地表付近に達する東傾斜 30～40 度の断層が認められる。測線の位置は図 8 に示す。

図 14 青野地区の地形地質断面

ボーリングの位置は第 8 図に示す。第四系はほぼ均質な粘土～シルトで，一部に腐植や砂を多く含む層準をともなう。赤字は暦年補正した¹⁴C年代値（計測はすべてAMS法）を示す。

表 1 高田平野断層帯のまとめ（高田平野西縁断層帯）.

	今回調査を含めた結果	備考
1. 断層帯の位置・形態		
(1)断層帯を構成する断層	高田平野西縁断層	渡辺ほか(2002)による
(2)断層帯の位置・形状		
地表における断層帯の位置・形状		
断層帯の位置(両端の緯度・経度)	北端:北緯37° 10' , 東経138° 14' 南端:北緯37° 00' , 東経138° 15'	
長さ	約18km	さらに海域に延びる可能性
地下における断層面の位置・形状	地表での長さ・位置と同じ	
上端の深さ	0km	主断層面は地表まで達していない可能性あり
一般走向	N-S	
傾斜	西傾斜	変位地形による.
幅	不明	
(3)断層のずれの向きと種類	西側隆起の逆断層	地形から推定
2. 断層の過去の活動		
(1)平均的なずれの速度	0.5-1.1m/千年(上下方向)	小出雲地区での火砕流の上下変位から推定
(2)過去の活動時期	活動1 約3900年前以後に少なくとも1回の活動. その後の活動時期は不明.	小出雲地区トレンチ調査による.
(3)1回のずれの量と平均活動間隔		
1回のずれの量	不明 断層長-変位量に関する松田式からは約1.4mと推定	
平均活動間隔	不明	
(4)過去の活動区間	活動区間を区分する具体的データは得られていない.	

表2 高田平野断層帯のまとめ（高田平野東縁断層帯）.

	今回調査を含めた結果	備考
1. 断層帯の位置・形態		
(1) 断層帯を構成する断層	高田平野東縁断層(渡辺ほか, 2002) 日根津断層(高野ほか, 2003) 南西部は山越断層(柳沢ほか, 2001), 五反田・蔵々断層(高野ほか, 2003)へ 連続する可能性あり	
(2) 断層帯の位置・形状		
地表における断層帯の位置・形状		
断層帯の位置(両端の緯度・経度)	北端:北緯37° 12', 東経138° 23' 南端:北緯37° 01', 東経138° 15'	
長さ	約26km	さらに北東および南西に延びる可能性あり
地下における断層面の位置・形状	地表での長さ・位置と同じ	
上端の深さ	0km	主断層面は地表まで達していない可能性あり
一般走向	N30° E	
傾斜	東傾斜30-40° (深度200m以浅)	青野地区の反射法地震探査結果による.
幅	不明	
(3) 断層のずれの向きと種類	南東側隆起の逆断層	反射法結果断面から推定
2. 断層の過去の活動		
(1) 平均的なずれの速度	約0.9m/千年(上下方向)	青野地区ボーリングから推定
(2) 過去の活動時期	活動1(最新活動) 約3000年前以後 活動2(1つ前活動) 約4500年前以後, 約3000年前以前	渡辺ほか(2003)
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔		
1回のずれの量	約2.5m	青野地区の沖積面の上下変位を1回分と仮定. 渡辺ほか(2003)によれば約1.5m
平均活動間隔	約1500-4500年	過去2回の活動時期から推定
(4) 過去の活動区間	活動区間を区分する具体的データは得られていない.	

表3 調査地周辺における主な層序とその年代。各示標層の特徴および他地域の示標層との対比は早津(1985)に従った。示標層名のうち、太字は本研究に関する示標層。

示標層名	特徴	年代に関する資料
矢代川岩屑流堆積物	矢代川流域において、ATの上位に分布する岩屑流堆積物。数cm～1mの岩塊とその間をうめるローム様の泥～砂質物質からなる。	18～21 ka (妙高研グループ, 1969)
始良-丹沢火山灰(AT)	バブルウォール型の火山ガラスを主体とし、微量の斜長石・斜方輝石・普通輝石・黒雲母・石英・角閃石・ジルコンを含む。	26～29 ka (町田・新井編, 2003)
高床スコリア層(TT)	赤褐色スコリア層と粗粒火山灰層からなる。スコリアは玄武岩質で、斜長石・かんらん石・普通輝石・斜方輝石・鉄鉱物の斑晶を含む。	
関山スコリア層(SY)	スコリア層と粗粒火山灰層からなる。スコリアには、長径数mm～1cmの普通輝石の粗粒斑晶が多数認められる。信濃川中流域の貝坂スコリア(KS)、野尻湖のドライカレーに対比される。	ca. 31 ka (野尻湖発掘調査団地質グループ、野尻湖地質グループ, 1980)
兼俣火山灰層(KM)	SY直下に認められる桃灰色の細粒火山灰層。シブタミ川火砕流堆積物と同岩質であり、密接に伴って産出する。	ca. 32 ka (早津, 1985)
二本木岩屑流堆積物	一般に亜角～角礫状で直径数cm～数mの岩片とその間を埋めるローム状の褐色物質からなる。分級は極めて悪い。層厚は数10～1m。	
大平スコリア層(OD)	青灰色火山灰層とオレンジ色スコリア層との互層からなり、全体の層厚は約30cmである。信濃川流域の柏尾スコリア層(KA)、野尻湖周辺の三点セットに対比される。	ca. 42 ka (野尻湖地質グループ, 1980)
大山倉吉軽石(DKP)	鮮黄色細粒軽石層(φ=1mm前後)として認められる。軽石は石英安山岩質で、斜長石・緑色角閃石・斜方輝石・鉄鉱物からなり、少量の黒雲母を伴う。	>55 ka (町田・新井編, 2003)
松ヶ峰火山礫層(MM)	青灰色火砕流と降下細粒火山灰層からなる。火砕流堆積物を構成する火山礫は石英安山岩質で、斜長石・角閃石・斜方輝石・普通輝石・鉄鉱物・かんらん石の斑晶からなる。	50～55 ka (早津, 1985)
関スコリア層(SK)	スコリア層と中粒火山灰層の互層からなる。スコリアおよび大半の火山礫は、玄武岩質で、斜長石・かんらん石・普通輝石・斜方輝石・鉄鉱物を斑晶として含む。飯山付近の中尾スコリア(NO)に対比される。	70～80 ka (早津, 1985)
潟町軽石層(KtP)	粒径1mm以下の鮮やかなオレンジ色の軽石層からなる。信濃川流域における城原軽石層(JH)に対比される。	65～75 ka (早津, 1985)
古町軽石層(FR)	粒径1～2mmで分級が良い細粒軽石層からなる。信濃川流域の北原軽石層(KR)および大町DPmに対比される。	ca. 90 ka (早津ほか, 1982)
花房軽石層(HB)	妙高火山から北北東に広く分布する軽石層。花房山の模式露頭ではHB-a(黄色軽石層)、HB-b(桃灰色細粒火山灰)、HB-c(青灰色中～粗粒火山灰層)、HB-d(桃灰色細～中粒火山灰層)からなる。HB-b、HB-cは炭化木片を含んでおり、火砕流堆積物であると考えられる。信濃川流域の赤石軽石層(AS)に対比される。	ca. 100 ka (早津, 1985)
渋江川火砕流堆積物	角閃石石英安山岩質の火砕流堆積物。4以上のユニットからなり、全層厚は50m以上。ユニット間には降下火山灰が挟在する。大型の角閃石を多く含むほか、細粒で長柱状の角閃石が方向性を持って配列した軽石を含む。上位にSKが産出する露頭が多いが、HB-aが認められる場合もあり、花房軽石b～cに対応するものと考えられる。	110～130 ka (早津ほか, 1994)
大鹿スコリア層グループ(OS)	HBとKTとの間にはさまれるスコリア層・火山灰層などを一括したもの。飯山付近の坪山スコリア層グループ(TB)、津南付近の相吉スコリア層(AY)に対比される。	
上樽軽石層(KT)	3層(KT-a、-b、-c)の軽石層からなる。KT-aはきわめて発泡の良い黄色軽石、KT-bは黄灰色の軽石および同質の火山灰、KT-cは黄色軽石層と桃灰色の細粒火山灰層からなる。KT-cには普通角閃石のほかに、カミングトナイト(淡色～無色)が含まれる。高田平野周縁部では、褐色風化火山灰と混交し、肉眼で認めることが困難だがカミングトナイトの産出が手かかりとなる。信濃川中流域の中子軽石層(NG)に対比される。	130～150 ka (早津, 1985)

表 4 高田平野断層帯小出雲地区トレンチ及びボーリングコアから採取された試料の年代測定結果. 試料の分析は (株) 加速器分析研究所に依頼した. 計測方法はすべて AMS 法とし, 暦年較正には Stuiver et al.(1998) の補正曲線を用い, OxCal v3.9 (Ramsey,2003) で計算した.

