

# 内陸及び沿岸海域の活断層調査

## 平成 29 年度成果報告書

### 2. 糸魚川-静岡構造線断層帯（北部区間） （長野県）

平成 30 年 5 月

国立研究開発法人  
産業技術総合研究所



## 目 次

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 1. 断層帯の概要とこれまでの調査研究                 | 1  |
| 2. 調査の概要                            | 2  |
| 3. 調査結果                             | 2  |
| 3. 1 北城新田地区におけるボーリング・S波反射法地震探査      | 2  |
| (1) 調査地点の概要                         | 2  |
| (2) ボーリングの層序と年代                     | 3  |
| (3) S波反射法地震探査                       | 4  |
| (4) 平均変位速度と断層活動時期                   | 5  |
| 3. 2 神城佐野地区におけるトレンチ・ボーリング・S波反射法地震探査 | 5  |
| (1) 調査地点の概要                         | 5  |
| (2) トレンチ調査                          | 6  |
| (3) ボーリングの層序                        | 9  |
| (4) S波反射法地震探査                       | 12 |
| (5) 調査地周辺の地質構造と平均変位速度               | 13 |
| 3. 3 池田町会染地区におけるボーリング調査             | 14 |
| (1) 調査地点の概要                         | 14 |
| (2) ボーリングの層序                        | 14 |
| 4. まとめ                              | 14 |
| 4. 1 断層帯の位置および形態                    | 14 |
| (1) 断層帯を構成する断層                      | 14 |
| (2) 断層面の位置・形状                       | 15 |
| (3) 変位の向き                           | 15 |
| 4. 2 断層帯の過去の活動                      | 15 |
| (1) 平均変位速度                          | 15 |
| (2) 活動時期                            | 15 |
| (3) 1回の変位量                          | 16 |
| (4) 活動間隔                            | 16 |
| (5) 活動区間                            | 16 |
| 謝 辞                                 | 17 |
| 文 献                                 | 18 |
| 図 表                                 | 22 |

## 1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

糸魚川-静岡構造線断層帯は、長野県北部の小谷村から諏訪湖付近を経由し、山梨県の甲府盆地南西付近にかけて延びる長さ約160kmの活断層帯である（図1）。本断層帯については、これまでに変動地形学的検討に基づく断層トレースの分布や諸元に関する研究（例えば、活断層研究会編，1980，1991；中田・今泉編，2002）や、糸静線活断層系発掘調査研究グループ（1988）による先駆的なトレンチ掘削調査、文部科学省研究開発局（2003，2004，2005）、土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会（2004）、文部科学省研究開発局・他（2006，2007，2008，2009，2010）のプロジェクト型調査研究及び多数の調査研究が実施されてきた。これらの研究成果に基づく地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下、地震調査委員会）の評価は、全国の主要活断層帯で初めての評価である「糸魚川-静岡構造線活断層系の調査結果と評価」（地震調査委員会，1996）として公表され、その後「糸魚川-静岡構造線断層帯の長期評価（第二版）」（地震調査委員会，2015）として改訂されている。

地震調査委員会（2015）は、それまでに蓄積した調査研究成果に基づいて、断層帯を北部区間、中北部区間、中南部区間、南部区間からなる4つの活動区間に区分した。本調査で対象とする北部区間は、神城断層と松本盆地東縁断層北部から構成される長さ約50kmの活動区間である（図1）。北部区間は東側隆起の逆断層であり、断層の傾斜は東傾斜30-60°と評価されている。平均的なずれの速度は、上下方向の最大値として1-3 m/千年程度である。また、過去の活動時期については、奥村・他（1998）の白馬トレンチにおける活動履歴等に基づき、最新活動時期が約1000-1300年前、平均活動間隔が1000-2400年程度と推定されている。これらの結果に基づき、30年以内の地震発生確率（BPT）は0.008-15%、地震後経過率は0.4-1.3と評価されている（地震調査委員会，2015）。

しかしながら、北部区間では最新活動時期、活動間隔といった活動履歴に関するデータや地震発生確率の推定幅が依然として幅広い。さらに、北部区間の最北端では、2014年長野県北部の地震（Mj6.7）に伴い活動したことが知られている（例えば、Okada et al., 2015；廣内・他，2015；勝部・他，2017）。同地震では長さ約20kmの震源断層と約9 kmの地表地震断層を伴っていたが（例えば、地震調査委員会，2014）、神城断層全体が活動した固有規模の地震ではないことが指摘されている（近藤・勝部，2016）。そのため、将来発生する地震について、2014年地震を踏まえてより正確に評価するためには、北部区間の活動区間を再検討するとともに、神城断層の中でも2014年地震では未活動の断層区間において活動性を明らかにする必要がある。

そこで、本調査では、糸魚川-静岡構造線断層帯・北部区間のうち、特に2014年長野県北部地震では活動しなかった断層区間を対象として、最新活動時期と活動間隔を含む活動履歴や地震時変位量を高精度化するためのトレンチ調査、平均変位速度を精度良く推定するためのボーリング・S波反射法地震探査を実施した。

## 2. 調査の概要

本調査では、糸魚川—静岡構造線断層帯・北部区間のうち2014年長野県北部地震では活動しなかった断層区間を対象として、次の調査を実施した。神城断層の北城新田地区では平均変位速度と活動履歴を推定するため、群列ボーリング調査およびS波反射法地震探査を実施した（図2）。同じく神城断層の神城佐野地区では活動履歴、地震時変位量、平均変位速度を推定するため、トレンチ調査、群列ボーリング調査およびS波反射法地震探査を実施した。また、松本盆地東縁断層北部の池田町会染地区において、活動履歴と地震時変位量を復元するための予察ボーリング調査を実施した。

## 3. 調査結果

### 3. 1 北城新田地区におけるボーリング・S波反射法地震探査

#### （1）調査地点の概要

北城新田地区では、既存の活断層図において明瞭な逆向き低断層崖が活断層の存在を示す変位地形として記載されてきた（図3；例えば、澤・他，1999；糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ，2007；杉戸・他，2015）。一方，2014年長野県北部の地震では，この低断層崖に沿って地表地震断層や地表変状は生じなかった（Okada et al., 2015；勝部・他，2017；廣内・他，2015）。低断層崖はさらに北西方向へ連続的に延び，高位段丘面相当の扇状地面と大峰帯からなる丘陵を境する東側隆起の逆断層として認識されている。これらの一連の逆断層トレースは上述のように2014年地震では活動しておらず，更新世以降は活断層としての活動を既に停止したとの考えも2014年地震以前から指摘されている（東郷・他，1996）。一方，杉戸・他（2015）によれば，北城新田地区の低断層崖を変位基準として，約6千年前以降では上下成分の平均変位速度として1.6mm/yr以上と推定できるという指摘もある。この場合，2014年地震では同トレースの地表から浅部が活動しなかっただけであり，地下深部は2014年の震源断層として活動した可能性もある。

本調査では，両者の可能性を具体的に検討し，今後の地震発生可能性の長期評価に資するため，北城新田地区における最近の活動性を詳細に把握することを目的として，群列ボーリング調査及びS波反射法地震探査を実施した（図4）。ボーリングは，比高約4mの低崖を横断して隆起側で2孔，低下側で2孔を掘削した。S波反射法地震探査は，ポータブルバイブレーター震源を用いて，発振点・受信点をそれぞれ1m間隔とした。ボーリング及び反射法地震探査の測線位置を図4に示す。以下では，ボーリングにみられる地質と年代，反射法地震探査の結果について記載をおこなう。

## （２）ボーリングの層序と年代

北城新田のボーリングで確認された地層は、主として扇状地性砂礫層からなり、断層の低下側には後背湿地に堆積した細粒堆積層、これらの自然の堆積層を覆う旧耕作土層と盛土層から構成される。本調査では、層相と放射性炭素同位体年代等をもとに新しいものからⅠ層からⅦ層に区分した。以下では、ボーリング（HSD1～4 孔）における層相と年代を略述する。図 5 にボーリングに基づく地質断面図、表 1 に放射性炭素同位体年代の結果を示す。

Ⅰ層（盛り土）：黒色～暗灰色を呈する有機質の粗粒砂からなる。淘汰は悪く、しまりは悪い。平均礫径 10mm 程度の石英、蛇紋岩の亜角～亜円礫を含む。上部は黄褐色のシルトからなり、下部は基質シルトの礫からなる。下部の礫層は平均礫径 8mm 程度の蛇紋岩、片岩、アプライトの亜角～亜円礫からなる。下位層との境界は明瞭である。

Ⅱ層（旧表土）：本層は隆起側の HSD-3 孔および HSD-4 孔にのみ分布し、黒褐色を呈する腐植質のシルトからなる。淘汰は悪く、しまりはやや良い。平均礫径 3～4mm の花崗岩、蛇紋岩の亜角礫が点在する。下位層との境界は明瞭である。

Ⅲ層（礫混じりシルト層）：低下側の HSD-1 孔および HSD-2 孔にのみ分布し、黒褐～灰色を呈する礫からなる。礫径は最小 2mm、最大 60mm、平均 4～5mm の亜角～亜円礫からなり、基質支持である。礫種は主に花崗岩、蛇紋岩、片岩からなる。基質は腐植質粘土でしまりが悪い。下位層との境界は漸移的である。

Ⅳ層（礫層）：低下側の HSD-1 孔および HSD-2 孔にのみ分布し、黄褐色から灰色を呈する礫からなる。礫径は最小 3mm、最大 150mm、平均 5～10mm の亜角～亜円礫からなり、基質支持である。礫種は主に花崗岩、珪質岩、蛇紋岩、片岩、安山岩、アプライトからなる。

Ⅴ層（礫層）：低下側の HSD-1 孔および HSD-2 孔にのみ分布し、暗褐色を呈する礫からなる。礫径は最小 2mm、最大 50mm、平均 10mm の亜円礫からなり、基質支持。礫種は斑レイ岩、花崗岩、珪質岩、蛇紋岩。基質は黒色の腐植質シルトでしまりは悪い。下位層との境界は明瞭である。

Ⅵa 層（腐植質粘土層）：低下側の HSD-1 孔にのみ分布し、黒色を呈する腐植質の粘土からなる。礫を含む。淘汰は悪く、しまりは悪い。混入する礫径は最小 2mm、最大 150mm、平均 100mm の花崗岩、蛇紋岩、玄武岩の亜角～亜円礫である。下位層との境界は明瞭である。本層からは  $3110 \pm 30$  y. B. P. の年代測定値が得られた。

Ⅵb 層（砂層層）：低下側の HSD-1 孔にのみ分布し、灰白色を呈する細粒～極細粒砂からなる。淘汰は悪く、礫を含む。混入する礫径は 2～3mm、平均 2mm 程度の石英からなる。上方粗粒化が認められる。下位層との境界は明瞭である。

Ⅶ層（礫層）：本層は全てのボーリング孔で認められ、黄灰色～灰色を呈する礫からなる。礫径は 2～200mm で淘汰が悪い。礫種は主に花崗岩、蛇紋岩、アプライト、片岩、流紋岩などからなり、基質はシルト、細粒砂、中粒～粗粒砂、粗粒砂～細礫で、複数のサブユニットから

なる。また、礫径の平均もサブユニットごとに分かれる。礫径と淘汰、礫種等から判断して、松川が形成する扇状地堆積物と判断される。本層からは  $6520 \pm 30$  y. B. P. の年代測定値が得られた。

### （３）Ｓ波反射法地震探査

長野県北安曇郡白馬村の北城新田地区において、低崖を横断する約 100m の測線で Ｓ 波反射法地震探査を実施した。探査測線の位置を図 4 に示す。探査の主なデータ取得仕様をまとめて表 2 に、本探査で使用した機材の仕様を表 2 に示す。本探査では極浅部構造の把握を目的とするため、分解能の高い Ｓ 波探査を実施した。Ｓ 波震源には、道路状況から振源設置が確実に行えるように高周波な波の発生が可能なポータブルバイブレータを使用した。

取得した探査データに対して、一般的な共通中間点重合法（例えば、物理探査学会，2016）による各種のデータ編集・フィルタ処理を施した。通常のデータ取得時に得られた記録には周囲を通過する車両や工場などの施設に起因する振動、および送電線等から発生される電磁波によるノイズが含まれる。また、反射法探査の解析を実施する上で不要とされる表面波などの波も定常ノイズとして含まれる。そのため、反射法探査のデータ処理によって、上記のノイズ成分を含んだ収録記録から反射波を抽出して解析することにより、地質および構造解釈に資する探査結果断面を得た。これらの探査データ処理作業は反射法探査解析システム SeisSpace ProMAX（Halliburton Energy Services 社製）を用いた。

取得記録に対してバンドパスフィルタを適用した。パラメータテストの結果、スウィープ周波数 10-80Hz において有意な信号が含まれていると判断し、スウィープ周波数に近い帯域にフィルタの通過帯域を設定した。その後、振幅回復処理、デコンボリューション処理を適用した。デコンボリューション適用後、反射断面の波形の連続性向上のため低周波を強調する目的でバンドパスフィルタを適用した。オリジナルの発振記録と比較して波形が整理され、S/N が向上した記録であることを確認した。

上記処理後、速度解析により構築した速度構造に基づいて NMO 補正を行い、残差静補正処理を実施した。残差静補正により起振点・受振点近傍の不均質に起因すると思われる反射波走時のずれが補正され、反射面の連続性が向上したことを確認した。その後、CMP 重合処理を実施した。得られた重合断面に、FK マイグレーションを適用した。使用した速度構造は、マイグレーションのパラメータテストにより、速度解析で得られた速度構造を 80% にスケールしたものである。マイグレーション処理を施した時間断面に対して、平滑化した速度構造を用いて深度変換を行い、深度変換断面を作成した（図 6）。各種のデータ処理に適用したパラメータを表 2 に示す。

#### （４）平均変位速度と断層活動時期

北城新田地区で実施されたボーリング調査と S 波反射法地震探査の結果を統合し、地形地質断面図を作成した（図 7）。本調査では、この結果をもとに平均変位速度と活動時期の推定をおこなった。以下では、放射性炭素同位体年代測定の結果を OxCal 4.3.2 (Ramsey, 2017) を基に暦年較正し、 $1\sigma$  に対応する範囲を示す。較正曲線は IntCal13 (Reimer et al., 2013) を使用した。

平均変位速度は、Ⅶ層上面の累積的な上下変位量と年代値から推定した。Ⅶ層の上下変位は、低下側を埋積するⅥ層以浅の層厚や隆起側の人工改変層を除き、5.5m と計測できる。また、HSD-2 孔のⅦ層最上部から  $6520 \pm 30$  y. B. P. の年代測定値が得られており、暦年 ( $1\sigma$ ) で 7422-7462 calBP である。さらに、それを覆うⅥa 層からは  $3110 \pm 30$  y. B. P. の年代測定値が得られており、暦年で 3256-3374 calBP である。よって、5.5m の累積上下変位は、約 3300～7500 年前に形成されたことになり、平均的な上下変位速度は 0.7～1.7 mm/yr に限定される。また、断層の傾斜を図 7 で計測される  $35^\circ$  程度とした場合、ネットスリップの変位速度は 1.3～2.9mm/yr に換算される。ただし、いずれの場合でも、Ⅶ層の堆積年代としては礫層に狭在する試料の 7500 年前に近いと考えられるため、推定幅の最小値に近いレートである可能性が高い。

活動時期は、低下側を埋積する 2 つの細粒堆積物の存在から可能性を指摘できる。調査地の堆積環境と地層の分布からみて、Ⅶ層の扇状地礫層の堆積後に低断層崖が地震時に成長し、低下側を細粒堆積層であるⅥa 層が埋積したと推定される。扇状地礫層は松川が運搬・堆積したものであり、断層の東側が隆起した場合、上流側がせき止められ低下側が堰き止められる環境になる。この場合、地震イベントはⅦ層堆積以後、Ⅵa 層堆積以前と推定され、その年代は約 3300～7500 年前となる。また、Ⅲ層も低下側にのみ分布する細粒堆積物であり、地震イベントに伴い堆積した可能性がある。Ⅲ層の年代を推定する年代値は得られていないが、Ⅵ層の堆積年代である約 3300 年前以降となる。以上から、北城新田地区の活動時期は、最新活動が約 3300 年前以降、先行する活動が約 3300～7500 年前であった可能性がある。

また、最近 2 回の活動が約 7500 年前から約 3300 年前以後に生じ、最新の活動が歴史記録が確かな約 400 年前よりも以前であるとした場合、平均的な活動間隔は 3600 年程度と見積もられる。

### 3. 2 神城佐野地区におけるトレンチ・ボーリング・S 波反射法地震探査

#### （１）調査地点の概要

長野県北安曇郡白馬村神城佐野地区において、トレンチ調査、群列ボーリング調査、S 波反射法地震探査を実施した（図 3、図 8）。同地区は、神城断層の東側（隆起側）に分布する丘陵を開析し西側の神城盆地へ流下する扇状地面上に位置し、既存の活断層図（例えば、澤・

他，1999；糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ，2007；廣内・他，2017）では神城断層の伏在部として認識されてきた．本調査では，新たに国土地理院発行の米軍撮影空中写真を判読し，扇状地面に形成される東側隆起の撓曲崖をみいだしたため，同地区で詳細な調査を実施することとした．活動履歴や地震時変位量を解明するためのトレンチ調査とあわせて，群列ボーリングとS波反射法地震探査を実施し，より深部の断層構造をもとに後期更新世以降の平均変位速度を推定した．

## （２）トレンチ調査

トレンチ壁面には，河川性砂礫層，湿地性の腐植質シルト層及び泥炭層，これらを切断，変形させる断層，人工改変土層が露出した．本調査では，これらの地層を層相に基づき上位からⅠ層からⅩ層までのユニットに区分した．以下では，ユニット毎に層相の特徴や年代，断層変位との関係について記載する．図9にトレンチ壁面の写真，図10にトレンチ壁面のスケッチ，表4に放射性炭素同位体年代測定の結果を示す．

### （２－１）トレンチの層序

Ⅰ層：暗褐～黒褐色を呈し，塊状の淘汰の悪い有機質粘土からなる．稲の植物根を含み，下位のⅡ層と明瞭に境する．20cm程度の耕作土を除いた後に，トレンチ掘削を行ったため，トレンチ壁面写真およびスケッチには表現されていない．

Ⅰ層は礫混じり有機質シルトからなるⅠa層と，有機質シルトからなるⅠb層に区分される．

Ⅰa層：黒～暗褐灰色を呈し，塊状の淘汰の悪い礫混じり有機質シルトからなる．ビニール片などの人工物を含み，下位のⅡ層と明瞭に境する．田圃の境界及び人工物を含むことから，畔の盛り土と判断される．

Ⅰb層：黒～暗褐灰色を呈し，塊状の不淘汰な有機質シルトからなる．礫が散在し上位の植物根を含む有機質粘土と下位の細礫混じり腐植土が混じる．下位のⅡ層と明瞭に境する．上位層と下位層が混じることから，耕作土と判断される．本層に変位変形は認められない．

Ⅱ層は腐植質シルトからなるⅡa層，腐植土～有機質シルトからなるⅡb層，礫からなるⅡc層と粘土質シルトからなるⅡd層に区分される．

Ⅱa層：黒～暗灰色を呈し，淘汰は悪く，腐植質シルトからなる．全体に粘土分を含み，一部に細礫を含む．N1～N9 または S1～S19 において，本層中部に黒～黒灰色の腐植土を挟む．下位層との境界は漸移的で境界付近に礫が散在する．本層に変位・変形は認められない．

Ⅱb層：黒灰～暗灰色を呈する腐植土～有機質シルトからなる．淘汰は悪く，径1～3cm程度の礫や砂のレンズを挟む．N27～N28において下位層との境界付近に土器片が見られる．断層の上盤側は変形に伴う傾きがみられ東は上位のⅠb層に不整合に覆われ未変形の構造は確

認められない。下位層との境界は明瞭である。走向・傾斜が N22° W/20° E (北壁面) または N12° W/4° E (南壁面) を示す断層を境として、本層の基底は約 80cm 以上変位する。

Ⅱc 層：暗灰色を呈し、締まりは緩く淘汰は悪い礫からなる。基質支持で、基質はシルト～粗粒砂からなる。平均径約 2～6cm, 最大径約 8cm の角～円礫を含む。礫種は主として、花崗岩、安山岩等からなる。下位層との境界は明瞭である。本層は断層の下盤側のみ分布する。

Ⅱd-1 層：本層はトレンチ壁面の N1～N12 および W2～W5 のみ分布する。暗灰～灰褐色を呈し、締まりは良く淘汰の良い粘土質シルトからなる。中部に暗灰～暗褐色の有機質シルトを挟み、下部は灰～淡緑色を呈しレンズ状の細粒砂や細礫の薄層、茅のような草本植物片を含む。下位層との境界は明瞭で、一部下位のⅢc 層と指交関係で接する。本層は断層の下盤側のみ分布する。

Ⅱd-2 層：本層はトレンチ壁面の N22～N32 および S22～S34 のみ分布する。褐～褐灰色を呈し、締まりは良く淘汰の良い粘土質シルトからなる。有機質分を含み、レンズ状または薄層の細粒砂や細礫を挟む。断層の上盤側は変形に伴う傾きがみられ東は上位のⅠb 層に不整合で覆われ未変形の構造は確認されない。下位層との境界はやや明瞭で、下位のⅢa 層が混じる。走向・傾斜が N22° W/20° E (北壁面) または N12° W/4° E (南壁面) を示す断層を境として、本層の基底は約 80cm 以上変位する。

Ⅲ層は礫混じり砂からなるⅢa 層、シルト質砂からなるⅢb 層、細礫混じりシルト質砂と礫からなるⅢc 層に区分される。

Ⅲa 層：褐灰～灰色を呈し、締まりは良く淘汰は悪い礫混じり砂からなる。本層は N22～N32 のみ分布し、上位のⅡb 層と下位のⅢc 層の中間の岩相を示す。断層の上盤側では変形に伴う傾きがみられ東は上位のⅡd 層に不整合に覆われる。走向・傾斜が N22° W/20° E (北壁面) を示す断層を境として、本層の基底は約 100cm 以上変位する。

Ⅲb 層：褐～褐灰色を呈し、締まりは良く淘汰は悪いシルト質砂からなる。本層は N31～N37, E1～E3 のみ分布する。断層の上盤側は変形に伴う傾きがみられ東は上位のⅠb 及びⅡd 層に不整合に覆われる。本層は断層の上盤側だけに分布する。

Ⅲc 層：灰～褐灰色を呈し、締まりは良く淘汰は悪い細礫混じりシルト質砂と礫からなる。礫層は礫支持で、基質は細～粗粒砂からなる。平均径約 2～5cm, 最大径約 10cm の垂角～円礫を含む。礫種は主として、花崗岩、安山岩等からなる。上部に葉理が見られる。N20～N37, S20～S37, E1～E4 において、本層の上部は径 1cm 程度の円礫、下部は径 2～6cm の円礫を多く含み、粗粒砂や細礫からなる葉理が認められ、扁平な礫はインブリケーションを示すことが多い。複数の逆級化、正級化構造が認められ、不明瞭で不連続な砂層のレンズを含むことから、複数の堆積サブユニットからなると判断される。下位層との境界は明瞭で凹凸する。境界付近の基質はシルト分を含む。走向・傾斜が N22° W/20° E (北壁面) または N8° W/22° E (南壁面) を示す断層を境として、本層の基底は約 120cm 変位する。

Ⅳ層：黒褐～灰褐色（一部黄褐～赤褐色）を呈し、締まりは良く淘汰の良い粘土質シルトからなる。レンズ状または薄層で暗灰～暗褐色の有機質シルト、細粒砂や細礫を挟む。有機質シルトは直立した草本植物を含み、上部が暗灰色を呈し下部は灰色を呈す。N1 付近の堆積構造は  $N38^{\circ} E/30^{\circ} NW$ （西壁面との見通しでは  $N86^{\circ} E/30^{\circ} NW$ ）と周辺の堆積構造に比べやや急傾斜を示す。N33～N35 において細粒火山灰を挟む。下位層との境界は明瞭である。走向・傾斜が  $N8^{\circ} W/40^{\circ} E$ （北壁面）または  $N6^{\circ} W24^{\circ}$ （南壁面）を示す断層を境として、本層の基底は約 120cm 変位する。

V 層は砂質シルトからなる Va 層、礫からなる Vb 層に区分される。

Va 層：暗灰～赤灰色を呈し、締まりは良く淘汰は悪い砂質シルトからなる。一部、灰白色を呈す。有機質シルト、細～中粒砂と細礫を挟む。礫層は礫支持で、基質は細～粗粒砂からなる。平均径約 3～5cm、最大径約 8cm の亜角～亜円礫を含む。礫種は主として、暗緑色の風化した凝灰岩、石英斑岩、チャート、泥岩、酸性凝灰岩等からなる。下位の Vb 層と一部指交状に接する。下位層との境界は明瞭で凹凸する。走向・傾斜が  $N8^{\circ} W/40^{\circ} E$  と  $N38^{\circ} E/38^{\circ} E$ （北壁面）または  $N6^{\circ} W/24^{\circ} E$ （南壁面）を示す断層を挟むが、本層の基底はトレンチ底盤より下方のため変位量は不明である。

Vb 層：赤褐～赤灰色を呈し、締まりは良く淘汰は悪い礫からなる。礫支持で、基質は細～中粒砂からなる。上部は細～中礫サイズを多く含み、下部は中～大礫サイズを多く含み、砂分を含む。平均径約 1～5cm、最大径約 18cm の亜角～亜円礫を含む。一部に角礫と円礫がみられ、径 10cm 以上の礫は円～亜角礫を主体とする。礫種は主として、暗緑色の風化した凝灰岩、石英斑岩、チャート、石灰質の泥岩、酸性凝灰岩等からなる。特にチャートや酸性凝灰岩は円磨度が高い。粘性質な腐植土のレンズまたは偽礫を含み、砂のレンズや薄層を挟む。下位層との境界は明瞭で凹凸する。走向・傾斜が  $N8^{\circ} W/40^{\circ} E$  と  $N38^{\circ} E/38^{\circ} E$ （北壁面）または  $N6^{\circ} W/24^{\circ} E$ （南壁面）を示す断層を挟むが、本層の基底はトレンチ底盤より深く、変位量は不明である。

Ⅵ層：有機質粘土～シルトからなる Ⅵa 層、砂からなる Ⅵb 層と、礫からなる Ⅵc 層に区分される。

Ⅵa 層：暗灰色を呈し、締まりは良く淘汰は良い有機質粘土～シルトからなる。砂のレンズまたは薄層を挟む。下位の Ⅵb 層と漸移する。下位層との境界は不明瞭である。

Ⅵb 層：灰色を呈し、締まりは良く淘汰は良い極細～粗粒砂からなる。一部灰白色を呈す。シルト分を含み、細礫のレンズまたは薄層を挟む。粗粒砂からなる平行葉理が卓越し、有機質細粒砂からなる平行葉理が見られる。直立した草本植物（茎や根）を含む。下位層との境界は明瞭で凹凸し、一部酸化し褐色を呈する。

Ⅵc 層：灰～褐灰色を呈し、締まりは緩く淘汰は悪い礫からなる。砂のレンズまたは薄層を挟む。礫層は礫支持で、基質は細～粗粒砂からなる。平均径約 3～5cm、最大径約 15cm の亜角

～亜円礫を含む。礫種は主として、暗緑色の風化した凝灰岩、石英斑岩、チャート、泥岩、酸性凝灰岩等からなる。トレンチ底盤に位置するため下位層との境界は不明である。

## （2-2）イベント層準の認定と年代

トレンチ壁面に出現した断層と地層の切断・被覆関係、上下変位量や変形程度の差異などをもとに、2回の地震イベントを認定した。以下では、これらのイベントを新しいものからイベント1、イベント2と呼称し、イベント認定の根拠と年代、地震上下変位量について記述する。

イベント1：Ⅱb層以下の地層を切断する断層がⅡa層に覆われる。断層上端は腐植質シルト層であるⅡb層中で殲滅するが、Ⅱa層の基底に明瞭な変位・変形を与えていない。よって、イベントはⅡb層堆積以後、Ⅱa層堆積前である。

Ⅱb層から採取した年代測定の結果、 $2700 \pm 30$  y. B. P. (2762-2843 CalBP) の年代測定値が得られた。一方、Ⅱa層からは  $930 \pm 30$  y. B. P. (797-910 CalBP) が得られている。よって、イベント1の発生年代は約800～2800年前と推定される。この年代は、従来の神城断層南部の最新活動時期である、白馬堀之内トレンチの約1200年前（奥村・他、1998）と矛盾しない。

イベント1に伴う上下変位量は、Ⅳ層を変位基準として1.2mと計測できる。Ⅲ層以上の地層はトレンチの範囲内では変形帯の中に位置するため、いずれも最小値となる。

イベント2：Ⅴb層およびⅥ層の撓曲変形は、イベント1に伴うⅣ層以上の変形とは不調和であり、明瞭に累積的な変形を伴っている。またⅤb層とⅤa層の層厚さは断層の下盤側で厚く堆積するが、上盤側では東へ向かって層厚を減じている。すなわち、下位のⅥ層に生じたイベント2に伴う撓曲変形をⅤa層がオーバーラップして堆積していると判断出来る。よって、イベント2は少なくともⅥ層の堆積以後で、Ⅴa層およびⅤb層の堆積中に生じたと考えられる。ただし、Ⅴa層とⅤb層は指交関係にあるため、Ⅴ層中の層準を特定することはできない。

Ⅴa層の最も新しい年代として  $9410 \pm 30$  y. B. P. (10588-10681 CalBP) が得られ、累積変位が明らかなⅤb層直上から  $10320 \pm 30$  y. B. P. (12021-12367 CalBP) が得られた。よって、イベント2の発生年代は約10600～12400年前と推定される。

以上、2回のから活動時期、平均活動間隔は7800-11600年であると考えられる。

## （3）ボーリングの層序

神城佐野地区では、KSN-1～8孔のボーリングコアを採取した。以下ではコアで観察される層序と層相について記載をおこなう。断層の上盤側と下盤側では露出する地層が大きく異なるため、便宜上、上盤側と下盤側で整理し、より層相の変化に富む下盤側から記載をおこなう。なお、全体の地質構造は後述する図12を参照いただきたい。

【KSN-1, 2, 3, 6, 4 孔】下盤側

I 層（礫混じり腐植質粘土～シルト層）：黒褐色を呈する礫混じりの腐植質粘土～シルトからなる。淘汰は悪く、しまりは悪い。礫径は最小 2mm, 最大 40mm, 平均 2～5mm の石英, 砂岩, チャート, 安山岩の亜円礫が混じる。植物根を多く含む。下位層との境界は漸移的である。

II 層（腐植質粘土層）：黒褐～暗褐色を呈する砂～礫混じりの腐植質粘土や腐植質細粒砂からなる。淘汰は悪く、しまりはやや悪い。礫径は最小 2mm, 最大 20mm, 平均 2～5mm の石英, 砂岩, チャート, 安山岩の亜円礫が混じる。植物片を多く含む。一部に水平に葉理を持ち、有機質, 黄褐色の細粒砂, 黄褐色の中～粗粒砂を挟む。下位層との境界は明瞭である。

III 層（礫層）：灰黄色～灰色を呈する礫からなる。礫径は最小 2mm, 最大 40mm, 平均 3～10mm の石英, チャート, 砂岩, 泥岩, 安山岩, 玄武岩, 花崗岩類の亜角～円礫を含み, 基質支持。基質は細粒～中粒砂でしまりは良い。一部, 上方粗粒化がみられる。下位層との境界は明瞭である。

IV 層（腐植質粘土層）：黒色を呈する腐植質粘土からなる。淘汰はやや良く, しまりは良い。水平な葉理や有機質の中粒砂, 褐色を呈する細粒砂を挟む。砂層は淘汰は良く, しまりは悪い。亜円～円礫が点在する。下位層との境界は明瞭である。

V 層（砂礫層）：黄褐色を呈する礫からなる。淘汰は悪く, しまりはやや悪い。礫径は最小 2mm, 最大 40mm, 平均 3～10mm 程度の亜角～円礫からなり, 基質支持。礫種は主に石英, 泥岩, 砂岩, 玄武岩, 安山岩。基質はシルト～極粗粒砂。間に中粒～極粗粒砂, 有機質の粘土, シルトを挟み, 砂層中には上方細粒化や上方粗粒化がみられる。下位層との境界は明瞭である。

VI 層（礫層）：黄褐色を呈する礫からなる。礫径は最小 2mm, 最大 100mm, 平均 5～20mm の亜角～円礫からなり, 礫支持。礫種は主にチャート, 珪質岩, 泥岩, 安山岩質, 玄武岩質, 花崗岩類。基質は中粒～極粗粒砂でシルト分を含み, しまりは良い。下位層との境界は明瞭である。

VII 層（砂層）：暗灰黄～褐灰色を呈するシルト～粗粒砂からなる。淘汰はやや良く, しまりは良い。一部に上方細粒化や有機質の粘土, シルト, 砂層を挟む。礫を挟み, 礫種は主にチャート, 花崗岩類, 玄武岩, 安山岩。下位層との境界は漸移的である。

VIII 層（砂礫層）：褐灰～灰色を呈する極細粒砂～礫からなる。淘汰は悪く, しまりはやや悪い。礫径は最小 2mm, 最大 100mm, 平均 4～20mm 程度の亜角～円礫からなり, 礫支持。礫種は主に砂岩, 安山岩, アプライト, 珪質岩, 泥岩, 石英, 玄武岩, チャート等。基質は有機質のシルト～極細粒砂からなる。間に粘土層を挟む。下位層との境界は明瞭である。

IX 層（礫層）：緑灰～暗灰黄色を呈する礫からなる。礫径は最小 2mm, 最大 150mm, 平均 2～20mm の角～円礫からなり, 上部は円礫の割合が多く, 下部は角礫が多い。基質支持。礫種は主に花崗岩類, チャート, 泥岩, 安山岩, 玄武岩, 凝灰岩等。基質はシルト～粗粒砂で, 間に