Sample	Material	Lab.No.	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional ^{14}C age (yBP)	Calibrated age (1 σ)	(%)	cal yBP
Oizumo_a	humic soil	IAAA-51428	-20.20+/-0.83	3,550 \pm 40	1,950 BC - 1,870 BC 1,850 BC - 1,810 BC 1800 BC - 1,770 BC	48.4 11.6 8.2	3,900-3,720
Oizumo_b	humic soil	IAAA-51429	-27.82+/-0.91	4,130 \pm 40	2,870 BC - 2,800 BC 2,760 BC - 2,620 BC	20.3 47.9	4,820-4,570
Oizumo_c	humic soil	IAAA-51430	-29.77+/-0.88	32,500 \pm 200	-		
Oizumo_e	humic soil	IAAA-51753	-21.26+/-0.83	4,040 \pm 50	2,630 BC - 2,480 BC	68.2	4,580-4,430
Oizumo_f	humic soil	IAAA-51754	-17.06+/-0.90	1,040 \pm 40	900 AD - 920 AD 970 AD 1,030 AD	3.5 64.7	1,050- 920
Oizumo_g	charcoal	IAAA-51755	-19.37+/-0.82	980 \pm 40	1,010 AD - 1,050 AD 1,080 AD 1,160 AD	29.2 39.0	940- 790
Oizumo_h	humic soil	IAAA-		\pm	-		
Oizumo_l	silt	IAAA-51757	-32.87+/-0.91	8,350 \pm 50	7,500 BC - 7,350 BC	68.2	9,450-9,300
Oizumo_j	charcoal	IAAA-51758	-24.86+/-0.95	5,850 \pm 50	4,790 BC - 4,680 BC 4,640 BC 4,610 BC	62.1 6.1	6,740-6,560
Oi-Sp6	humic soil	IAAA-51759	-21.43+/-0.86	3,560 \pm 40	1,980 BC - 1,870 BC 1,850 BC 1,820 BC 1,800 BC 1,780 BC	56.6 6.9 4.6	3,930-3,730
Oi-1_1.63	wood	IAAA-51481	-25.84 +/- 0.63	1,000 \pm 40	980 AD - 1,050 AD 1,090 AD 1,120 AD 1,140 AD 1,150 AD	50.5 14.5 3.2	970-800
Oi-2_2.6	soil	IAAA-51482	-21.25 +/- 0.90	6,340 \pm 40	5,370 BC - 5,290 BC 5,250 BC 5,220 BC	59.2 9.0	3,420-3,270
Oi-2_12.5	plant fragment	IAAA-51483	-30.71 +/- 0.84	44,370 \pm 490	-		

表5 高田平野断層帯宮内地区トレンチ及びボーリングコアから採取された試料の年代測定結果。試料の分析は(株)加速器分析研究所に依頼した。計測方法はすべてAMS法とし、暦年較正にはStuiver et al.(1998)の補正曲線を用い、OxCal v3.9 (Ramsey,2003)で計算した。

Sample	Material	Lab.No.	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional ^{14}C age	Calibrated age (1 σ)	(%)	cal yBP
Mi-Sp6	charcoal	IAAA-51738	-22.49+/-0.90	290 ± 40	1,520 AD - 1,600 AD 1,610 AD - 1,660 AD	46.2 22.0	430-290
Mi-Sp8	charcoal	IAAA-51739	-19.84+/-0.85	270 ± 40	1,520 AD - 1,580 AD 1,620 AD - 1,670 AD 1,780 AD - 1,800 AD	31.5 31.2 5.5	430-150
Mi-Sp14	charcoal	IAAA-51741	-22.44+/-0.92	9,150 ± 60	8,440 BC - 8,280 BC	68.2	10,390-10,230
Mi-Sp15							<i>測定不可能</i>
Mi-Sp19	charcoal	IAAA-51743	-22.57+/-0.91	600 ± 40	1,305 AD - 1,365 AD 1,380 AD - 1,400 AD	54.0 14.2	645-550
Mi-Sp20							<i>測定不可能</i>
Mi-3_2.70	wood	IAAA-52677	-22.80+/-0.91	3,710 ± 40	2,200 BC - 2,170 BC 2,150 BC - 2,030 BC		4,150-3,980
Mi-3_3.10	humic silt	IAAA-52678	-23.25+/-0.96	4,640 ± 40	3,510 BC - 3,420 BC 3,380 BC - 3,360 BC		5,460-5,310

表 6 高田平野断層帯青野地区ボーリングコアから採取された試料の年代測定結果. 試料の分析は(株)加速器分析研究所に依頼した. 計測方法はすべて AMS 法とし, 暦年較正には Stuiver et al.(1998) の補正曲線を用い, OxCal v3.9 (Ramsey,2003) で計算した.

Sample	Material	Lab.No.	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional ^{14}C age (yBP)	Calibrated age (1 σ)	(%)	cal yBP
Ao-1_7.5	soil	IAAA-51484	-26.60 +/- 0.66	6,620 \pm 40	5,615 BC - 5,580 BC 5,575 BC - 5,520 BC	28.2 40.0	7,565-7,470
Ao-1_9.52	humic silt	IAAA-52679	-17.92 +/- 0.75	8,370 \pm 50	7,520 BC 7,440 BC 7,420 BC 7,350 BC	42.6 25.6	9,470-9,300
Ao-1_12.48	humic silt	IAAA-52680	-21.68 +/- 0.89	8,890 \pm 50	8,210 BC 8,160 BC 8,150 BC 7,960 BC	14.2 54.0	10,160-9,910
Ao-2_10.13	charred material	IAAA-52681	-23.53 +/- 1.01	6,640 \pm 50	5,625 BC 5,535 BC	68.2	7,575-7,485
Ao-2_12.81	charred material	IAAA-52682	-24.13 +/- 1.07	7,340 \pm 50	6,250 BC 6,090 BC	68.2	8,200-8,040
Ao-2_16.74	charred material	IAAA-52683	-16.94 +/- 0.76	7,640 \pm 50	6,560 BC 6,540 BC 6,530 BC 6,430 BC	6.0 62.2	8,510-8,380
Ao-2_19.55	charcoal	IAAA-52684	-26.01 +/- 0.95	8,420 \pm 50	7,570 BC 7,460 BC	68.2	9,520-9,410
Ao-3_11.28	wood	IAAA-52685	-26.01 +/- 0.91	6,240 \pm 40	5,310 BC 5,200 BC 5,150 BC 5,120 BC 5,100 BC 5,080 BC	60.2 4.1 3.9	7,260-7,030
Ao-3_21.45	charred material	IAAA-52686	-18.50 +/- 0.87	8,030 \pm 50	7,070 BC 6,910 BC 6,890 BC 6,820 BC	47.6 20.6	9,020-8,770
Ao-3_29.57	charred material	IAAA-52687	-25.18 +/- 0.79	8,550 \pm 50	7,600 BC 7,545	68.2	9,550-9,495

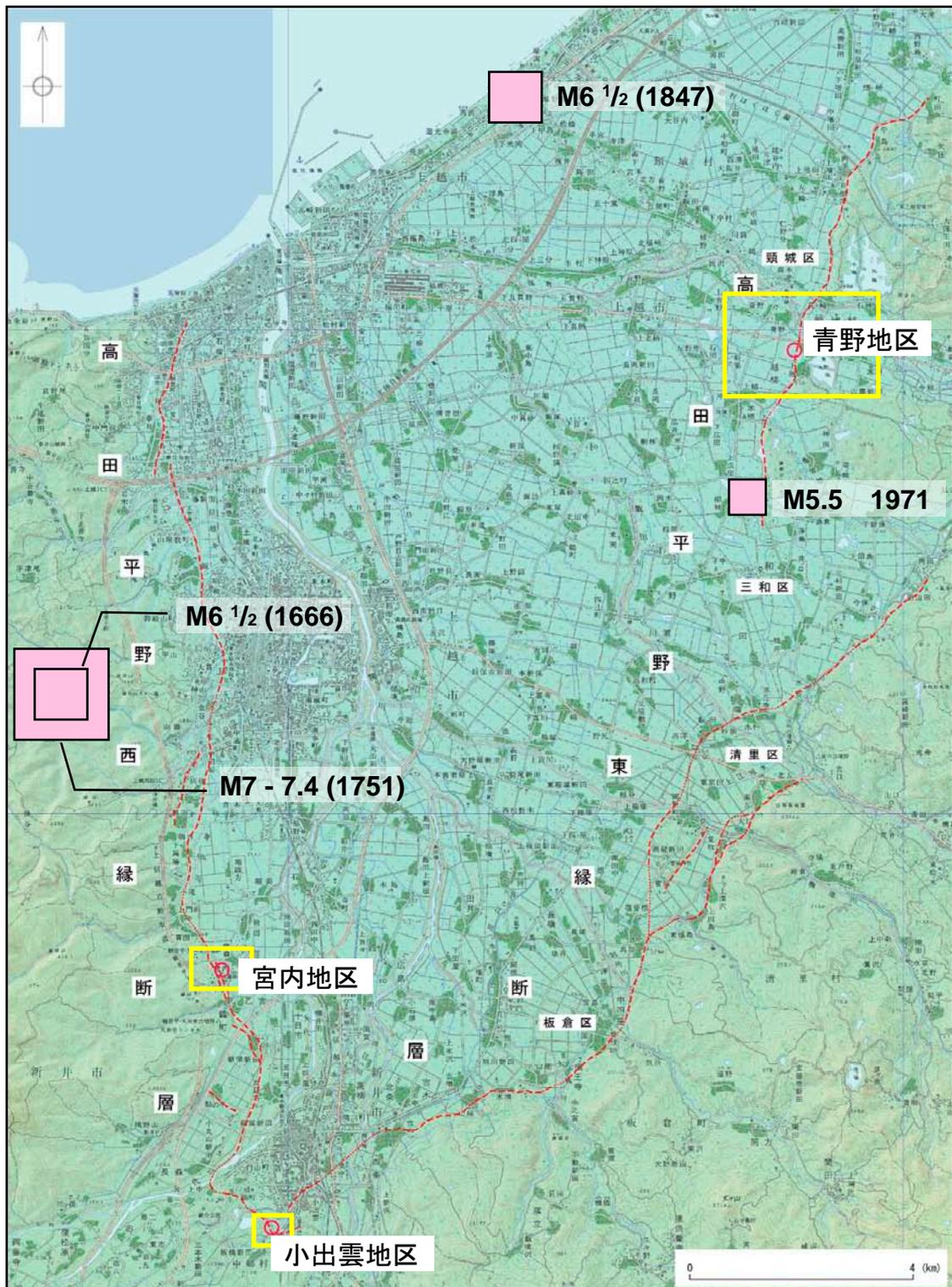


図1 高田平野断層帯と調査地点位置。基図には国土地理院発行「数値地図 50000」を使用した。断層トレース及び断層名は「1:25,000 都市圏活断層図『高田』(渡辺ほか, 2002)」に従った。四角は高田周辺で発生した被害地震の震央位置と規模を示す(宇佐美, 2003)。

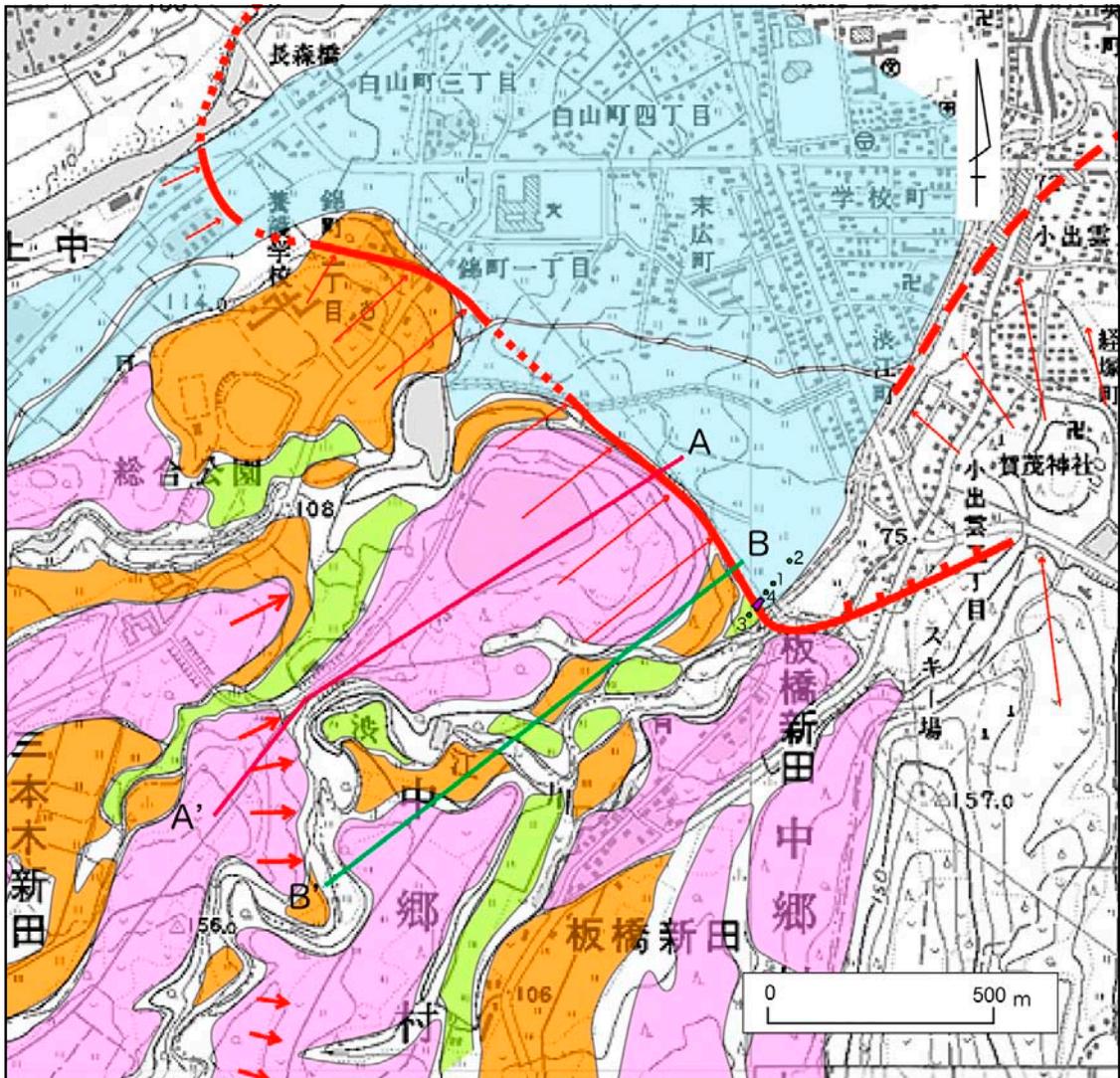


図2 小出雲地区周辺の地形分類図。基図には国土地理院発行 1/25,000 地形図「新井」「重倉山」を用いた。地形面区分は早津（1985）を基に、写真判読結果に基づき一部を変更した区分を示したが、今後詳細な現地調査が必要と考える。断層線は 1/25,000 都市圏活断層図「高田」（渡辺ほか，2002）に従っている。A-A'、B-B' は図 7 に示した地形断面の測線位置を示す。