有機質のシルトや偽礫，腐植質シルトや中粒砂を挟む．一部に葉理がみられる．下位層との境界は明瞭である．

X層（砂礫層）：本層準は，灰～暗オリーブ灰色を呈するシルト～礫からなるXa層，暗オリーブ灰色を呈する溶結凝灰岩，安山岩からなるXb層の2層に区分される．

Xa層（砂礫層）：灰～暗オリーブ灰色を呈するシルト～礫からなる．淘汰は悪く，しまりは良い．上部は粗粒砂からなる．下部は礫からなり，礫径は最小3mm，最大130mm，平均10mmの亜角～亜円礫からなり礫支持．礫種は主に泥岩，安山岩，砂岩，凝灰岩．基質は中粒砂．下位層との境界は明瞭である．

Xb層（礫層）：暗オリーブ灰色を呈する極粗粒砂～礫からなる．淘汰は悪く，しまりは良い．上方細粒化が認められる．礫径は最小5mm，最大250mm，平均30～40mmの亜角～亜円礫からなり，基質支持．礫種は主に安山岩，溶結凝灰岩．基質は礫と同質のシルト～中粒砂．

#### 【KSN-7，5，8孔】上盤側

I層（礫混じり腐植質シルト～砂層）：黒褐色を呈する礫混じりの腐植質シルトや有機質砂からなる．淘汰は悪く，しまりは悪い．砂，礫が混じり，植物片を多く含む．下部に礫を挟む．礫径平均2～3mmの泥岩，花王岩の亜円～円礫が点在する．下位層との境界は明瞭である．

III層（シルト層）：黄褐色を呈するシルトからなる．間に礫を挟む．礫は平均4～8mmの主にチャート，安山岩，蛇紋岩の亜角～亜円礫を含む．下位層との境界は明瞭である．

IV層（有機質シルト層）：黒～黒褐色を呈する有機質シルトや礫混じり腐植質シルトからなる．淘汰は良く，しまりは悪い．平均2～3mmの泥岩，花崗岩の亜円～円礫が点在し，有機質の細粒砂層を挟む．下位層との境界は明瞭である．

V層（砂層）：黄褐色を呈する粗粒～極粗粒砂からなる．淘汰は悪く，しまりは良い．葉理が認められる．下位層との境界は明瞭である．

VI層（砂礫層）：暗灰～黄褐色を呈する礫からなる．礫径は最小2mm，最大60mm，平均10～20mm程度の亜角～円礫からなり，基質支持．礫種は主にチャート，珪質岩，砂岩，安山岩，玄武岩，花崗岩類等．基質は中粒～粗粒砂でシルト分を含む．下位層との境界は明瞭である．

VII層（砂層）：暗褐～褐色を呈する有機質のシルト～極粗粒砂からなる．淘汰は悪く，しまりは良い．上部は有機質を含むシルトからなる．基質に有機質シルトや有機質中粒砂を含む礫層が挟まれる．礫種は主にチャート，石英，玄武岩，安山岩，花崗岩からなる．下位層との境界は明瞭である．

VIII層（礫層）：黒色～灰黄褐色～灰白色を呈する礫からなる．礫径は最小2mm，最大180mm，平均4～20mm程度の亜角～円礫からなり，基質支持．礫種は主に石英，砂岩，泥岩，チャート，玄武岩，花崗岩類等．基質はシルト～極粗粒砂でしまりは良い．下位層との境界は明瞭である．

IX層（礫層）：緑灰色～暗灰黄色を呈する礫からなる。礫径は最小 2mm，最大 150mm，平均 2～20mm の角～円礫からなり，上部は円礫の割合が多く，下部は角礫が多い。基質支持。礫種は主に花崗岩類，チャート，泥岩，安山岩，玄武岩，凝灰岩等。基質はシルト～粗粒砂で，間に有機質のシルトや偽礫，腐植質シルトや中粒砂を挟む。一部に葉理がみられる。

X層（礫層）：黒～緑灰色を呈する礫からなる。礫径は最小 2mm，最大 460mm，平均 2～10mm 程度の亜角～亜円礫からなり，礫支持。一部基質支持。礫種は主に安山岩，玄武岩，チャート，泥岩，閃緑岩，緑色岩，蛇紋岩，泥岩，凝灰岩，花崗岩類等。基質はシルト～細粒砂，中粒～極粗粒砂でしまりは良い。有機質シルトの偽礫，葉理，灰白色のシルト～砂層を挟む。

#### （４）S 波反射法地震探査

長野県北安曇郡白馬村の神城佐野地区において，約 1000m の測線で S 波反射法地震探査を実施した（図 8）。探査の主なデータ取得仕様を表 1 に示す。本探査では極浅部構造の把握を目的とするため，分解能の高い S 波探査を実施した。S 波震源には，可能な限り高分解能な探査断面を取得するため，ミニバイブ震源を用いた。また，トレンチ近傍では高周波な波の発生が可能なポータブルバイブレイタも併用し，より精緻に地質構造を推定できるよう努めた。

取得した探査データに対して，一般的な共通中間点重合法（例えば，物理探査学会，2016）による各種のデータ編集・フィルタ処理を施した。通常のデータ取得時に得られた記録には周囲を通過する車両や工場などの施設に起因する振動，および送電線等から発生される電磁波によるノイズが含まれる。また，反射法探査の解析を実施する上で不要とされる表面波などの波も定常ノイズとして含まれる。そのため，反射法探査のデータ処理によって，上記のノイズ成分を含んだ収録記録から反射波を抽出して解析することにより，地質および構造解釈に資する探査結果断面を得た。これらの探査データ処理作業は反射法探査解析システム SeisSpace ProMAX（Halliburton Energy Services 社製）を用いた。

取得記録に対してバンドパスフィルタを適用した。パラメータテストの結果，スウィープ周波数 10-80Hz において有意な信号が含まれていると判断し，スウィープ周波数に近い帯域にフィルタの通過帯域を設定した。その後，振幅回復処理，デコンボリューション処理を適用した。デコンボリューション適用後，反射断面の波形の連続性向上のため低周波を強調する目的でバンドパスフィルタを適用した。オリジナルの発振記録と比較して波形が整理され，S/N が向上した記録であることを確認した。

上記処理後，速度解析により構築した速度構造に基づいて NMO 補正を行い，残差静補正処理を実施した。残差静補正により起振点・受振点近傍の不均質に起因すると思われる反射波走時のずれが補正され，反射面の連続性が向上したことを確認した。その後，CMP 重合処理を実施した。得られた重合断面に，FK マイグレーションを適用した。使用した速度構造は，マイグレーションのパラメータテストにより，速度解析で得られた速度構造を 80% にスケーリ

ングしたものである。マイグレーション処理を施した時間断面に対して、平滑化した速度構造を用いて深度変換を行い、深度変換断面を作成した（図 11）。各種のデータ処理に適用したパラメータを表 3 に示す。

#### （５）調査地周辺の地質構造と平均変位速度

神城佐野地区における地形測量、トレンチ調査、ボーリング調査、S 波反射法地震探査の結果を統合して、地形地質断面図を作成した（図 12）。ボーリング間の地層対比線は、コア間の対比に基づく傾斜やコアで観察される地層の傾斜、反射面の傾斜等を考慮して外挿した。また、隆起側のⅢ層～Ⅴ層は人工改変により消失しているが、トレンチ及び KSN-7 孔で観察される層厚と傾斜を一定と仮定してさらに東方向へ外挿して図示した。

大局的な地質構造は、東傾斜の神城断層が数条に分岐しながら西側低下の撓曲変形を形成し、低下側を相対的に細粒な堆積層が厚く埋積している。また、隆起側に分布する扇状地面はⅢ層の砂礫層により構成されており、Ⅲ層を切断する断層と撓曲変形の低下側をⅡ層の腐植質シルト層及び泥炭層がアバットして埋積していることがわかる。さらに下位の地層でも断層と撓曲変形の低下側を埋積する構造が複数みられ、いくつかの鍵層を基準に累積的な上下変位量を計測できる。

本調査による最も年代が古いⅨ層とⅩ層の境界を変位基準として、30.4m の累積的な上下変位を計測できる。Ⅸ層は断層の低下側のみに分布する約 34～42ka の砂礫層と腐植質シルト層の互層である。Ⅹ層は年代不詳の固結した砂礫層および大峰帯に含まれる太郎山安山岩により構成される。Ⅹ層の正確な年代は不明であるが、KSN-4 孔にみられるⅨ層最下部から約 42ka の年代値（45175-46190 calBP）が得られており、上述の 30.4m の累積変位が約 42ka 頃に形成されたと考えた場合、平均的な上下変位速度は約 0.7mm/yr である可能性がある。

Ⅶ層は腐植質シルトと砂層の互層からなる湖沼性の堆積層であり、断層の低下側で厚く堆積して下位のⅧ層をオーバーラップしつつ、地形地質断面の全域にわたり分布する。特に最上部にはシルトおよび粘土層が狭在しており、初生的な堆積構造が概ね水平であったことを示す。このⅦ層の最上部を変位基準に累積的な上下変位量は約 16m と計測された。Ⅶ層最上部の年代として、 $16820 \pm 40$  y. B. P.（20190-20389 calBP）が得られている。よって、平均的な上下変位速度は 0.8mm/yr と見積もられる。Ⅶ層の分布と堆積環境から判断して、本調査ではこの値が最も信頼度が高いレートと考えられる。

より上位のⅤ層についても平均的な上下変位速度を求めることができる。Ⅴ層の上面を変位基準として 12.6m の累積上下変位が計測され、最上部の年代は  $10220 \pm 30$  y. B. P.（11828-12029 calBP）である。よって、平均的な上下変位速度は 1.1mm/yr 程度と見積もられる。ただし、前述のトレンチ調査によって、Ⅴ層は断層によって 2 回しか変位・変形していないため、長期間の変位速度を推定する期間としては短い可能性がある。

以上から、神城佐野地区における平均的な上下変位速度は最良推定値として 0.8mm/yr と推定される。ただし、地形地質断面図の範囲より西側では、さらに別の逆断層が前面に張り出して盆地内に伏在する可能性も示唆されており（例えば、図 11C）、0.8mm/yr は同地区における神城断層全体の変位速度としては最小値の可能性が高い。なお、断層の傾斜が概ね 30° 東傾斜であることを考慮して、ネットスリップのレートとしては 1.6mm/yr 程度となる。

### 3. 3 池田町会染地区におけるボーリング調査

#### （1）調査地点の概要

北安曇郡池田町会染地区において、松本盆地東縁断層北部の活動履歴と地震時変位量を復元するための予察ボーリング調査を実施した（図 13, 14）。同地区周辺では、丸山・他（2010）が実施したトレンチの北側に位置する。松本盆地東縁断層北部は、調査地東側の大峰丘陵から西へ流下する扇状地面に西側低下の撓曲崖を形成し、調査地から北から北北西方向へ連続的に延びる（図 13）。断層により切断・変形する扇状地堆積物を変位基準として、地震時変位量を把握するため、本調査では断層上盤側とみられる位置で AKM-3 及び AKM-4 孔の 2 本を掘削した（図 14）。ボーリングは同一の水田上で掘削し、掘削深度はそれぞれ AKM-3 孔が 16m、AKM-4 孔が 14m である。

#### （2）ボーリングの層序

池田町会染地区において掘削した 2 本のボーリングでは、深さ約 4 m 以深に扇状地礫層が確認でき、それを覆う腐植質シルト層及びシルト～砂層の細粒堆積物、人工改変土層が露出した（図 15, 16）。扇状地堆積層の上面高度は、西側の AKM-3 孔で -3.5m、東側の AKM-4 孔で -4.5m であり、礫層上面が東へ緩く傾斜していることを示す。同地区の扇状地は西へ向かって傾き下がるため、礫層上面の東傾斜は逆傾斜にあたり、掘削位置が逆断層の上盤側であることを考慮すれば、この扇状地礫層は、少なくとも 1 回の活動を記録している可能性が高い。今後、より多くのコアを追加採取して詳細な地質断面を作成するとともに、放射性炭素同位体年代測定を実施して、活動履歴と地震時変位量を復元する必要がある。なお、追加で掘削したコアについては、文部科学省「活断層帯から生じる連動型地震の発生予測に向けた活断層調査研究」平成 29 年度成果報告書の一部に記載した。

### 4. まとめ

糸魚川-静岡構造線断層帯（北部区間）における従来の評価と本調査により得られた結果を比較し、表 5 にまとめて示す。

#### 4. 1 断層帯の位置および形態

##### （1）断層帯を構成する断層

本調査からは糸魚川―静岡構造線断層帯・北部区間を構成する断層について、従来評価の改訂に資する新たなデータは得られていない。

## （２）断層面の位置・形状

本調査からは神城佐野地区において、次の新たな知見を得た。従来は、同地区においては神城断層が伏在するとされてきたが、本調査により撓曲崖がみいだされトレンチ調査においても明瞭な東傾斜の逆断層が確認された。そのため、活断層図上の表現として、伏在や位置不明確ではなく、位置確実となった。また、本調査により推定された地質構造によって、同地区では深さ 20m 程度まで断層の傾斜が 30-40° 程度であることが明らかになった。

なお、2014 年長野県北部の地震に伴う余震分布等（地震調査委員会、2014）から判断して、地下 4 km 以深の断層傾斜は 60-70° と高角である可能性が高い。

## （３）変位の向き

本調査からは糸魚川―静岡構造線断層帯・北部区間の変位の向きについて、従来評価の改訂に資する新たなデータは得られていない。

# 4. 2 断層帯の過去の活動

## （１）平均変位速度

北城新田地区において、本調査では平均的な上下変位速度が 0.7~1.7 mm/yr と新たに見積もられた。従来の調査研究では、杉戸・他（2015）によって 1.6mm/yr 以上と推定されていたが、今回の調査で詳細な層序や年代測定値を追加したため、推定幅が狭められた。

神城佐野地区において、本調査では平均的な上下変位速度が 0.8mm/yr と新たに見積もられた。この変位速度は、調査地から数 km 以内で推定されている 2.4-2.7mm/yr（例えば、下川・山崎、1987；松多・他、2001；Katsube et al., 2017）などによる推定値や、地震調査委員会（2015）の評価による北部区間の上下変位速度 1-3 m/千年よりも小さく、同地区における神城断層の平均変位速度としては最小値である可能性が高い。今後、調査地より西側の盆地内に伏在する活断層の存在を含めて詳細を検討する必要がある。

## （２）活動時期

北城新田地区において、断層低下側を埋積する細粒堆積層と堆積環境の変化から約 8 千年前以降に 2 回の活動があった可能性が明らかになった。地表地震断層を伴う活動の時期は、最新活動が約 3300 年前以降、先行する活動が約 3300~7500 年前であった可能性がある。

神城佐野地区のトレンチに出現した断層および撓曲と地層の切断、被覆関係や上下変位と変形程度の差異から 2 回の地震イベントを識別した。イベント 1 の年代は約 800~2800 年前、

イベント 2 の年代は約 10600～12400 年前と推定される。最新活動時期は、奥村・他（1998）による白馬トレンチの最新活動時期と調和的であり、従来から指摘されている西暦 762 年もしくは 841 年の歴史地震（宇佐美・他，2013）に対応する可能性がある。

### （３）１回の変位量

神城佐野地区において、トレンチに露出した断層および撓曲変形した地層を変位基準として、最新活動に伴う上下変位量を 1.2m と計測した。上下変位量は断層の傾斜  $30^{\circ}$  を考慮して、ネットスリップとして 2.4m に換算される。この変位量はトレンチ内でみられた断層のみの地震時変位量であるが、松田・他（1980）による地震断層長-変位量のスケーリング則から判断すれば、最新活動に伴う地表地震断層長は約 24km 以上と推定される。

### （４）活動間隔

北城新田地区において 7500 年前以降に 2 回の活動の可能性があり、平均的な活動間隔が約 1500～3600 と推定される。この活動間隔は、神城断層の最北端のうち 2014 年地震で地表地震断層を生じなかった区間において、過去に地表地震断層を生じたイベントの発生間隔を示すと考えられる。

神城佐野地区のトレンチで識別した 2 回のイベント発生時期から 7800～11600 年の活動間隔が求まる。この活動間隔は過去に副断層で生じた地表地震断層を伴う規模の活動であり、白馬トレンチで推定された神城断層としての代表的な活動間隔である 1000～2400 年（奥村・他，1998；地震調査委員会，2015）と比較して有意に長い。神城佐野地区と白馬トレンチは約 4 km 程度しか離れておらず、その間にセグメント境界ないし活動区間境界が存在するとは考えにくい。そのため、神城佐野トレンチみられた断層は神城断層本体の活動を記録しているとは考えにくく、副断層の履歴を示すと判断できる。副断層は常に本体と同時に活動すると考えた場合、平均的には 5 回に 1 回程度の割合（範囲中央値から算出した場合）で本体と副断層が同時に活動したことになる。

### （５）活動区間

本調査及び既往の調査研究成果を検討した結果、従来の北部区間は次の活動区間に細分される。従来の北部区間を構成する神城断層の最北端では、2014 年長野県北部の地震で活動したため、独立した活動区間と考えられる（図 17）。2014 年地震後に同区間で実施された複数のトレンチ調査では、2014 年に先行する活動が約 300 年前の西暦 1714 年正徳小谷地震に対比される可能性が指摘されており（例えば、Katsube et al., 2017）、従来の北部区間の代表地点となっていた白馬・堀之内トレンチとは異なる活動時期と活動間隔であることが明らかである。