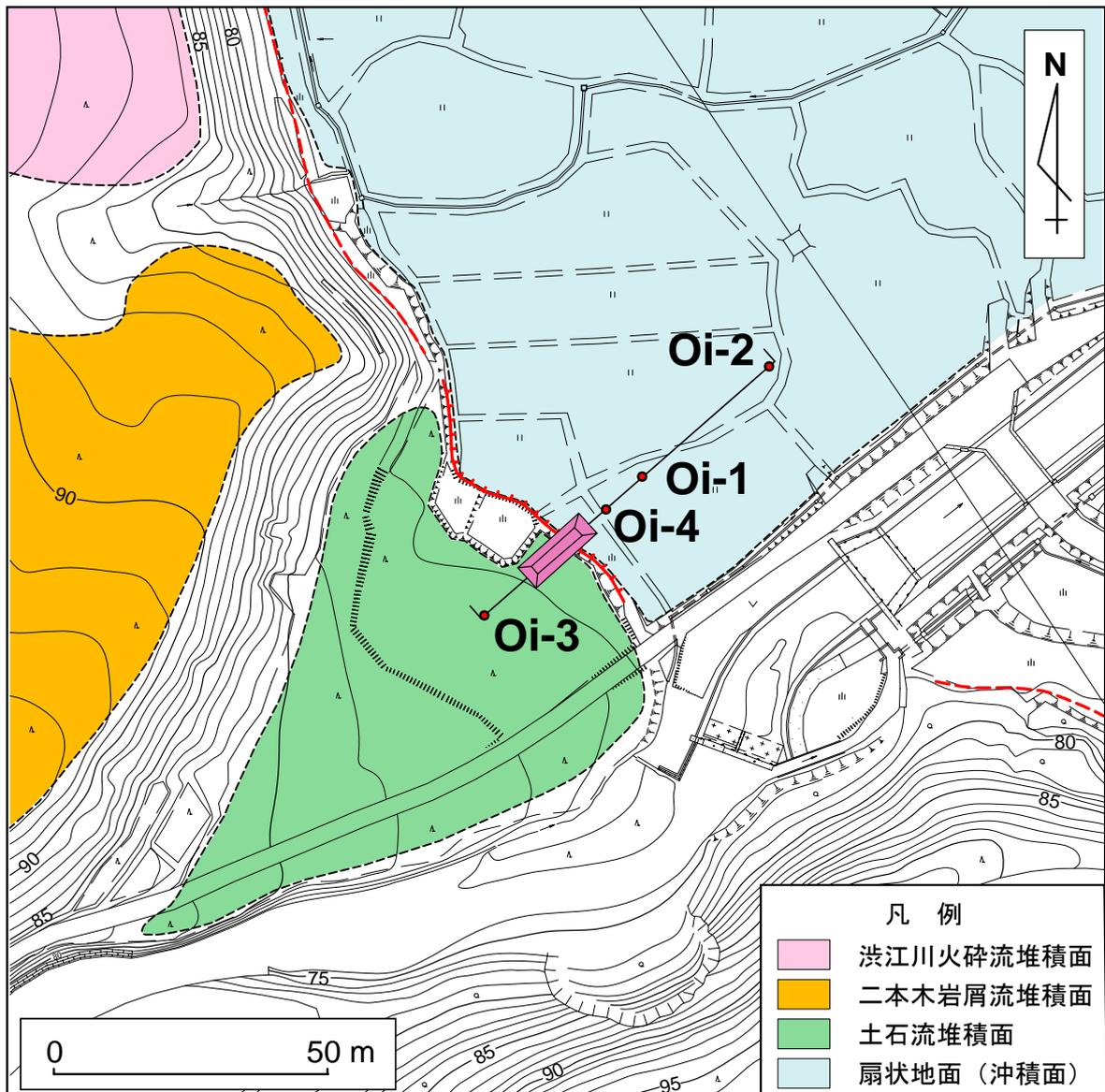


図3 小出雲地区周辺の地形分類図。基図には国土地理院発行 1/25,000 地形図「新井」「重倉山」を用いた。地形面区分は早津（1985）を基に、写真判読結果に基づき一部を変更した。断層線は 1/25,000 都市圏活断層図「高田」（渡辺ほか，2002）に従っている。A-A'、B-B' は第 7 図に示した地形断面の測線位置を示す。

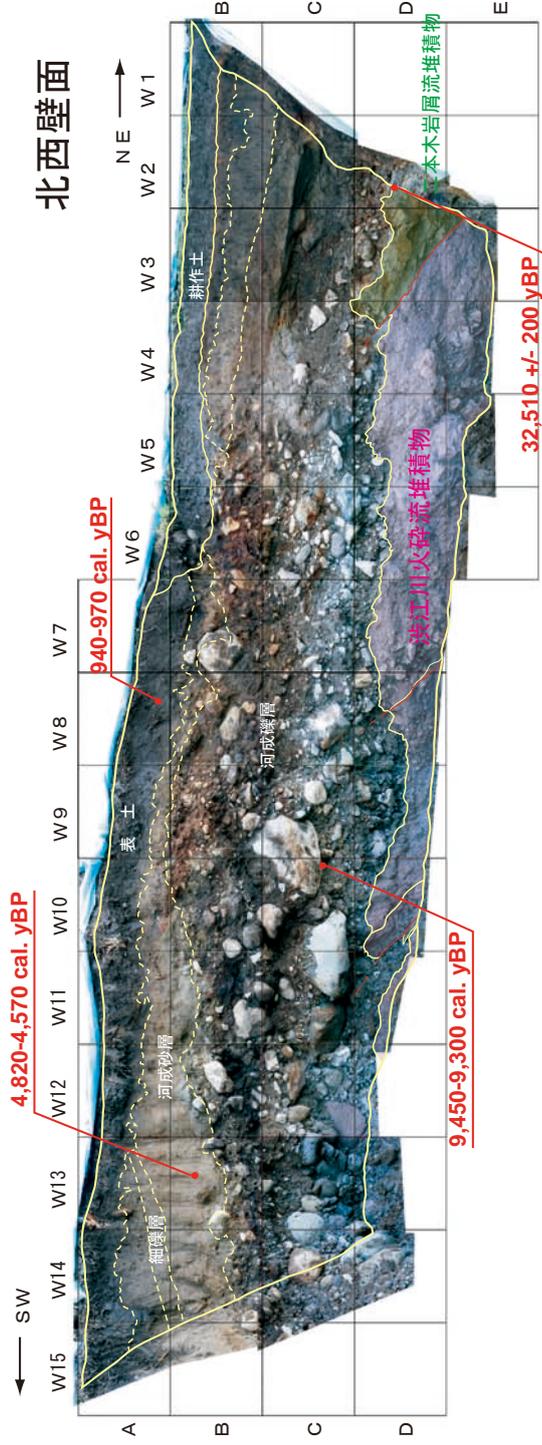
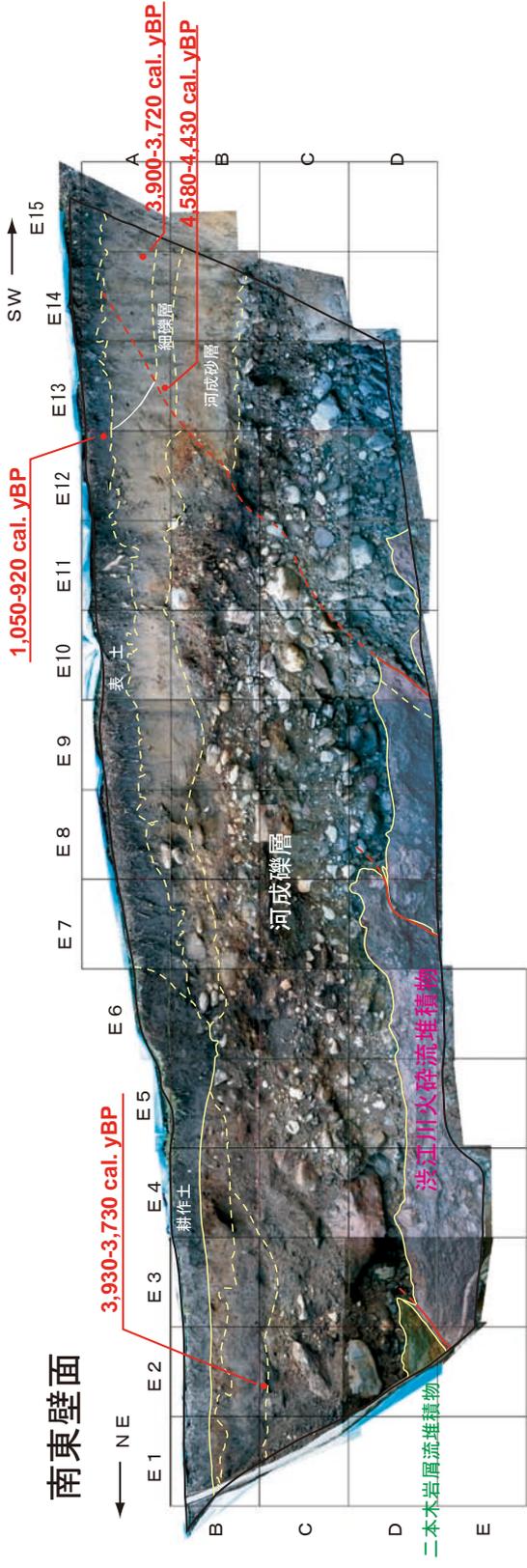


図4 トレンチ壁面の写真と年代測定結果。掘削地点は図2に示す。グリッドは垂直・水平ともに1m間隔であり、垂直方向については壁面長で示してある。年代測定については(株)加速器分析研究所に依頼した。計測方法はすべてAMS法であり、測定値が25,000 yBP以下の試料については、OxCal v3.10 (Ramsey,2005)で暦年較正を施した。補正曲線には、Stuiver et al.(1998)を用いている。



図5 渋江川火砕流堆積物の細流火山灰層に沿って生じた層面すべり断層。渋江川火砕流堆積物は複数のフローユニットに分けられ、一部に細粒火山灰が挟まれる。撓曲により北へ約40°傾斜した火砕流堆積物の層理面に沿って、小規模な層面すべり断層が形成されている。断層変位は、火砕流堆積物を傾斜不整合で覆う河成礫層に及んでおり、断層に沿って礫の再配列が認められる。

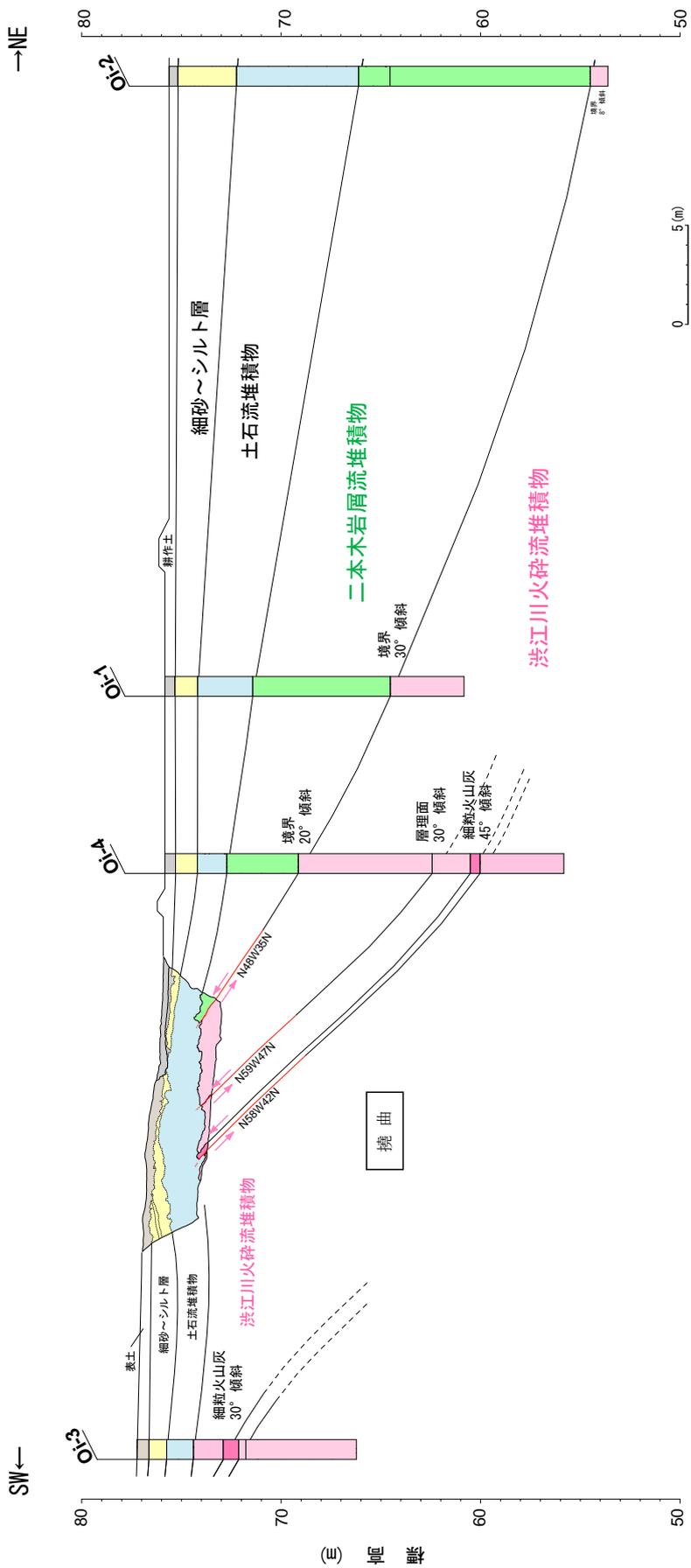


図6 調査地点付近の地質断面. 洪江川火砕流堆積物中の細粒火山灰, 洪江川火砕流堆積物と二本岩層流堆積物との境界を元に地下構造を推定した.