この区間は2014年長野県北部地震でM6.7の地震を生じ、震源断層の長さからは約20kmの可能性があるので、将来に想定される地震規模はM6.7～7.0程度の可能性がある。

神城断層の中で南部にあたる、白馬村堀之内周辺から大町市平の木崎湖南方付近に至る長さ約15kmの区間は2014年地震では未破壊であり、この区間と松本盆地東縁断層北部の約23kmをあわせた区間が北部区間となる。再定義した北部区間の長さは、区間の端点と端点を直線で結んだ場合、約35kmとなる。よって、松田（1975）に基づく同区間で生じる将来の地震規模は、従来の北部区間全体で推定されたM7.7程度を下回り、M7.4程度となる。

## 謝 辞

本調査の実施にあたり長野県危機管理防災課、白馬村総務課ならびに池田町総務課の各位にご協力をいただきました。白馬村教育委員会には、神城佐野トレンチ出土した遺物片の年代等についてご教示いただきました。北城新田地区、神城佐野地区および池田町会染地区の地権者及び耕作者の方々には、調査の趣旨をご理解いただき、快く土地の使用と掘削を認めていただきました。法政大学・杉戸信彦氏にはトレンチ壁面の解釈について有益な議論をしていただきました。本調査のうち野外調査は応用地質株式会社に依頼しました。

以上の皆様に心より御礼申し上げます。

（調査担当：近藤久雄）

## 文 献

- 物理探査学会：物理探査ハンドブック 増補改訂版，公益社団法人 物理探査学会，東京，1045p，2016.
- 土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会：原子力発電所の活断層系評価技術-長大活断層系のセグメンテーション-. 175p，2004.
- 廣内大助・松多信尚・杉戸信彦・熊原康博・石黒聡士・金田平太郎・後藤秀昭・楮原京子・中田高・鈴木康弘・渡辺満久・澤 祥・宮内崇裕：2014 年神城断層地震変動地形調査グループ，糸魚川-静岡構造線北部に出現した 2014 年長野県北部の地震（神城断層地震）の地表地震断層，活断層研究，43，149-162，2015.
- 廣内大助・澤 祥・石村大輔・岡田真介・楮原京子・後藤秀昭・杉戸信彦・鈴木康弘・松多信尚：1:25,000 都市圏活断層図「白馬岳・大町 一部改訂版」，D1-No. 765，国土地理院，2017.
- 糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ：「糸魚川-静岡構造線断層帯変動地形資料集 No. 1 北部（白馬-松本間）」，30p，2007.
- 糸静線活断層系発掘調査研究グループ：糸静線活断層系中部、若宮、大沢断層の性格と第四紀後期における活動：富士見、茅野における発掘調査. 東京大学地震研究所彙報，63，349-428，1988.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会：「糸魚川-静岡構造線活断層系の調査結果と評価について」，10p，1996.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会：「2014 年 11 月 22 日長野県北部の地震の評価」，16p，2014.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会：「糸魚川-静岡構造線断層帯の長期評価（第二版）」，60p，2015.
- Katsube, A., H. Kondo, and H. Kurosawa: Surface rupturing earthquakes repeated in the 300 years along the ISTL active fault system, central Japan, Geophys. Res. Lett., 44, doi:10.1002/ 2017GL073746, 2017.
- 勝部亜矢・近藤久雄・谷口 薫・加瀬祐子：2014 年長野県北部の地震(Mw6.2)に 伴う地表地震断層の分布と変位量，地質学雑誌，123，1-21，2017.
- 活断層研究会編：「日本の活断層-分布図と資料-」. 東京大学出版会，363 p，1980.
- 活断層研究会編：「新編日本の活断層-分布図と資料-」. 東京大学出版会，437 p，1991.
- 近藤久雄・勝部亜矢：2014 年長野県北部の地震が提起した内陸大地震の長期予測に関する諸問題，科学，86，4，2016.
- 近藤久雄・谷口薫，糸魚川-静岡構造線活断層系中部の諏訪湖周辺における古地震調査. 巨大地震による複合的地質災害に関する調査・研究報告書，産業技術総合研究所地質調査総合センター，66, 147-158，2014.
- Kondo, H., S. Toda, K. Okumura, K. Takada, T. Chiba, A fault scarp in an urban area identified by LiDAR survey: a case study on the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line,

- central Japan, *Geomorphology*, 101, 731-739, 2008.
- 丸山 正・遠田晋次・奥村晃史・三浦大助・佐々木俊法・原口 強・都司嘉宣：より詳しい地震活動履歴解明のための地震学および史料地震学的研究，糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測平成 17-21 年度成果報告書，文部科学省開発局・国土交通省国土地理院・国立大学法人東京大学地震研究所，230-254，2010.
- 松田時彦：活断層から発生する地震の規模と周期について，*地震第 2 輯*，28-3，269-283，1975.
- 松田時彦・山崎晴雄・中田 高・今泉俊文：1896 年陸羽地震の地震断層，*東京大学地震研究所彙報*，55，795-855，1980.
- 松多信尚・池田安隆・今泉俊文・佐藤比呂志：糸魚川-静岡構造線活断層系北部神城断層の浅部構造と平均すべり速度—浅部反射法地震探査とボーリングの結果—，*活断層研究*，20，59-70，2001.
- 文部科学省研究開発局：糸魚川-静岡構造線断層帯に関するパイロット的な重点的調査観測(平成 14 年度)成果報告書. 79p，2003.
- 文部科学省研究開発局：糸魚川-静岡構造線断層帯に関するパイロット的な重点的調査観測(平成 15 年度)成果報告書. 93p，2004.
- 文部科学省研究開発局：糸魚川-静岡構造線断層帯に関するパイロット的な重点的調査観測(平成 14-16 年度)成果報告書. 299p，2005.
- 文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・東京大学地震研究所：糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測 平成 17 年度)成果報告書. 115p，2006.
- 文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・東京大学地震研究所：糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測 平成 18 年度成果報告書. 130p，2007.
- 文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・東京大学地震研究所：糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測 平成 19 年度成果報告書. 163p，2008.
- 文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・東京大学地震研究所：糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測 平成 20 年度成果報告書. 178p，2009.
- 文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・東京大学地震研究所：糸魚川-静岡構造線断層帯における重点的な調査観測 平成 17-21 年度成果報告書. 362p，2010.
- 中田 高・今泉俊文編：「活断層詳細デジタルマップ」，東京大学出版会，60 p，付図 1 葉，DVD2 枚，2002.
- Okada, S., Ishimura, D., Niwa, Y. and Toda, S.: The First Surface-Rupturing Earthquake in 20 Years on a HERP Active Fault is Not Characteristic: The 2014 Mw6.2 Nagano Event along the Northern Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line. *Seis. Res. Lett.*, 86, 1-14, 2015.
- 奥村晃史・井村隆介・今泉俊文・東郷正美・澤祥・水野清秀・荻谷愛彦・斉藤英二：糸魚川-静岡

- 構造線活断層系北部の最近の断層活動-神城断層・松本盆地東縁断層トレンチ発掘 調査. 地震第2輯, 50, 35-51, 1998.
- Ramsey, B.C.: Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets. Radiocarbon, 59(2), 1809-1833, 2017.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatt, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., & van der Plicht, J.: IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP. Radiocarbon, 55(4), 2013.
- 澤祥・東郷正美・今泉俊文・池田安隆・松多信尚:1:25,000 都市圏活断層図「白馬岳」. 国土地理院技術資料 D.1-No. 368, 1999.
- 下川浩一・山崎晴雄:古神城湖堆積物からみた断層運動, 日本第四紀学会講演要旨集, 17, 92-93, 1987.
- 杉戸信彦・谷口 薫・松多信尚・澤 祥・田力正好・野澤竜二郎・皆黒 剛:白馬村北城新田および大出における神城断層の平均変位速度と活動時期の検討, 43, 109-118, 2015.
- 東郷正美・池田安隆・今泉俊文・佐藤比呂志:神城断層両端部の断層変位地形. 活断層研究, 15, 9-16, 1996.
- 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子:「日本被害地震総覧 599-2012」. 東京大学出版会, 694p, 2013.

## 図表のキャプション

表 1 北城新田地区における放射性炭素同位体年代測定の結果

表 2 反射法地震探査のデータ取得仕様

表 3 解析パラメーター一覧

表 4 神城佐野地区における放射性炭素同位体年代測定の結果

表 5 糸魚川-静岡構造線断層帯（北部区間）のまとめ

図 1 糸魚川-静岡構造線断層帯の分布と活動区間

図 2 糸魚川-静岡構造線断層帯・北部区間の分布と調査位置

図 3 北城新田地区周辺の活断層分布と調査位置

図 4 北城新田地区におけるボーリング掘削，反射法地震探査測線，地形断面測量の位置

図 5 北城新田地区のボーリングに基づく地質断面図

図 6 北城新田地区におけるS波反射法地震探査の断面図

図 7 北城新田地区におけるボーリング・探査結果の統合断面図

図 8 神城佐野地区におけるトレンチ・ボーリング・反射法地震探査の位置

図 9 神城佐野地区におけるトレンチ壁面の写真（展開図）

図 10 神城佐野地区におけるトレンチ壁面のスケッチ

図 11 神城佐野地区におけるS波反射法地震探査の結果

図 12 神城佐野地区における地形地質断面図

図 13 池田町会染地区周辺における松本盆地東縁断層北部の分布と調査位置

図 14 池田町会染地区におけるボーリング掘削位置

図 15 池田町会染地区におけるボーリングコア写真（AKM-3 孔）

図 16 池田町会染地区におけるボーリングコア写真（AKM-4 孔）

図 17 北部区間最北端付近の活動区間

表 1 北城新田地区における放射性炭素同位体年代測定の結果

| geo ID | beta ID | sample   | type of material | Measured Radiocarbon Age |    | Conventional Radiocarbon Age |    | cal                                                                                                                                                                   | $^{13}\text{C}$ | Technique Delivery                  | Pretreatment |
|--------|---------|----------|------------------|--------------------------|----|------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------|
| 54059  | 482537  | HSDB1-01 | organic sediment | 3020                     | 30 | 3110                         | 30 | 95.4% probability   (95.4%) 1437 – 1288 cal BC (3386 – 3237 cal BP)                                                                                                   | –19.4           | AMS-Standard                        | acid washes  |
| 54060  | 482538  | HSDB2-01 | organic sediment | 6670                     | 30 | 6520                         | 30 | 95.4% probability   (88.6%) 5547 – 5465 cal BC (7496 – 7414 cal BP)   (4.5%) 5407 – 5384 cal BC (7356 – 7333 cal BP)   (2.3%) 5441 – 5423 cal BC (7390 – 7372 cal BP) | –33.9           | AMS-Micro-sample Analysis; Standard | acid washes  |

表2 反射法地震探査のデータ取得仕様

| 測線名       | 神城佐野 A測線              | 神城佐野 B測線     | 北城新田         |
|-----------|-----------------------|--------------|--------------|
| 測線長       | 432m                  | 153m※        | 96m          |
| 受振点間隔     | 2m                    | 1m           | 1m           |
| 発振点間隔     | 2m                    | 1m           | 1m           |
| 展開方式      | エンドオン, 固定展開           | 固定展開         | 固定展開         |
| 振源        | ミニバイブレータ<br>(T-15000) | ポータブルバイブレータ  | ポータブルバイブレータ  |
| 起振周波数     | 10-80Hz               | 10-80Hz      | 10-80Hz      |
| スウィープ長    | 8秒                    | 8秒           | 8秒           |
| 収録時間      | 2秒(コリレーション後)          | 2秒(コリレーション後) | 2秒(コリレーション後) |
| サンプリングレート | 0.5ms                 | 0.5ms        | 0.5ms        |
| 垂直重合数     | 4~8回                  | 8回           | 4回           |

※受振点距離は119m。

表3 解析パラメーター一覧

|            |               | 神城佐野A測線                | 神城佐野B測線            | 北城新田               |
|------------|---------------|------------------------|--------------------|--------------------|
|            |               | ミニパイプ                  | ポータブル              | ポータブル              |
| ジオメトリ情報    |               |                        |                    |                    |
|            | CDP間隔         | 1m                     | 0.5m               | 0.5m               |
|            | CDP範囲         | 3-433                  | 35-307※            | 3-191              |
| バンドパスフィルタ  |               |                        |                    |                    |
|            | 周波数帯域         | 0/10-80/90 Hz          | 15/20-60/70 Hz     | 5/10-60/70 Hz      |
| 振幅回復処理     |               |                        |                    |                    |
|            | 真振幅回復         | ○                      | ○                  | ○                  |
|            | AGCゲート長       | 400ms                  | 400ms              | 300ms              |
| デコンボリューション |               |                        |                    |                    |
|            | アルゴリズム        | Zero phase spiking     | Zero phase spiking | Zero phase spiking |
|            | ゲート長          | 400ms(ゼロオフセット)         | 400ms(ゼロオフセット)     | 400ms(ゼロオフセット)     |
|            | オペレータ長        | 20ms                   | 40ms               | 10ms               |
|            | デコン後BPF       | 0/10-60/70 Hz          | 0/10-80/90 Hz      | 0/10-80/90 Hz      |
|            | デコン後AGC       | 400ms                  | -                  | -                  |
| その他        |               |                        |                    |                    |
|            |               | -                      | -                  | ボトムミュート            |
| 速度解析       |               |                        |                    |                    |
|            | 間隔            | 20CDP                  | 20CDP              | 20CDP              |
| 残差静補正      |               |                        |                    | -                  |
|            | アルゴリズム        | Max. Power Autostatics | -                  | -                  |
|            | 最大許容量         | 10ms                   | -                  | -                  |
| CDP重合処理    |               |                        |                    |                    |
|            | NMO-ストレッチミュート | 100%                   | 100%               | 70%                |
| マイグレーション   |               |                        |                    |                    |
|            | アルゴリズム        | FK                     | FK                 | FK                 |
|            | 速度スケール        | 80%                    | 100%               | 80%                |