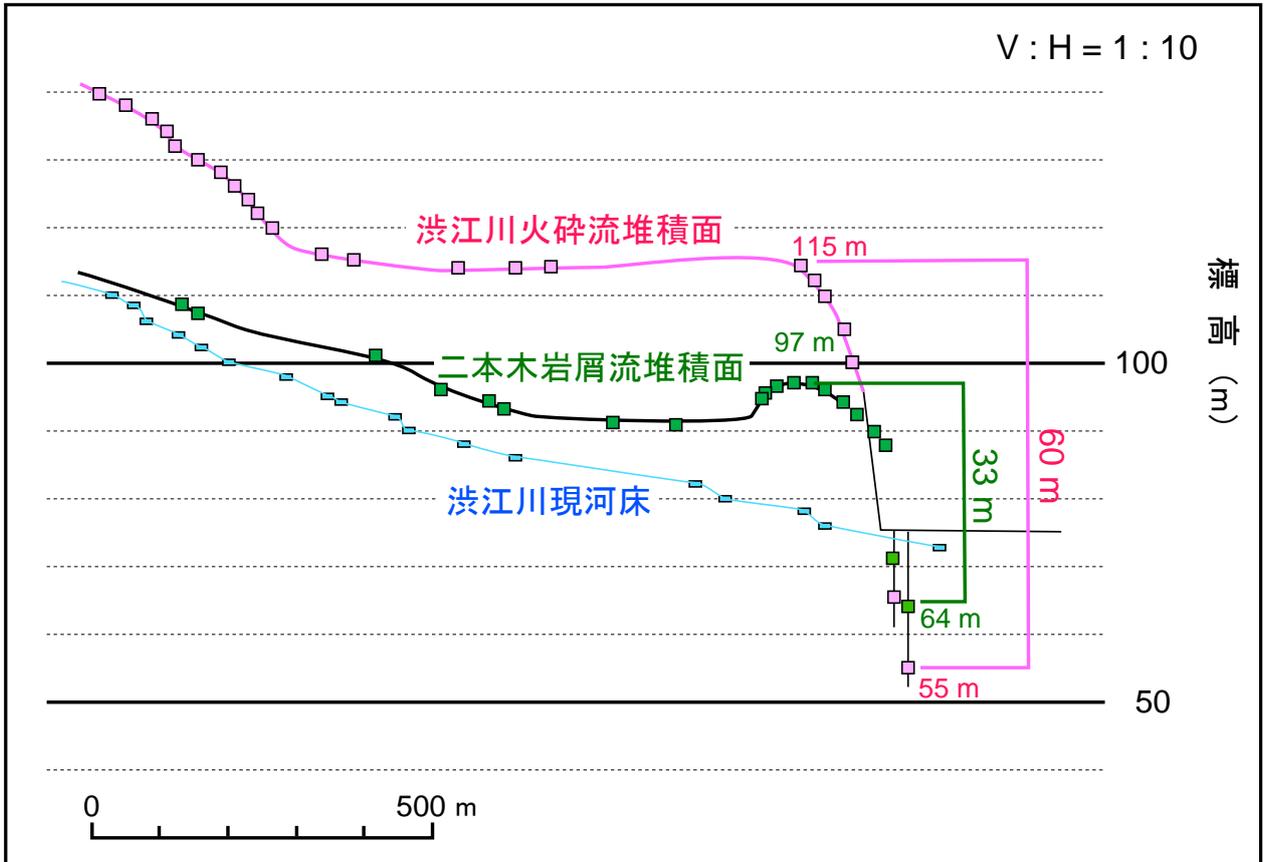


図7 渋江川火碎流堆積面および二本木岩屑流堆積面の地形断面。妙高市および上越市が発行している1/2,500地形図の等高線（主曲線の間隔は2m）を基に作成した。

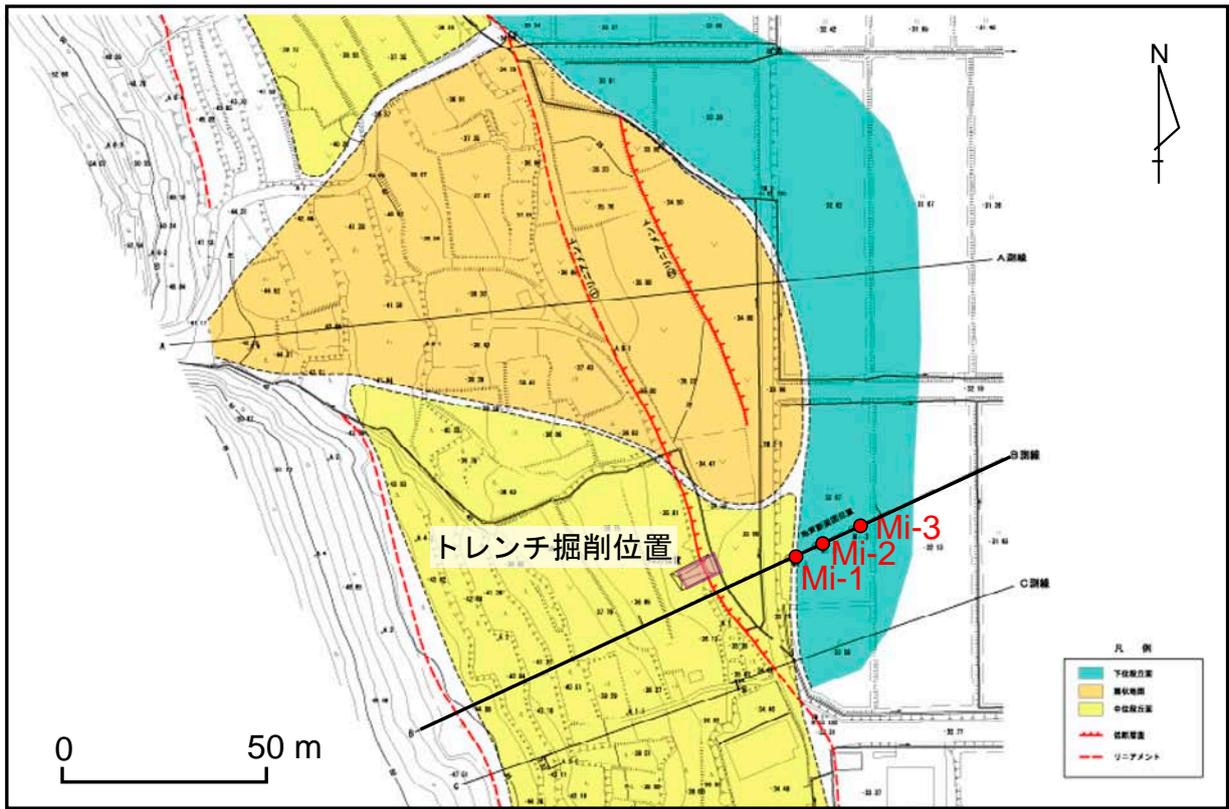


図8 宮内地区周辺の地形区分図.

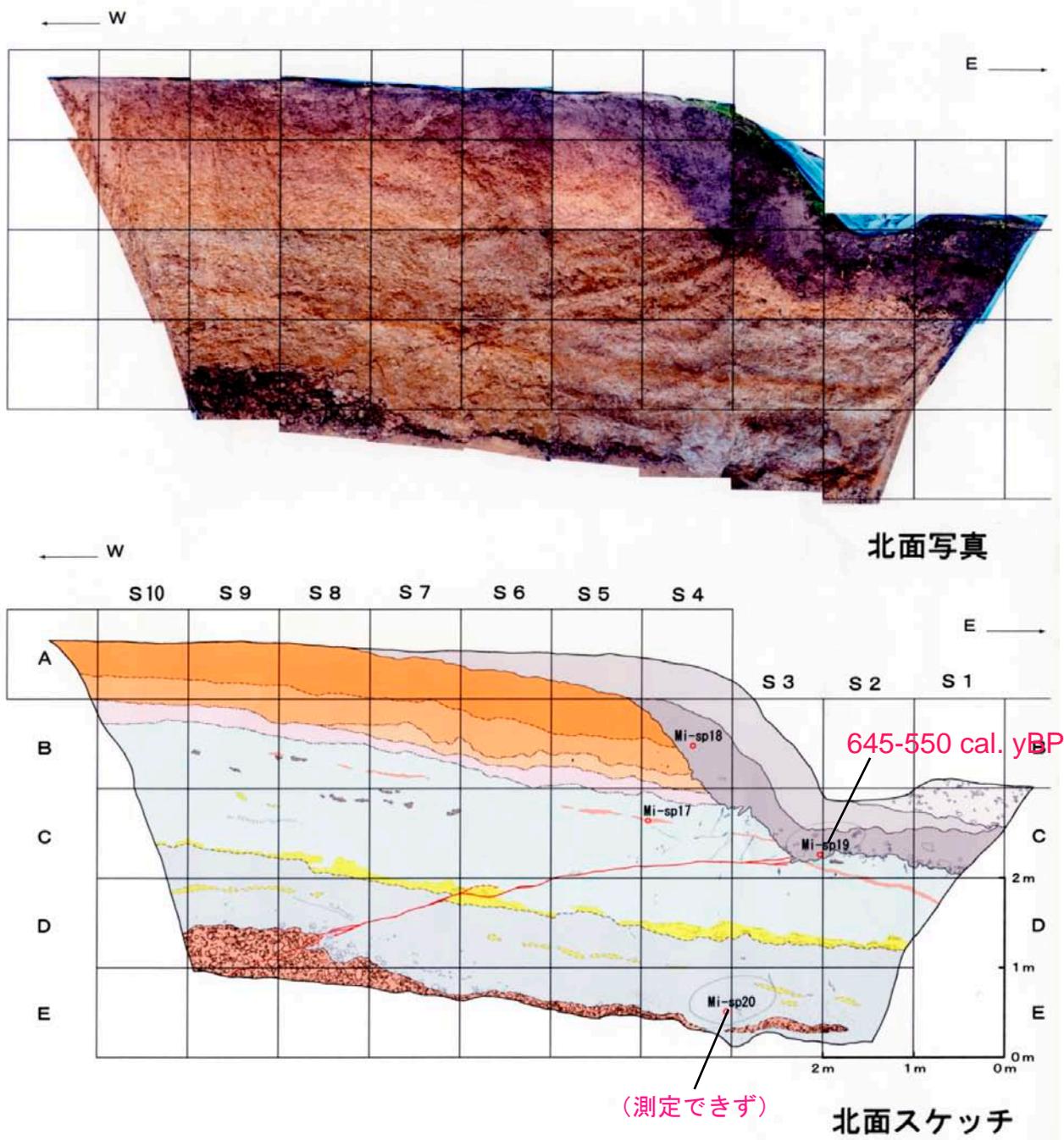
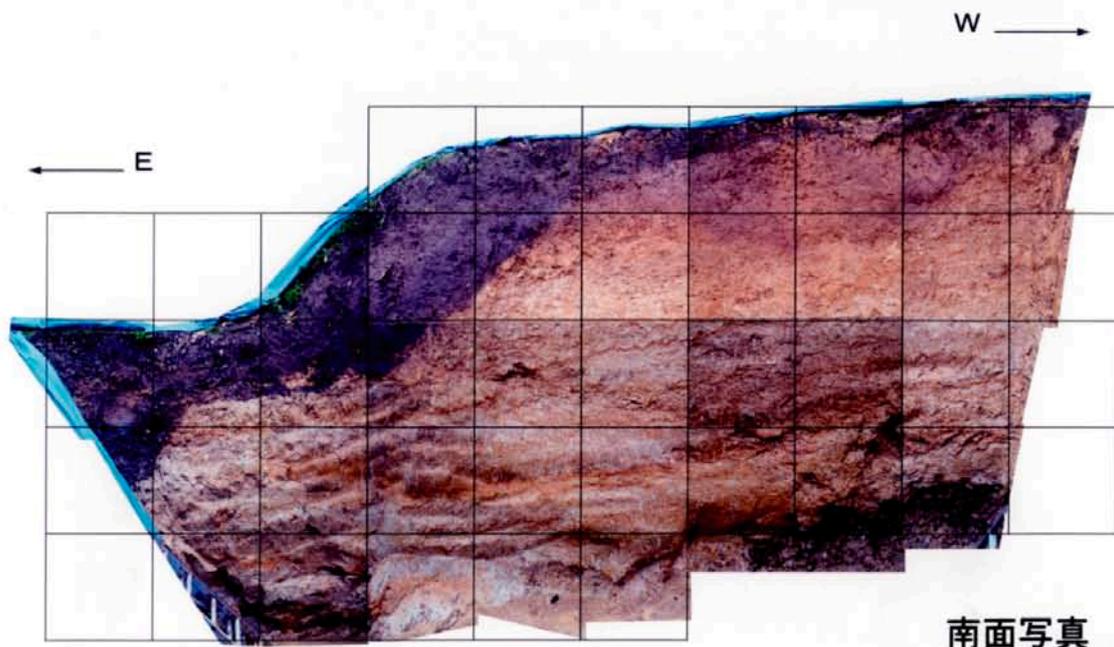
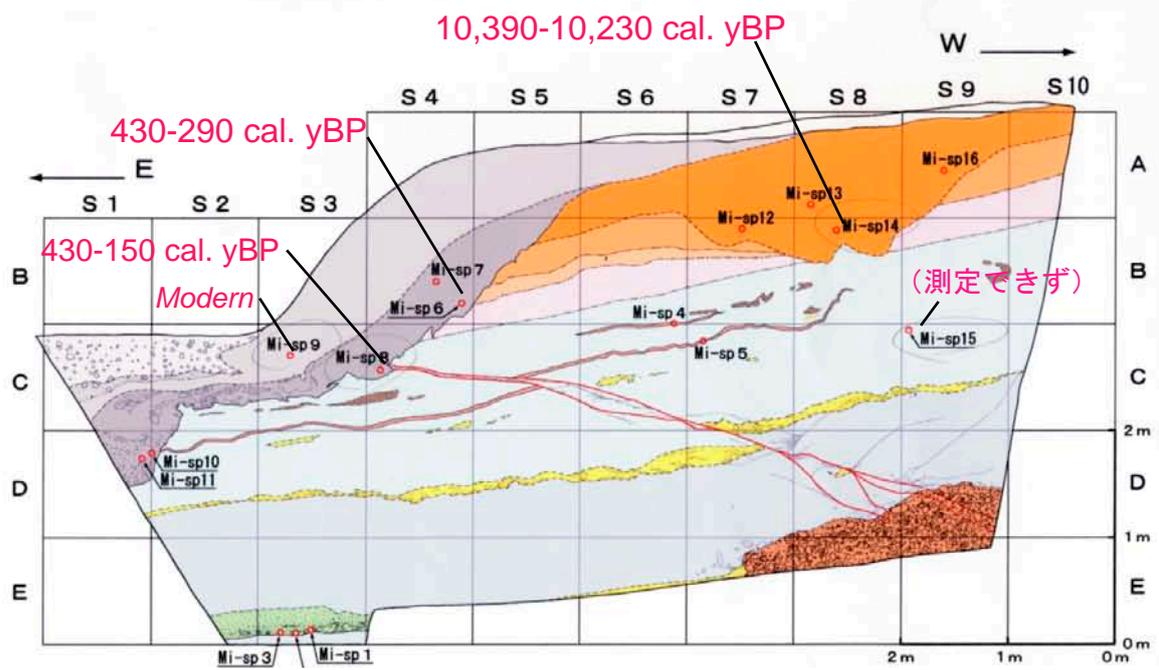


図9 宮内トレンチ北面の写真およびスケッチ。掘削地点については図8に示す。グリッドは垂直・水平ともに1m間隔であり、垂直方向については壁面長で示してある。赤字で示した¹⁴C年代は、AMS法で計測し、暦年較正を施した値である。



南面写真



南面スケッチ

図 10 宮内トレンチ南面の写真およびスケッチ。凡例等は図 9 と同じ。

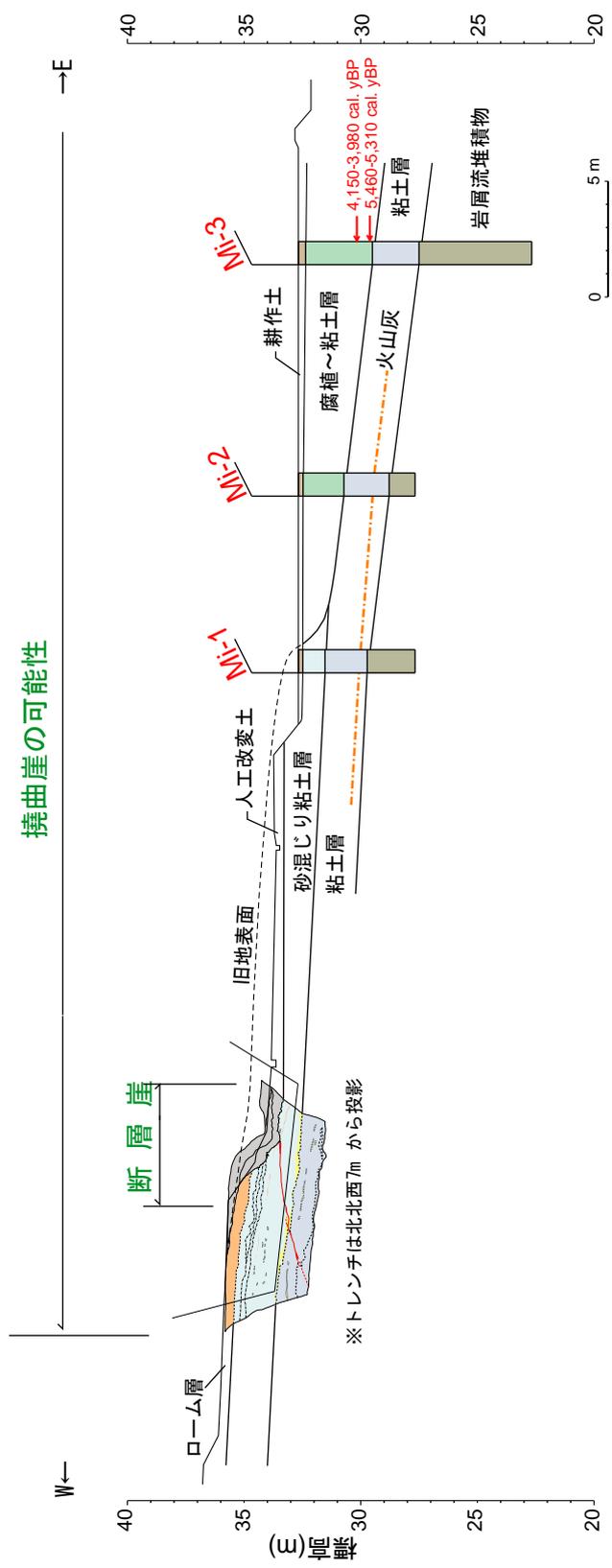


図 11 宮内地区の地形地質断面. 測線の位置ならびにトレンチとボーリングの掘削位置は図 8 に示す.