※解析有効範囲を記載。

表4 神城佐野地区における放射性炭素同位体年代測定の結果

| unik No. | sub unit | geo ID | beta ID | ssx | sample   | Conventional Radiocarbon Age |     | cal                                                                                                                                                                                                                               | 13C   | Technique Delivery | Pretreatment     |
|----------|----------|--------|---------|-----|----------|------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------|------------------|
| II       | -        | 55571  | 488668  | 1   | KSNB2-02 | 1240                         | 30  | 95.4% probability  (61.3%) 684 – 780 cal AD<br>(1266 – 1170 cal BP)  (34.1%) 787 – 876<br>cal AD (1163 – 1074 cal BP)                                                                                                             | -21.4 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | -        | 55611  | 488882  | 6   | KSNB2-03 | 1510                         | 30  | 95.4% probability  (74.8%) 528 – 622 cal AD<br>(1422 – 1328 cal BP)  (19.7%) 430 – 494<br>cal AD (1520 – 1456 cal BP)  (0.9%) 510<br>– 517 cal AD (1440 – 1433 cal BP)                                                            | -20.8 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | -        | 55612  | 488883  | 7   | KSNB2-04 | 1200                         | 30  | 95.4% probability  (87.8%) 765 – 895 cal AD<br>(1185 – 1055 cal BP)  (8.2%) 714 – 744<br>cal AD (1236 – 1206 cal BP)  (1.4%) 928<br>– 940 cal AD (1022 – 1010 cal BP)                                                             | -22.2 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | -        | 55613  | 488884  | 8   | KSNB2-05 | 1050                         | 30  | 95.4% probability  (86.7%) 948 – 1026 cal<br>AD (1002 – 924 cal BP)  (8.7%) 900 – 922<br>cal AD (1050 – 1028 cal BP)                                                                                                              | -22.3 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | a        | 54054  | 482532  | 3   | KSN-N22  | 930                          | 30  | 95.4% probability  (95.4%) 1025 – 1165 cal<br>AD (925 – 785 cal BP)                                                                                                                                                               | -23.6 | AMS-Standard       | acid/alkali/acid |
| II       | a        | 54055  | 482533  | 4   | KSN-N23  | 2930                         | 30  | 95.4% probability  (95.4%) 1220 – 1025 cal<br>BC (3169 – 2974 cal BP)                                                                                                                                                             | -18.6 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | a        | 54056  | 482534  | 5   | KSN-N24  | 2900                         | 30  | 95.4% probability  (78.8%) 1134 – 1004 cal<br>BC (3083 – 2953 cal BP)  (16.6%) 1207 –<br>1141 cal BC (3156 – 3090 cal BP)                                                                                                         | -18.7 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | b        | 53970  | 480902  | 2   | KSN-N19  | 5,870                        | 30  | 95.4% probability  (93.9%) 4804 – 4687 cal<br>BC (6753 – 6636 cal BP)  (1.5%) 4827 –<br>4816 cal BC (6776 – 6765 cal BP)                                                                                                          | -17.9 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | b        | 53971  | 480903  | 3   | KSN-N20  | 4,650                        | 30  | 95.4% probability  (80.9%) 3517 – 3396 cal<br>BC (5466 – 5345 cal BP)  (14.5%) 3386 –<br>3363 cal BC (5335 – 5312 cal BP)                                                                                                         | -17.9 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | b        | 53972  | 480904  | 4   | KSN-N21  | 2,700                        | 30  | 95.4% probability  (95.4%) 905 – 806 cal BC<br>(2854 – 2755 cal BP)                                                                                                                                                               | -19.0 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | b        | 53816  | 478920  | 2   | KSN-S03  | 6050                         | 30  | 95.4% probability  (95.4%) 5033 – 4848 cal<br>BC (6982 – 6797 cal BP)                                                                                                                                                             | -17.5 | AMS-TIMEGUIDE      | acid washes      |
| II       | d        | 54052  | 482530  | 1   | KSN-N16  | 4130                         | 30  | 95.4% probability  (62.9%) 2781 – 2617 cal<br>BC (4730 – 4566 cal BP)  (27%) 2872 –<br>2799 cal BC (4821 – 4748 cal BP)  (4.5%)<br>2610 – 2583 cal BC (4559 – 4532 cal BP) <br>(1.1%) 2794 – 2786 cal BC (4743 – 4735<br>cal BP)  | -18.0 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | d        | 54053  | 482531  | 2   | KSN-N17  | 7130                         | 30  | 95.4% probability  (89.7%) 6061 – 5980 cal<br>BC (8010 – 7929 cal BP)  (5.7%) 5944 –<br>5926 cal BC (7893 – 7875 cal BP)                                                                                                          | -17.4 | AMS-Standard       | acid washes      |
| II       | d        | 53969  | 480901  | 1   | KSN-N18  | 6,260                        | 30  | 95.4% probability  (93.8%) 5317 – 5207 cal<br>BC (7266 – 7156 cal BP)  (0.9%) 5093 –<br>5081 cal BC (7042 – 7030 cal BP)  (0.5%)<br>5161 – 5154 cal BC (7110 – 7103 cal BP) <br>(0.4%) 5144 – 5139 cal BC (7093 – 7088<br>cal BP) | -18.0 | AMS-Standard       | acid washes      |
| III      | -        | 53898  | 479434  | 1   | KSNB4-01 | 4950                         | 30  | 95.4% probability  (95.4%) 3786 – 3657 cal<br>BC (5735 – 5606 cal BP)                                                                                                                                                             | -16.8 | AMS-TIMEGUIDE      | acid washes      |
| IV       | -        | 53975  | 480907  | 7   | KSN-N27  | 9,990                        | 30  | 95.4% probability  (95.4%) 9664 – 9336 cal<br>BC (11613 – 11285 cal BP)                                                                                                                                                           | -20.6 | AMS-Standard       | acid washes      |
| IV       | -        | 54057  | 482535  | 6   | KSN-N28  | 9950                         | 30  | 95.4% probability  (84%) 9461 – 9300 cal<br>BC (11410 – 11249 cal BP)  (6.1%) 9651<br>– 9602 cal BC (11600 – 11551 cal BP) <br>(5.3%) 9543 – 9484 cal BC (11492 –<br>11433 cal BP)                                                | -19.1 | AMS-Standard       | acid washes      |
| IV       | -        | 54058  | 482536  | 7   | KSN-N29  | 9680                         | 30  | 95.4% probability  (82.9%) 9252 – 9130 cal<br>BC (11201 – 11079 cal BP)  (12.5%) 8986<br>– 8927 cal BC (10935 – 10876 cal BP)                                                                                                     | -16.6 | AMS-Standard       | acid washes      |
| IV       | -        | 53818  | 478922  | 2   | KSN-S01  | 9980                         | 30  | 95.4% probability  (73.7%) 9553 – 9325 cal<br>BC (11502 – 11274 cal BP)  (21.7%) 9657<br>– 9575 cal BC (11606 – 11524 cal BP)                                                                                                     | -20.3 | AMS-Standard       | acid washes      |
| IV       | -        | 53819  | 478923  | 3   | KSN-S02  | 9670                         | 30  | 95.4% probability  (75.9%) 9250 – 9124 cal<br>BC (11199 – 11073 cal BP)  (19.5%) 9000<br>– 8921 cal BC (10949 – 10870 cal BP)                                                                                                     | -19.2 | AMS-Standard       | acid washes      |
| IV       | -        | 53899  | 479435  | 2   | KSNB4-02 | 9830                         | 30  | 95.4% probability  (95.4%) 9317 – 9251 cal<br>BC (11266 – 11200 cal BP)                                                                                                                                                           | -18.8 | AMS-TIMEGUIDE      | acid washes      |
| V        | -        | 54061  | 482539  | 10  | KSNB2-01 | 10220                        | 30  | 95.4% probability  (95%) 10146 – 9854 cal<br>BC (12095 – 11803 cal BP)  (0.4%) 9831<br>– 9826 cal BC (11780 – 11775 cal BP)                                                                                                       | -20.0 | AMS-Standard       | acid washes      |
| V        | -        | 55614  | 488885  | 9   | KSNB2-06 | 12200                        | 40  | 95.4% probability  (95.4%) 12276 – 12016<br>cal BC (14225 – 13965 cal BP)                                                                                                                                                         | -21.2 | AMS-Standard       | acid washes      |
| V        | a        | 53817  | 478921  | 1   | KSN-N02  | 9410                         | 30  | 95.4% probability  (95.4%) 8770 – 8620 cal<br>BC (10719 – 10569 cal BP)                                                                                                                                                           | -29.1 | AMS-Standard       | acid/alkali/acid |
| V        | a        | 53974  | 480906  | 6   | KSN-N26  | 10,320                       | 30  | 95.4% probability  (82.1%) 10293 – 10029<br>cal BC (12242 – 11978 cal BP)  (8.6%)<br>10431 – 10378 cal BC (12380 – 12327<br>cal BP)  (4.6%) 10361 – 10322 cal BC<br>(12310 – 12271 cal BP)                                        | -27.8 | AMS-Standard       | acid/alkali/acid |
| VI       | b        | 53815  | 478919  | 1   | KSN-N01  | 11750                        | 40  | 95.4% probability  (84.1%) 11701 – 11514<br>cal BC (13650 – 13463 cal BP)  (11.3%)<br>11767 – 11711 cal BC (13716 – 13660<br>cal BP)                                                                                              | -28.9 | AMS-TIMEGUIDE      | acid/alkali/acid |
| VI       | b        | 53973  | 480905  | 5   | KSN-N25  | 12,020                       | 30  | 95.4% probability  (95.4%) 12046 – 11807<br>cal BC (13995 – 13756 cal BP)                                                                                                                                                         | -21.0 | AMS-Standard       | acid washes      |
| VII      | -        | 55615  | 488886  | 10  | KSNB2-07 | 16820                        | 40  | 95.4% probability  (95.4%) 18524 – 18147<br>cal BC (20473 – 20096 cal BP)                                                                                                                                                         | -27.3 | AMS-Standard       | acid washes      |
| VII      | -        | 55572  | 488669  | 2   | KSNB4-05 | 17930                        | 50  | 95.4% probability  (95.4%) 19962 – 19578<br>cal BC (21911 – 21527 cal BP)                                                                                                                                                         | -28.9 | AMS-Standard       | acid washes      |
| VIII     | -        | 55573  | 488670  | 3   | KSNB4-06 | 27430                        | 140 | 95.4% probability  (95.4%) 29537 – 29109<br>cal BC (31486 – 31058 cal BP)                                                                                                                                                         | -25.3 | AMS-Standard       | acid/alkali/acid |
| IX       | -        | 53900  | 479436  | 3   | KSNB4-03 | 38450                        | 360 | 95.4% probability  (95.4%) 41076 – 40079<br>cal BC (43025 – 42028 cal BP)                                                                                                                                                         | -28.0 | AMS-TIMEGUIDE      | acid washes      |
| IX       | -        | 53901  | 479437  | 4   | KSNB4-04 | 42400                        | 560 | 95.4% probability  (95.4%) 44915 – 42771<br>cal BC (46864 – 44720 cal BP)                                                                                                                                                         | -28.7 | AMS-TIMEGUIDE      | acid washes      |
| IX       | -        | 55574  | 488671  | 4   | KSNB4-07 | 40340                        | 440 | 95.4% probability  (95.4%) 42830 – 41190<br>cal BC (44779 – 43139 cal BP)                                                                                                                                                         | -27.9 | AMS-Standard       | acid washes      |
| IX       | -        | 55575  | 488672  | 5   | KSNB4-08 | 34140                        | 220 | 95.4% probability  (95.4%) 37242 – 36240<br>cal BC (39191 – 38189 cal BP)                                                                                                                                                         | -27.5 | AMS-Standard       | acid washes      |

表5 糸魚川-静岡構造線断層帯(北部区間)のまとめ

|                         | 従来評価                                                                                                                             | 今回の調査結果を含めた評価                                                                                                                                                                                                               | 備考                                                                                                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 活断層の位置・形態            |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                     |
| (1) 断層帯を構成する断層          | 神城断層, 松本盆地東縁断層北部(明科以北)                                                                                                           | 神城断層, 松本盆地東縁断層北部(明科以北)                                                                                                                                                                                                      | 変更なし                                                                                                                |
| (2) 断層帯の位置・形状等          | 地表における活断層の位置・形状                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                     |
|                         | 活断層の位置<br>(北端)北緯36° 47.9′ 東経137° 55.2′<br>(南端)北緯36° 20.7′ 東経137° 55.2′<br>長さ 約50 km                                              | (北端)北緯36° 47.9′ 東経137° 55.2′<br>(南端)北緯36° 20.7′ 東経137° 55.2′<br>長さ 約50 km                                                                                                                                                   | 変更なし<br>変更なし<br>変更なし                                                                                                |
|                         | 地下における活断層の位置・形状                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                     |
|                         | 一般走向 N0° E<br>上端の深さ 0 km<br>傾斜 東傾斜30-60° 程度<br>幅 15-20km程度                                                                       | N0° E<br>0 km<br>傾斜 東傾斜60-70° 程度<br>(深さ4km以深)<br>幅 15-20km程度                                                                                                                                                                | 変更なし<br>変更なし<br>傾斜は2014年長野県北部の地震による余震分布から推定<br>変更なし                                                                 |
| (3) 断層のずれの向きと種類         | 東側隆起の逆断層                                                                                                                         | 東側隆起の逆断層                                                                                                                                                                                                                    | 変更なし                                                                                                                |
| 2. 活断層の過去の活動            |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                     |
| (1) 平均的なずれの速度           | 1-3 m/千年(上下成分)                                                                                                                   | (2014年地震で活動した区間)<br>1-2m/千年(上下成分)<br>(2014年地震で未破壊の区間)<br>1-3 m/千年(上下成分)                                                                                                                                                     | 北城新田地区の調査結果, 従来評価に基づく                                                                                               |
| (2) 過去の活動時期             | 活動1(最新活動): 約1千3百年前以降, 約1千年前以前<br>西暦 762 年<br>活動2: 約3千1百年前以降, 約1千9百年前以前<br>活動3: 約4千1百年前以降, 約3千5百年前以前<br>活動4: 約5千3百年前以降, 約4千9百年前以前 | (2014年地震で活動した区間)<br>活動1(最新活動): 西暦2014年<br>活動2: 西暦1640年以降<br>西暦1714年<br>(2014年地震で未破壊の区間)<br>活動1(最新活動): 約1千3百年前以降, 約1千年前以前<br>西暦 762 年<br>活動2: 約3千1百年前以降, 約1千9百年前以前<br>活動3: 約4千1百年前以降, 約3千5百年前以前<br>活動4: 約5千3百年前以降, 約4千9百年前以前 | 2014年長野県北部の地震(飯森トレンチ), 神城佐野地区のトレンチ調査結果, 従来評価に基づく                                                                    |
| (3) 1回のずれの量と平均活動間隔      | 1回のずれ量 2-3 m程度(上下成分)<br>平均活動間隔 1千-2千百年程度                                                                                         | (2014年地震で活動した区間)<br>1 m程度(上下成分)<br>(2014年地震で未破壊の区間)<br>2-3m程度<br>(2014年地震で活動した区間)<br>約300年<br>(2014年地震で未破壊の区間)<br>1千-2千百年程度                                                                                                 | 2014年長野県北部の地震の調査結果, 従来評価に基づく<br>2014年長野県北部の地震の調査結果(飯森トレンチ), 従来評価に基づく                                                |
| (4) 過去の活動区間             | 断層帯全体で1区間                                                                                                                        | 2014年長野県北部の地震で活動した区間<br>長さ約20km<br>2014年地震で未破壊の区間<br>長さ約35km                                                                                                                                                                | 2014年長野県北部の地震の調査結果, 本調査結果に基づく                                                                                       |
| 3. 活断層の将来の活動            |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                     |
| (1) 将来の活動区間および活動時の地震の規模 | 断層帯全体で1区間<br>地震の規模 M7.7程度<br>2-3 m程度(上下成分)                                                                                       | 2014年地震で活動した区間<br>2014年地震で未破壊の区間の2区間<br>(2014年地震で活動した区間)<br>地震の規模 M6.7~7.0程度<br>(2014年地震で未破壊の区間)<br>地震の規模 M7.4程度<br>(2014年地震で活動した区間)<br>1-2m程度(上下成分)<br>(2014年地震で未破壊の区間)<br>2-4 m程度(上下成分)                                   | 2014年長野県北部の地震の調査結果, 本調査結果に基づく<br>2014年長野県北部の地震の調査結果, 本調査結果と松田(1975)に基づく<br>2014年長野県北部の地震の調査結果, 本調査結果と松田・他(1980)に基づく |

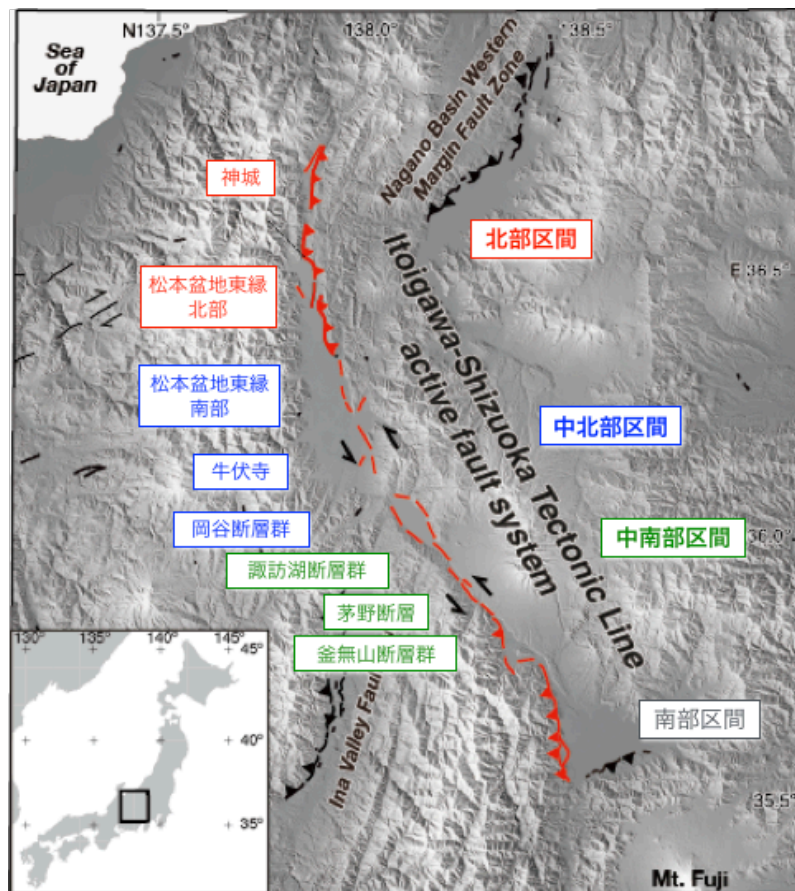


図1 糸魚川-静岡構造線断層帯の分布と活動区間

糸魚川-静岡構造線断層帯の位置，活動区間，断層帯を構成する断層の名称は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2015）による．周辺の断層帯および推定活断層（黒線）は中田・今泉編（2002）を簡略化したもの．陰影図は，Kondo et al. (2008)を引用．

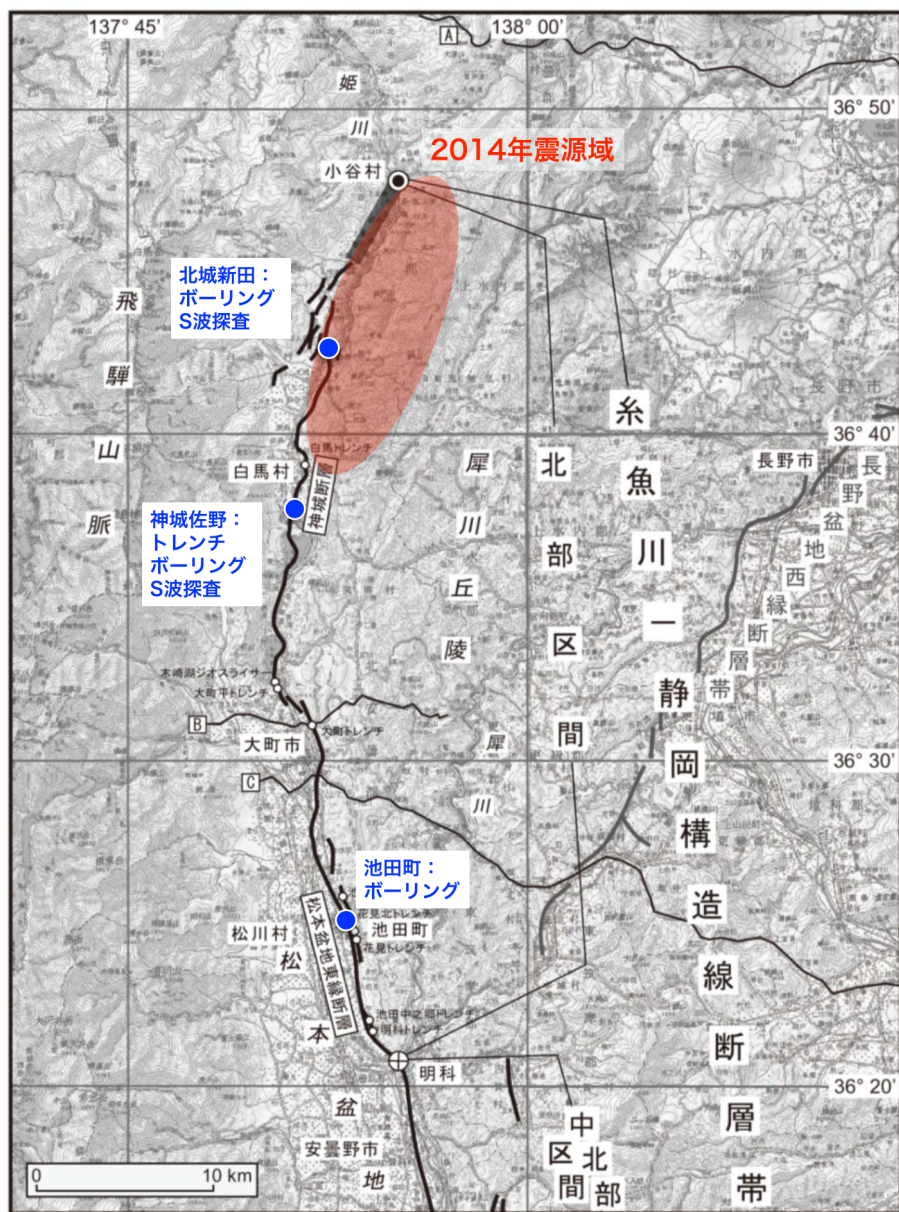


図2 糸魚川-静岡構造線断層帯・北部区間の分布と調査位置

糸魚川-静岡構造線断層帯・北部区間の分布は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2015）による。2014年長野県北部の地震に伴う震源域は、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2014）による余震分布を簡略化したもの。

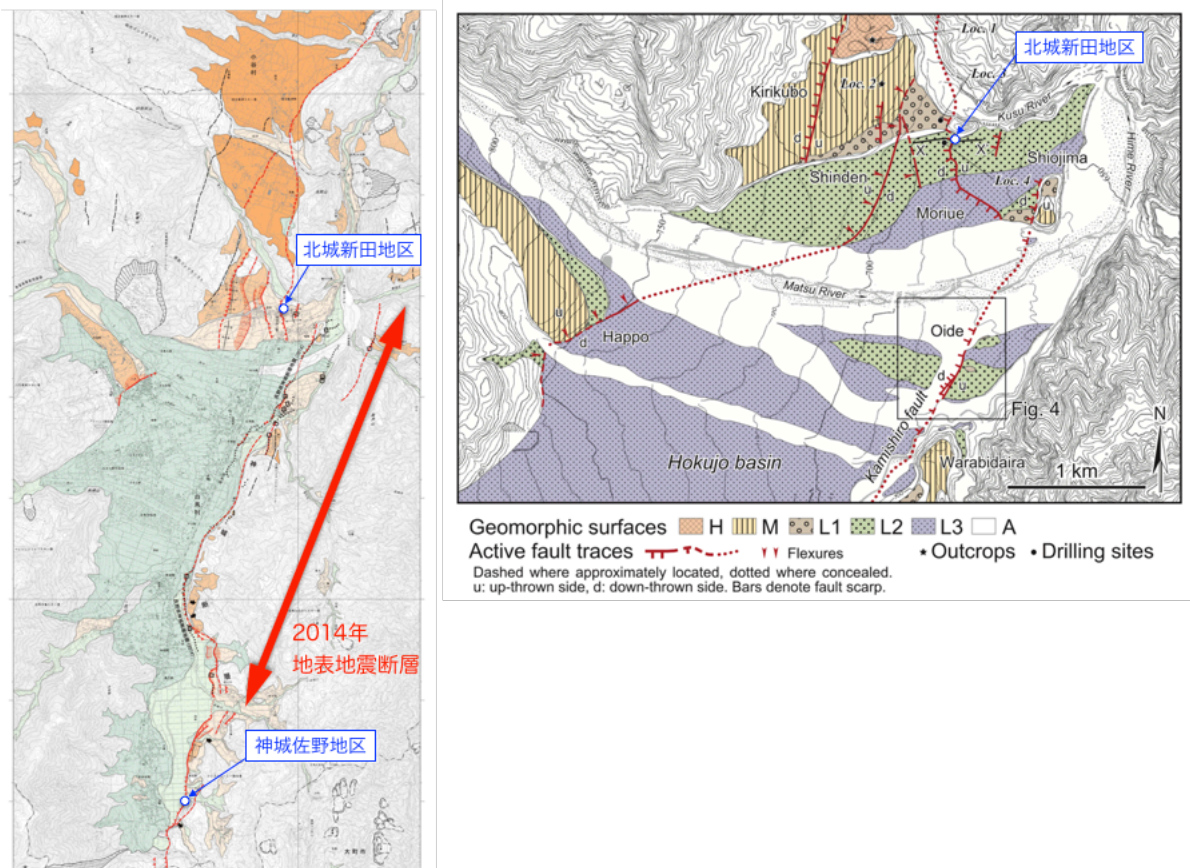


図3 北城新田地区周辺の活断層分布と調査位置

(左図) 北城新田地区及び神城佐野地区の調査位置と活断層分布、基図は国土地理院発行都市圏活断層図「白馬」、(右図) 杉戸ほか(2015)による活断層分布と地形分類図に加筆。

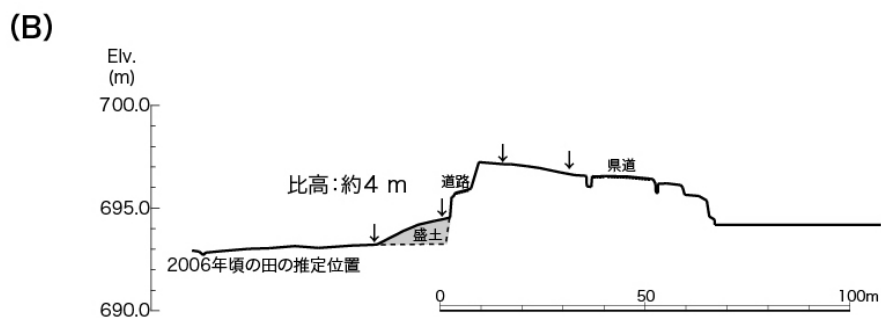
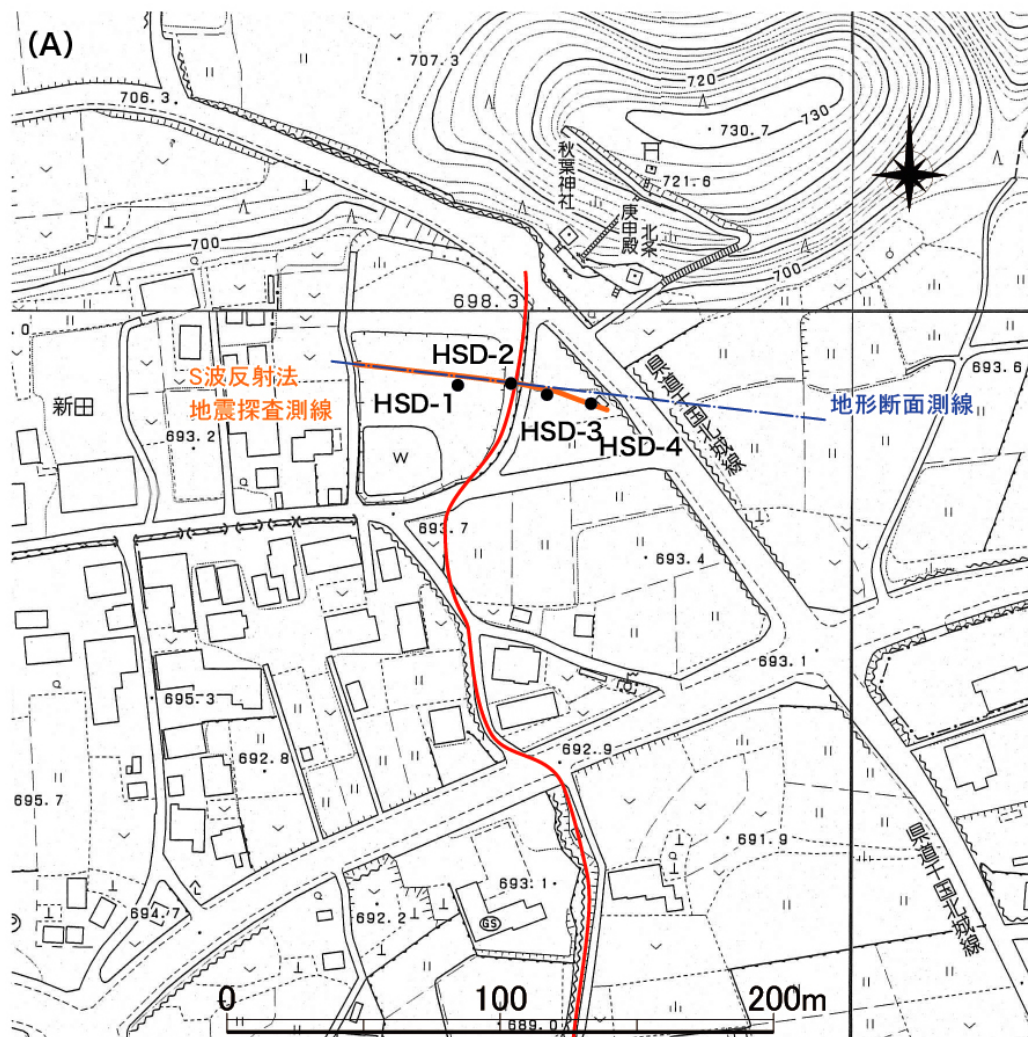


図4 北城新田地区におけるボーリング掘削，反射法地震探査測線，地形断面測量の位置

(A) 赤線は本調査による活断層（東側隆起の低断層崖）の位置，HSD-1～4 はボーリング掘削位置を示す。基図は白馬村発行の 1/2,500 都市計画図。(B) 現地測量による地形断面図。縦軸は 5 倍強調。黒矢印はボーリング掘削位置。比高約 4 m の低崖が東側隆起の低断層崖。灰色の網かけ部分は，土地所有者への聞き取りによる盛土部分。

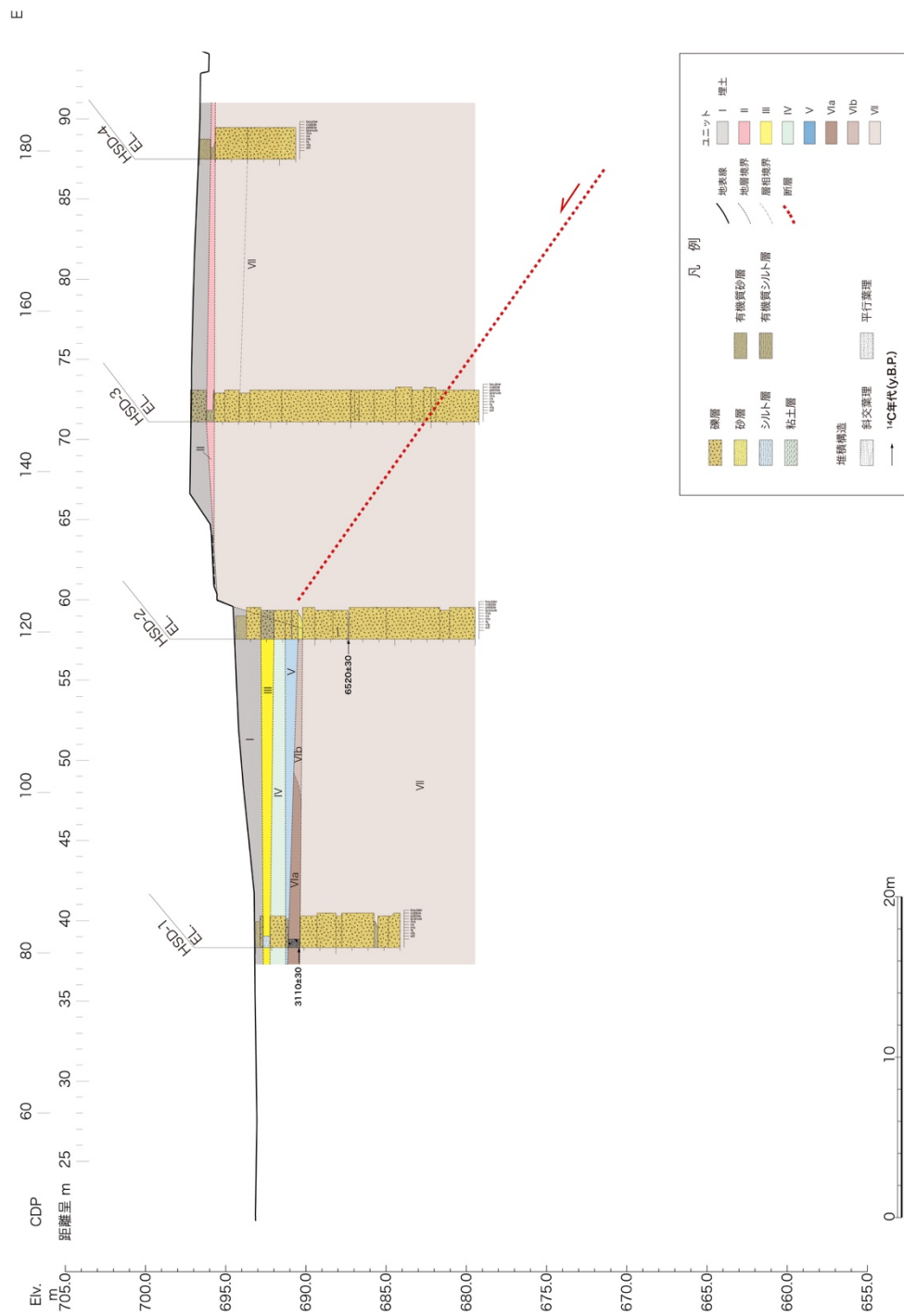


図5 北城新田地区のボーリングに基づく地質断面図  
ボーリング掘削位置は図4に示す。

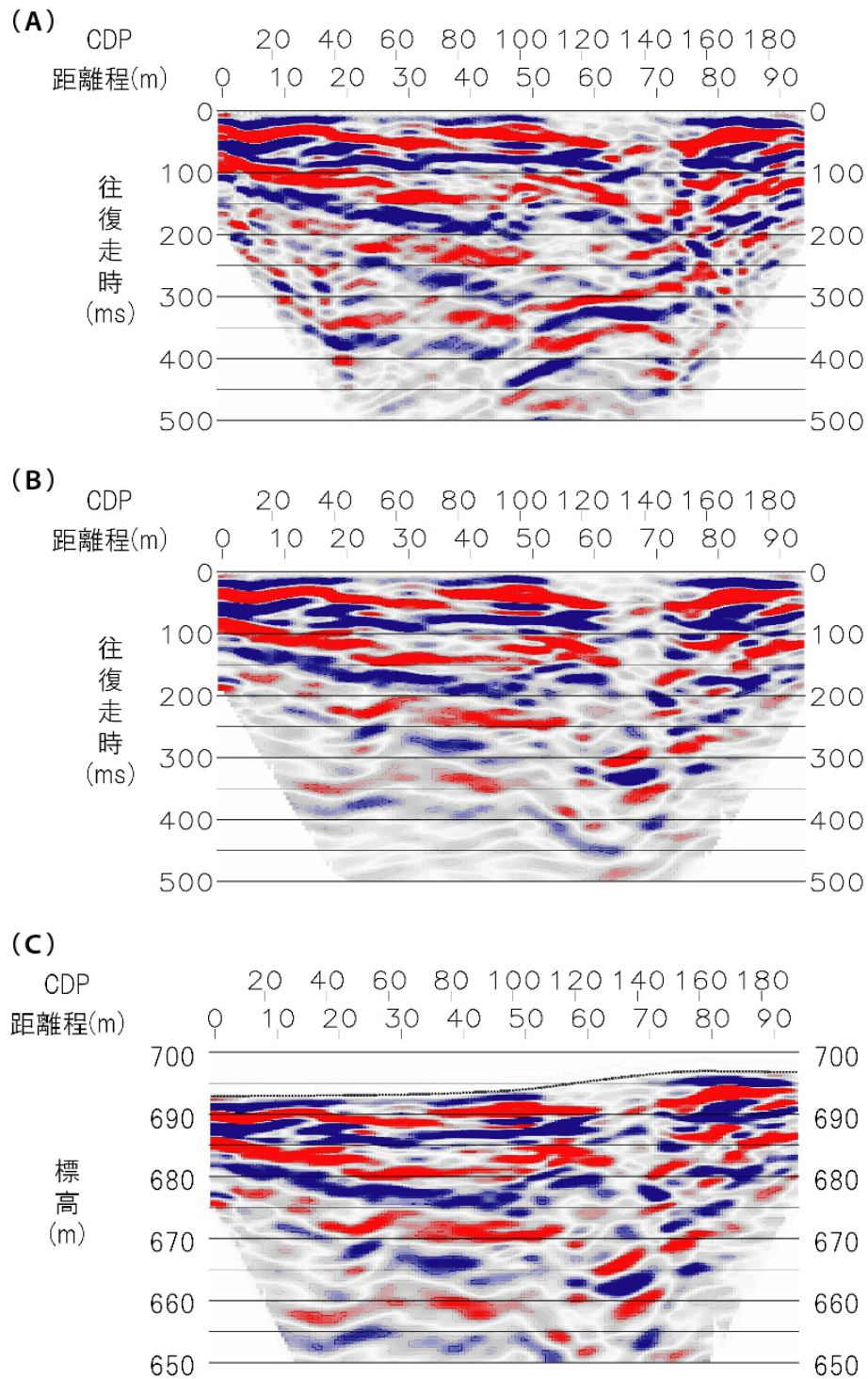


図6 北城新田地区におけるS波反射法地震探査の断面図

(A) 重合時間断面, (B) マイグレーション時間断面, (C) マイグレーション深度変換断面. 縦横比は1:1.