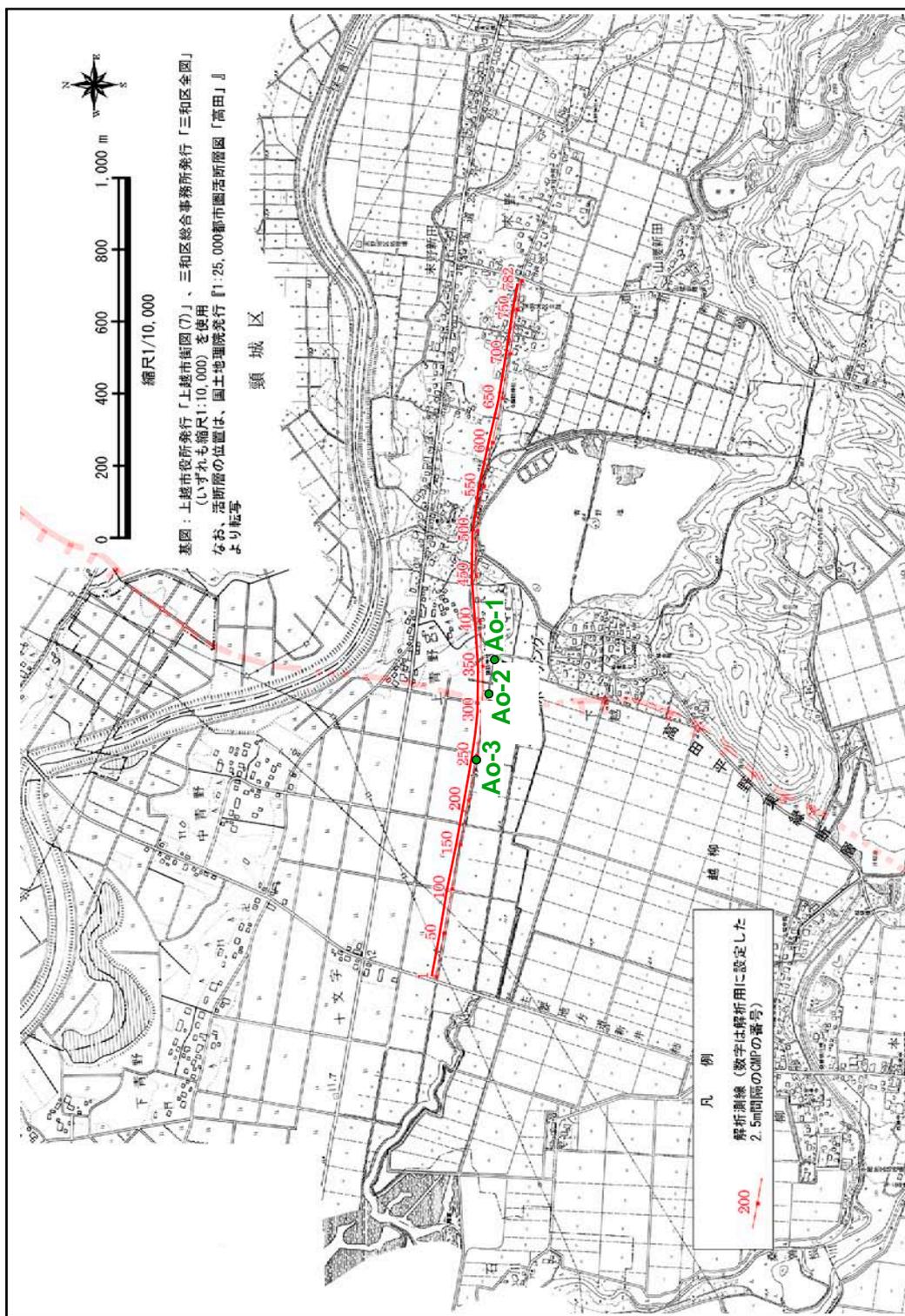


図 12 反射法地震探査の解析測線位置およびボーリング掘削位置、断層線の位置および名称は、渡辺ほか（2002）による。

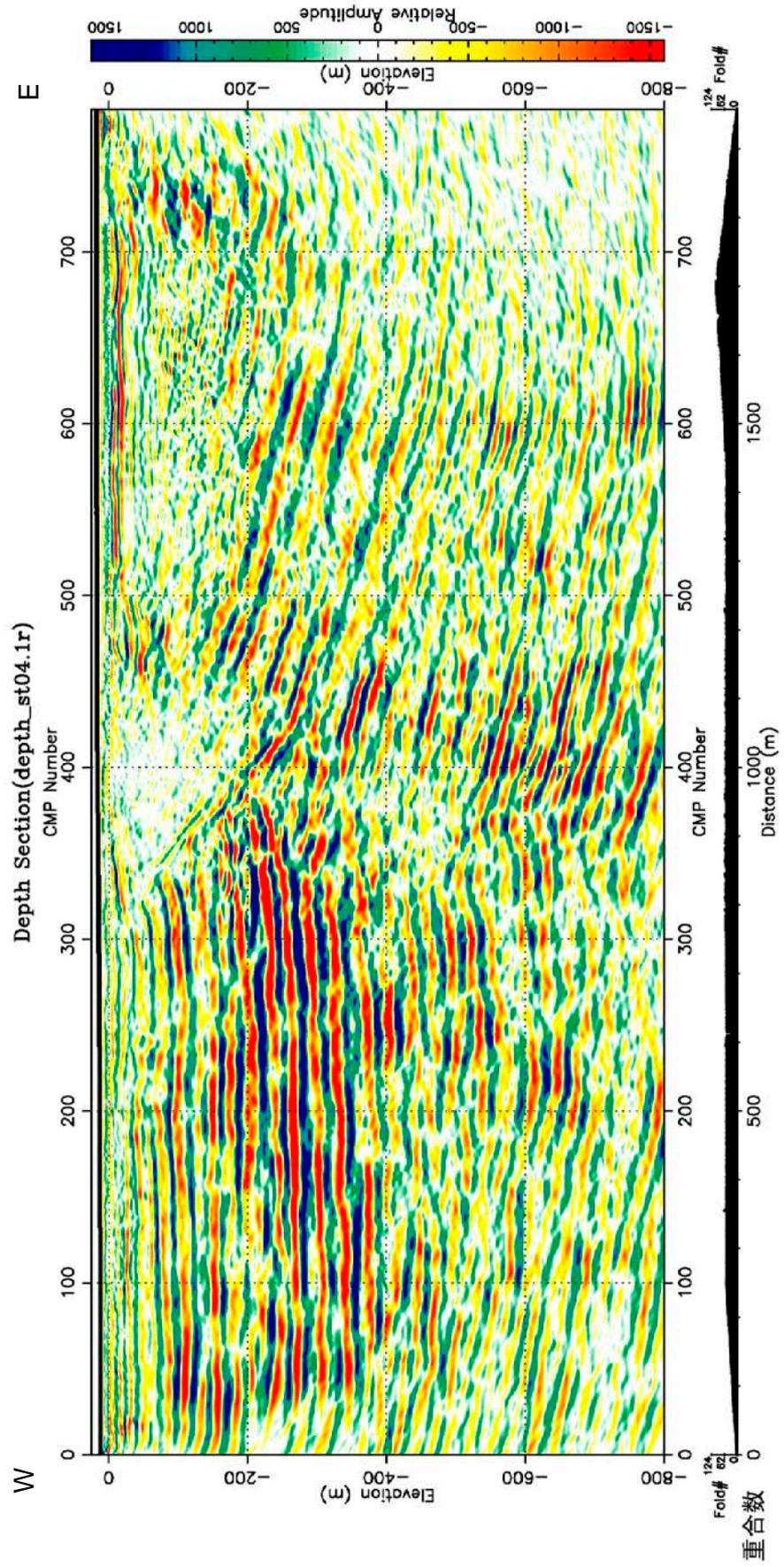


図 13 反射法地震探査の解析結果 (深度変換断面). CMP300 付近で地表付近に達する東傾斜 30~40 度の断層が認められる. 測線の位置は図 8 に示す.

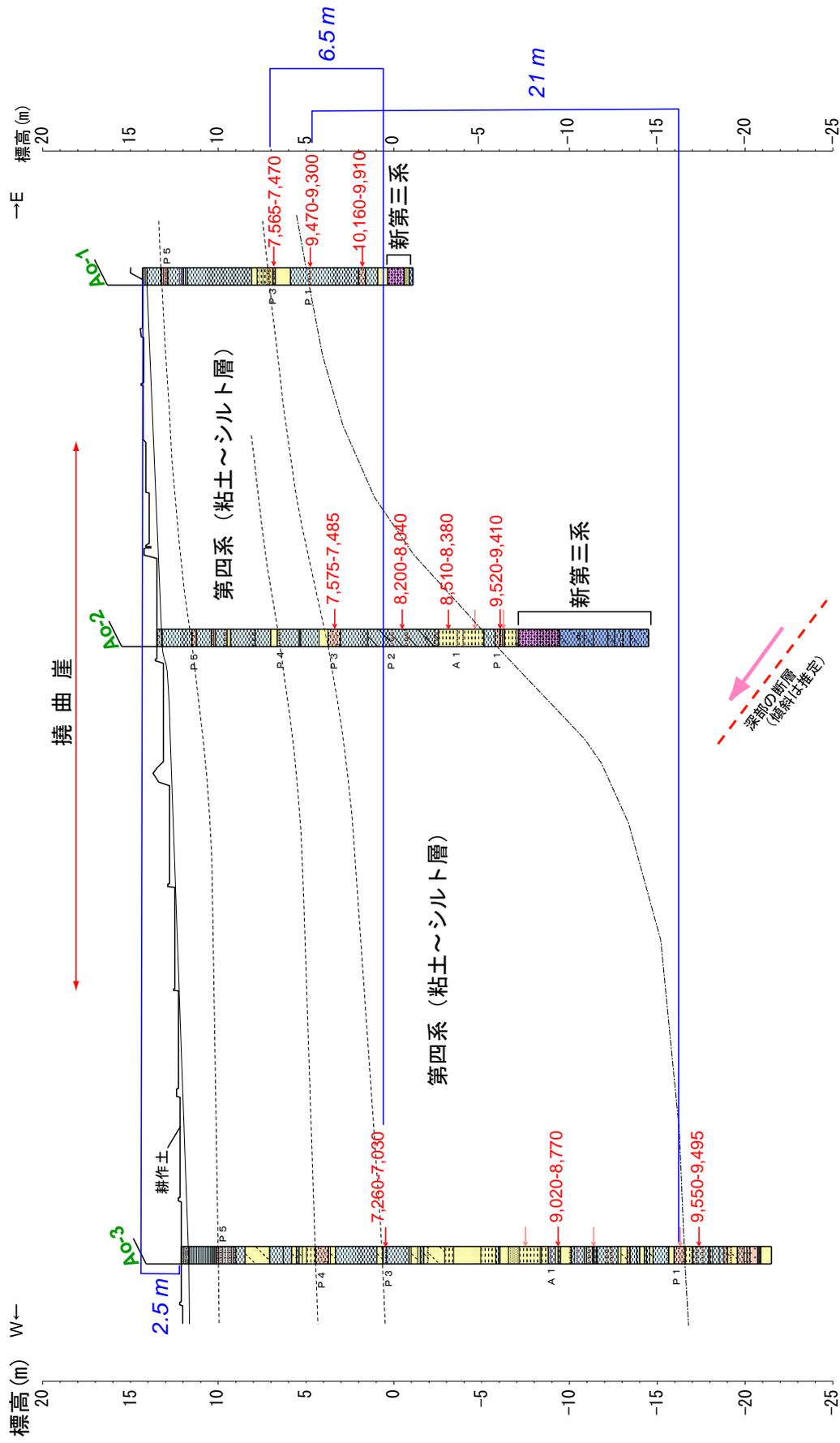


図 14 青野地区の地形地質断面。ボーリングの位置は第 8 図に示す。第四系はほぼ均質な粘土～シルトで、一部に腐植や砂を多く含む層準をとまなう。赤字は暦年補正した ^{14}C 年代値 (計測はすべて AMS 法) を示す。