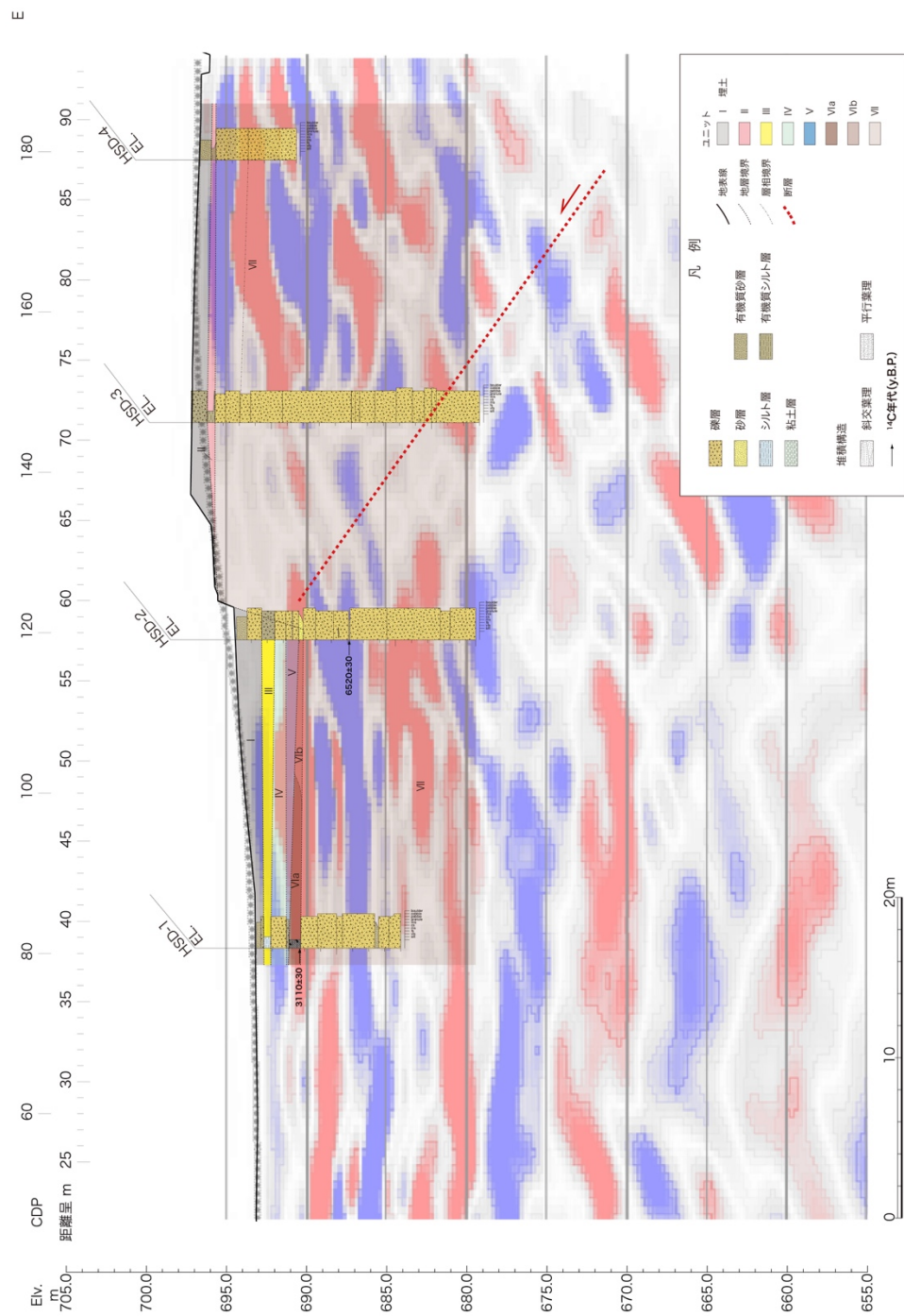


図7 北城新田地区におけるボーリング・探査結果の統合断面図

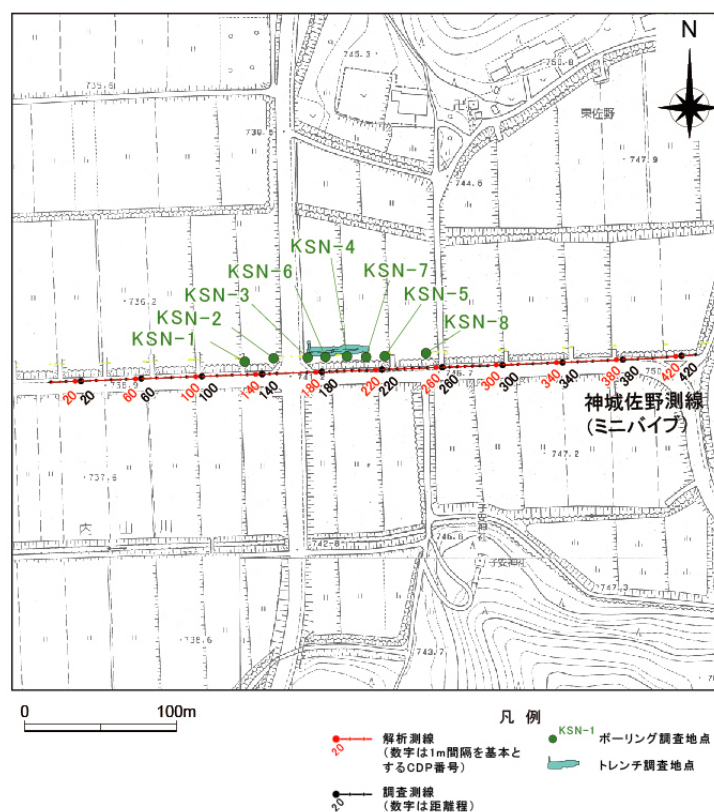


図8 神城佐野地区におけるトレンチ・ボーリング・反射法地震探査の位置

上段：赤色線が本調査による活断層のトレース（東側隆起の撓曲崖），水色枠がトレンチの範囲，赤丸がボーリングの掘削位置，橙色線がS波反射法地震探査の測線を示す．基図は，白馬村発行の1/2,500都市計画図．下段：トレンチ調査範囲，探査探査測線の拡大図．

神城佐野地区 トレンチ壁面スケッチ展開図 縮尺：25 分の 1

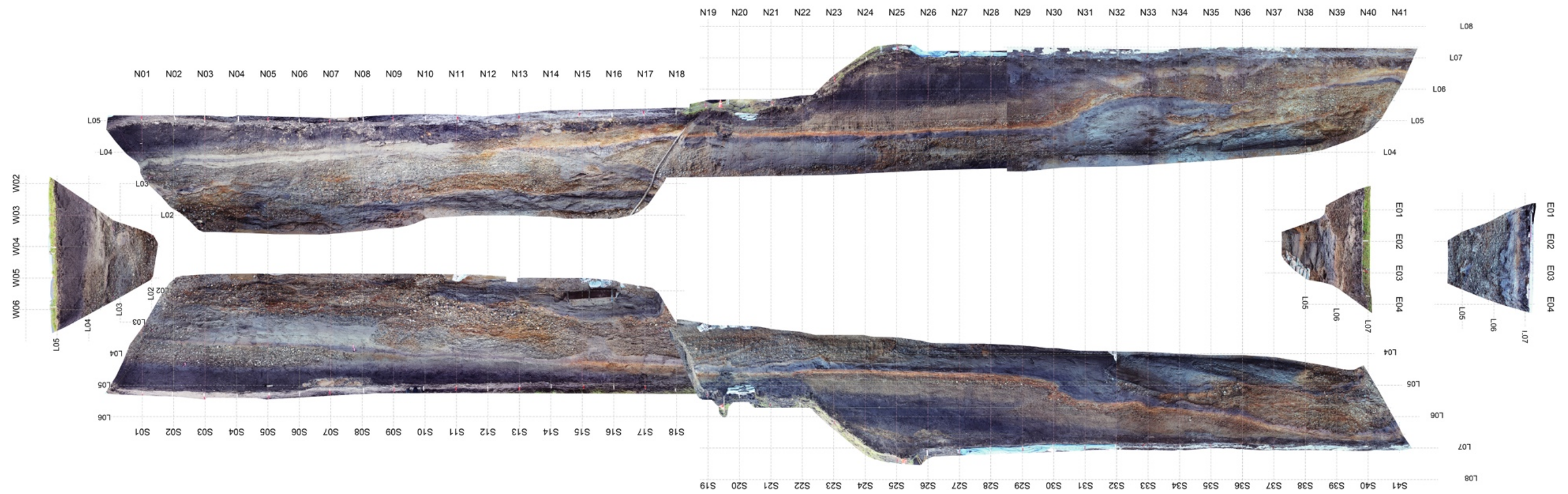


図 9 神城佐野地区におけるトレンチ壁面の写真（展開図）

神城佐野地区 トレンチ壁面スケッチ展開図 縮尺：25 分の 1

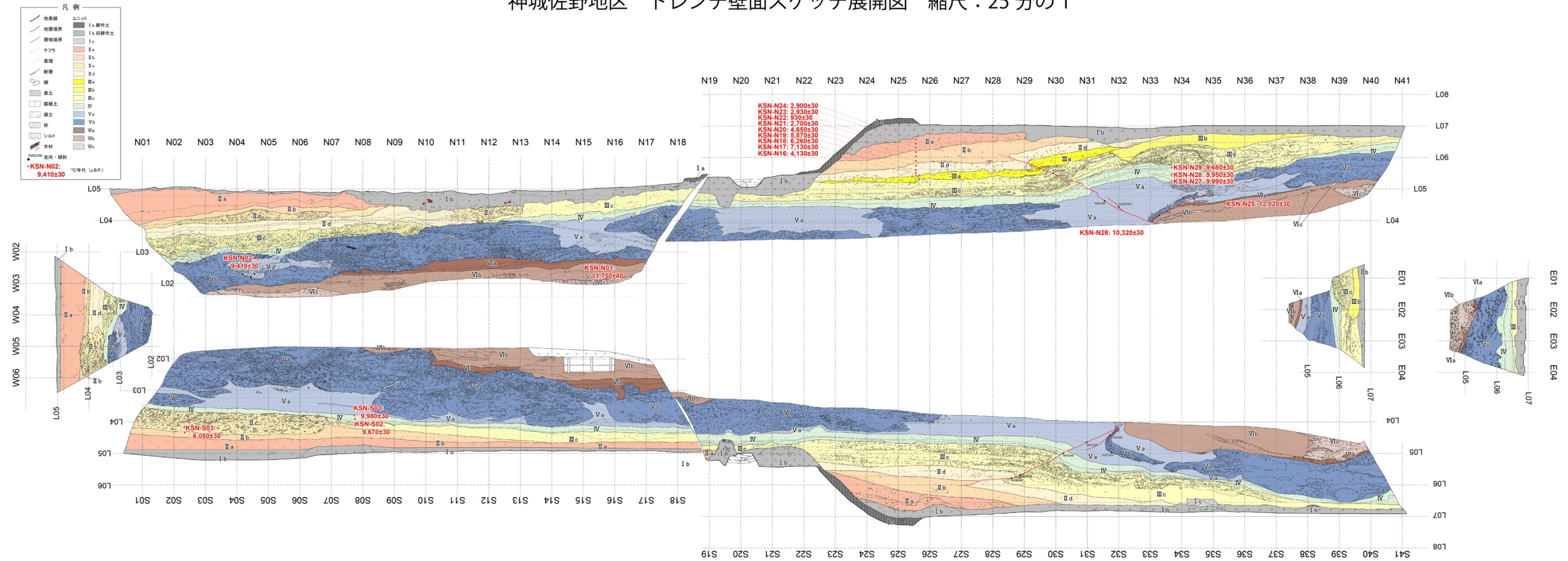


図 10 神城佐野地区におけるトレンチ壁面のスケッチ

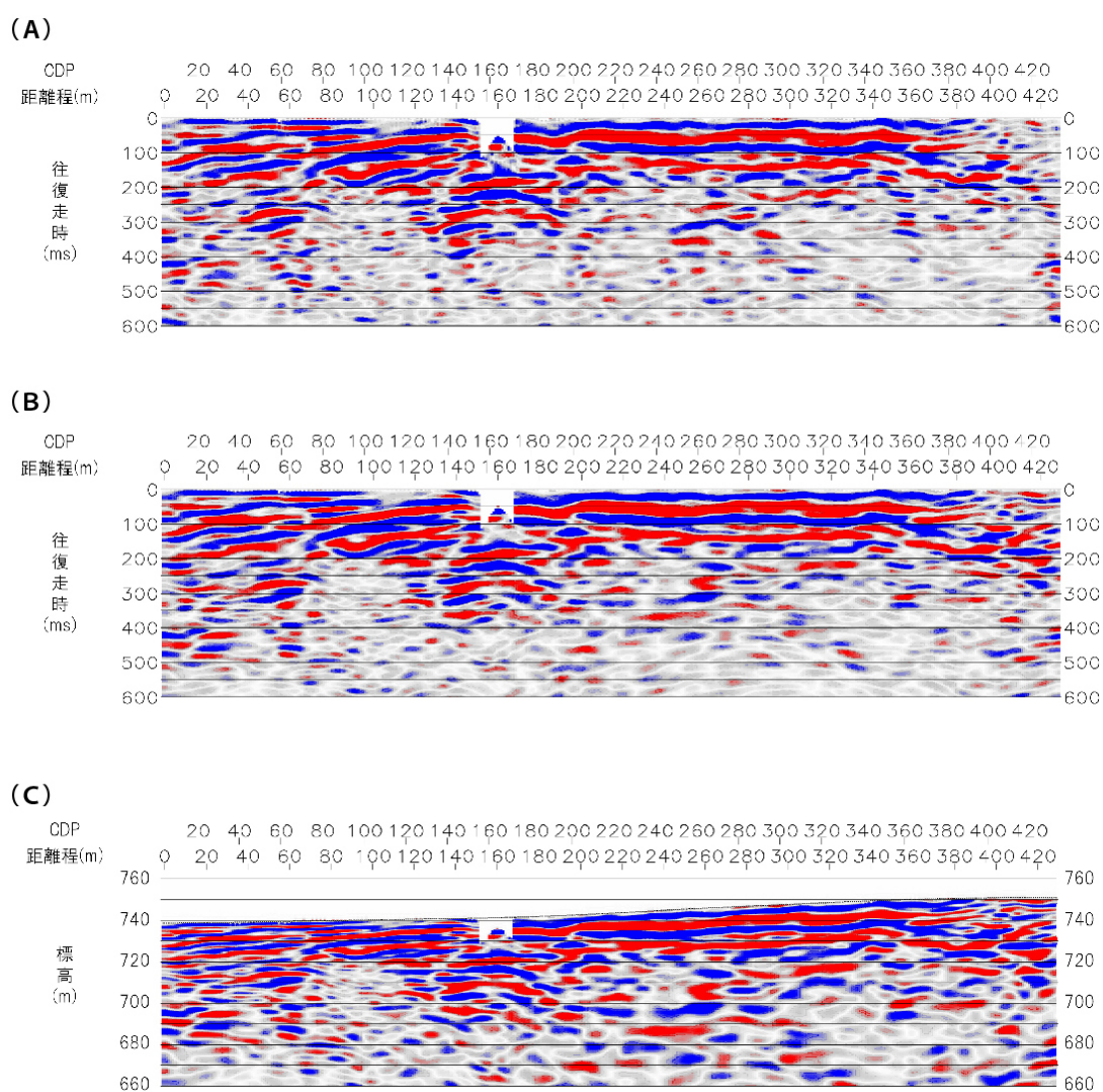


図 11 神城佐野地区における S 波反射法地震探査の結果

(A) 重合時間断面, (B) マイグレーション時間断面, (C) マイグレーション深度変換断面



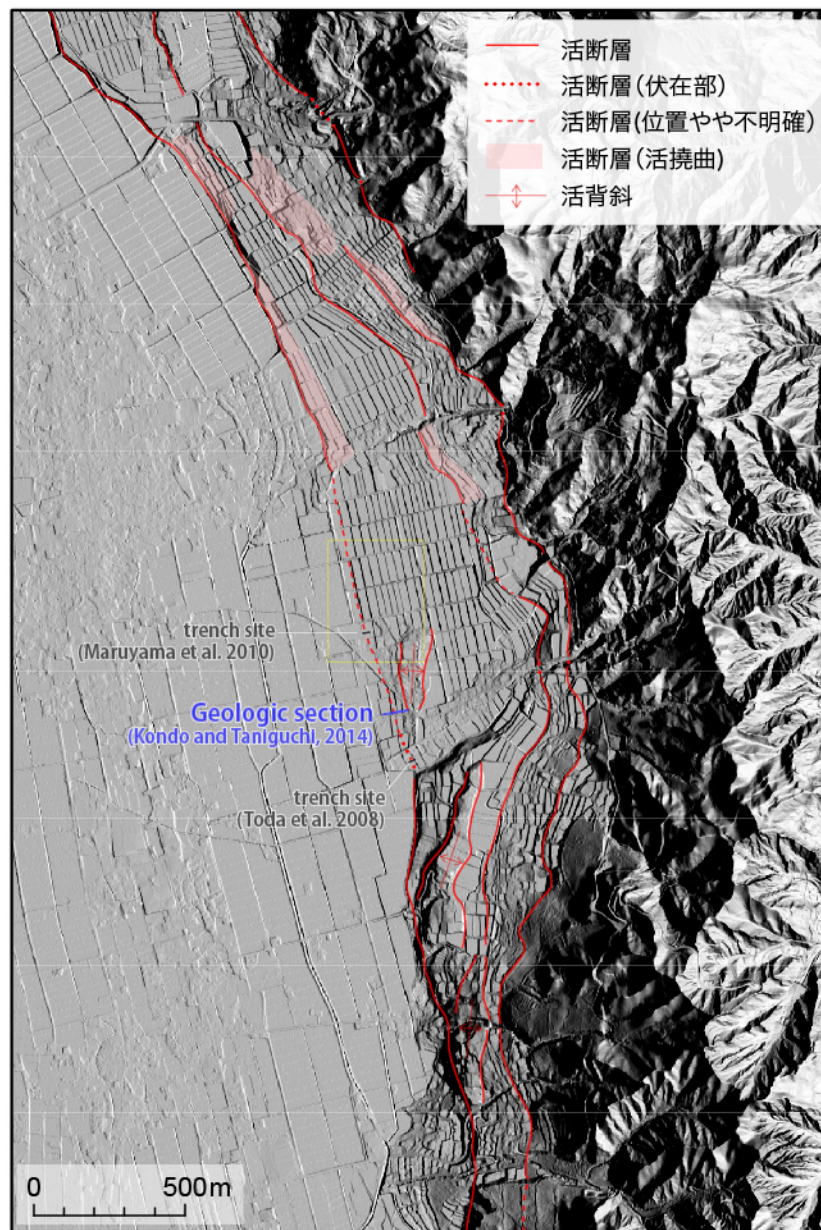


図 13 池田町会染地区周辺における松本盆地東縁断層北部の分布と調査位置  
黄色枠は図 14 の範囲. 近藤・谷口 (2014) に加筆.

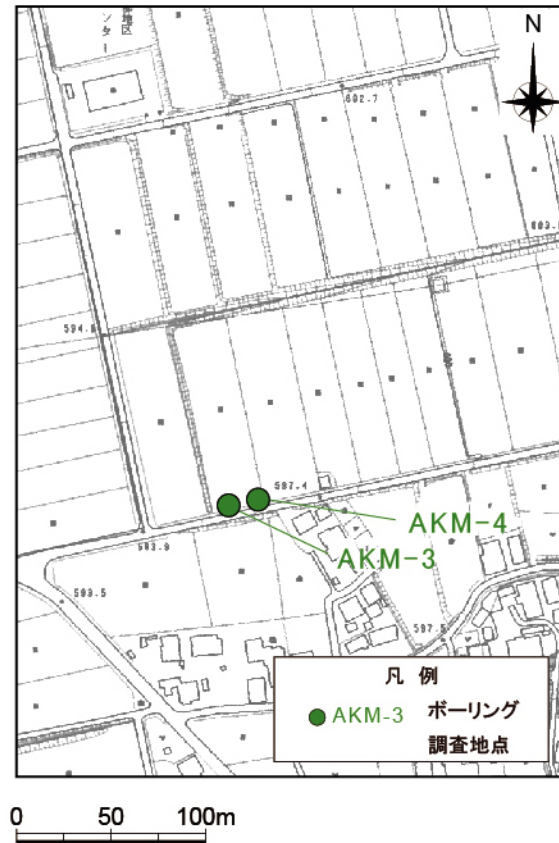


図 14 池田町会染地区におけるボーリング掘削位置  
基図は北安曇郡池田町発行の都市計画図。

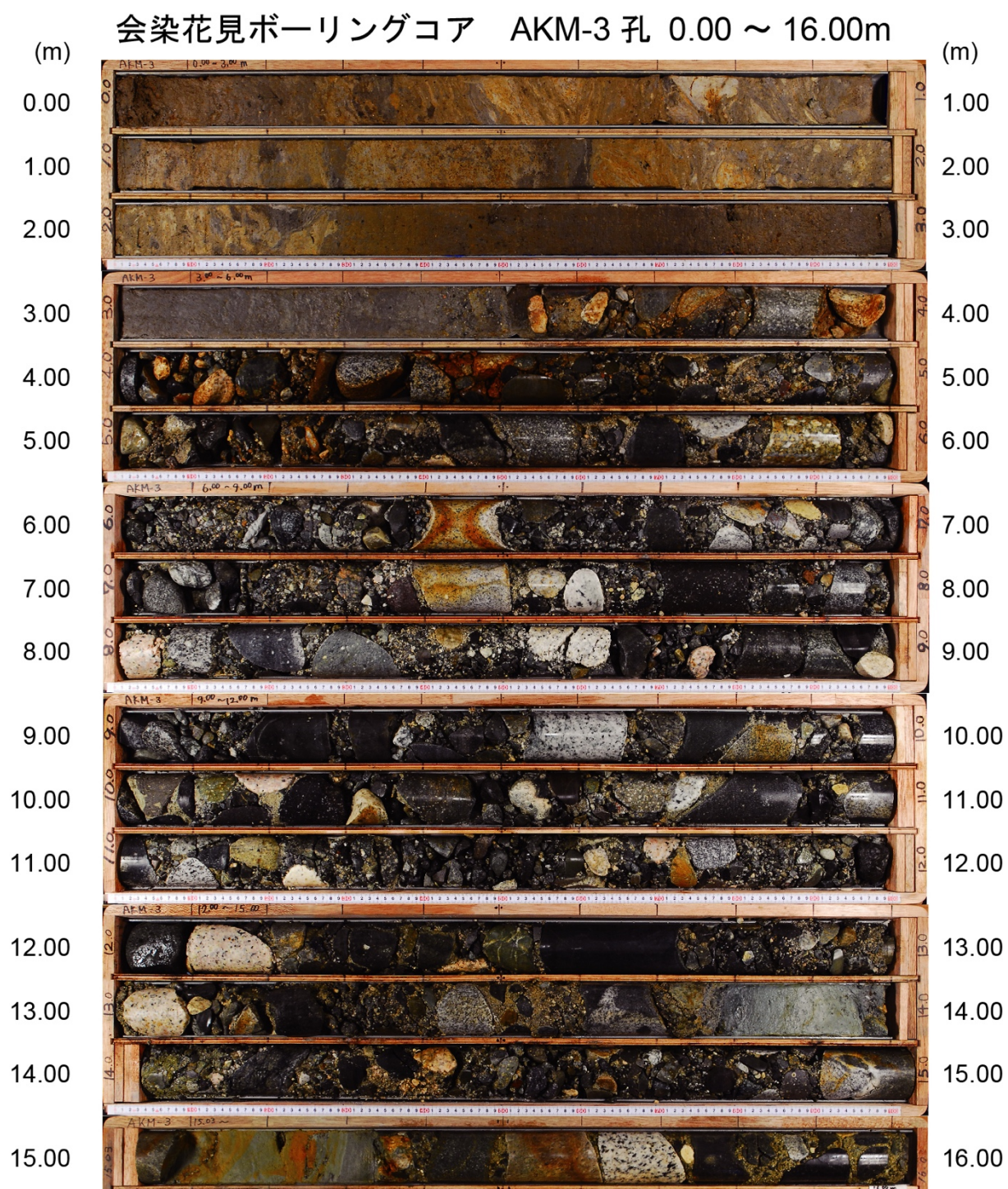


図 15 池田町会染地区におけるボーリングコア写真 (AKM-3 孔)

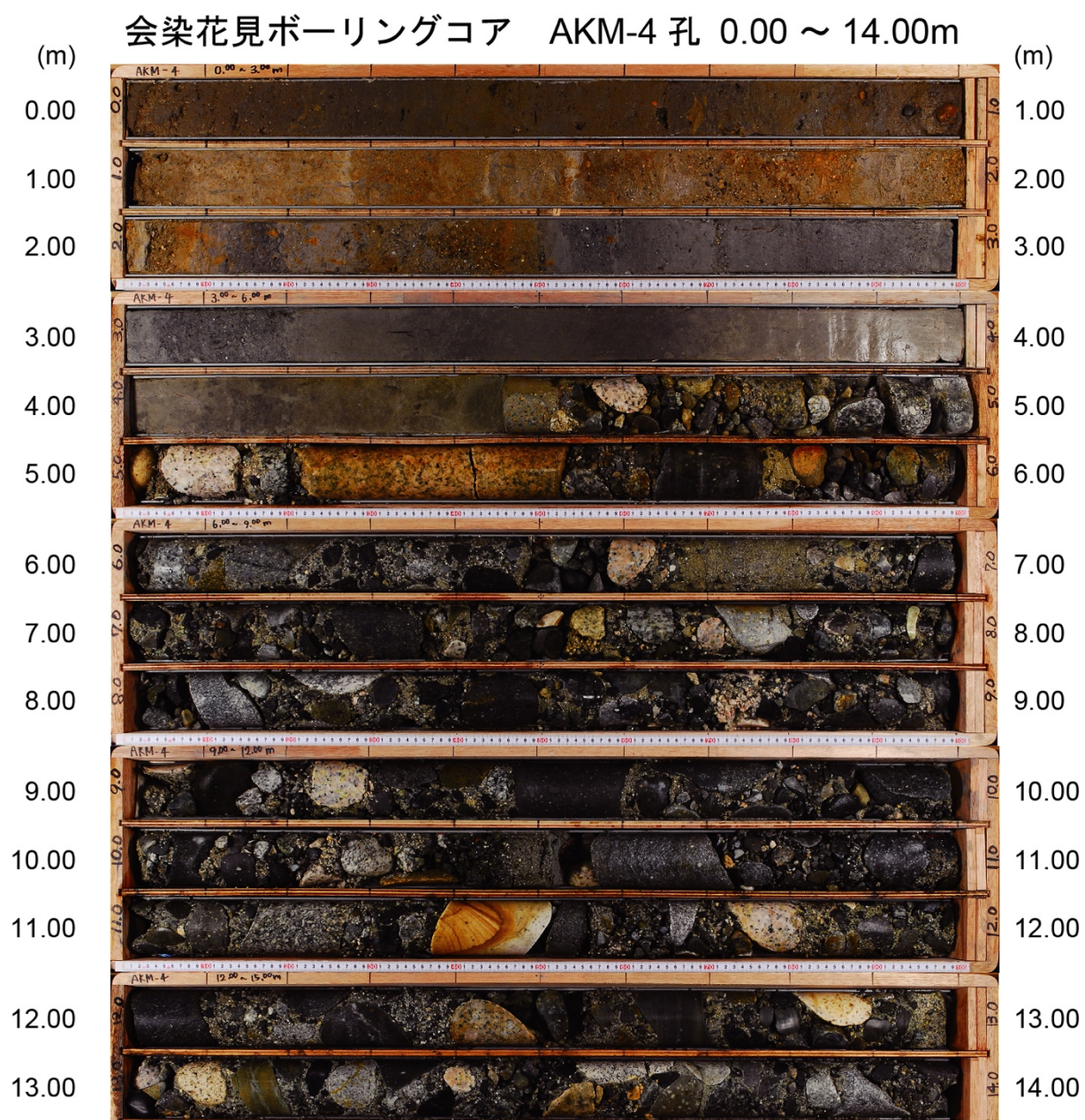


図 16 池田町会染地区におけるボーリングコア写真 (AKM-4 孔)

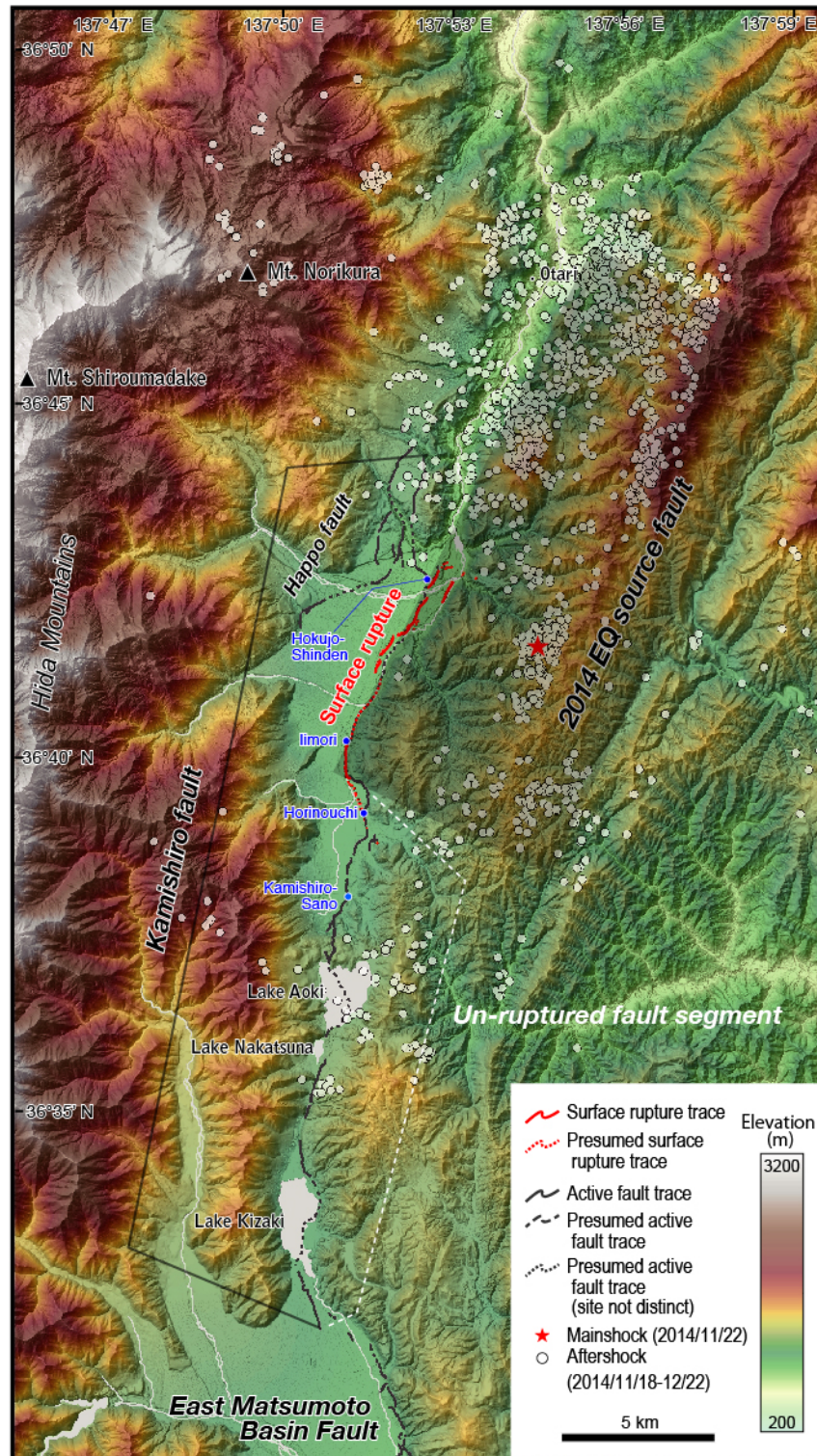


図 17 北部区間最北端付近の活動区間

2014 年地表地震断層の分布は勝部・他（2017），活断層の分布は中田・今泉編（2002）に基づく．基図は勝部・他（2017）に加筆・修正．