

「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.H18-6

## 庄内平野東縁断層帯の活動性および活動履歴調査

平成 19 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
(1) 観音寺断層寺田地区	1
(2) 通越断層大平地区	5
(3) 松山断層土淵地区	7
(4) 議論	11
3. まとめ	13
3. 1 断層帯の位置及び形態	13
(1) 断層帯を構成する断層	13
(2) 断層面の位置・形状	13
(3) 変位の向き	13
3. 2 断層帯の過去の活動	13
(1) 平均変位速度	13
(2) 活動時期	14
(3) 1回の変位量	14
(4) 活動間隔	14
(5) 活動区間	14
文 献	15
図 表	17

## 1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

庄内平野東縁断層帯は、山形県飽海郡遊佐町から酒田市東部を経て鶴岡市（旧藤島町）にいたる長さ約38kmの、東側上がりの逆断層帯である（地震調査研究推進本部地震調査委員会〔以下推本と略す〕，2005）。同断層帯は、松田（1990）の概念に従い、複数の不連続な断層からなる1つの起震断層帯と想定されている。主たる構成断層は北から、下当断層，野沢断層，月光川断層，観音寺断層，通越断層，松山断層である（活断層研究会，1991）。なお，このうち観音寺断層と松山断層は，地質断層である生石断層と酒田衝上断層帯の一部（池辺・他，1979）にほぼ対応する（小松原，1997など）。

同断層帯では，今後30年間にM7.5程度の地震が「ほぼ0%～6%」の確率で発生するとされている（推本，2005）。この値は，活動間隔2400年～4600年程度，最新活動時期が約3000年前以降18世紀以前の判断に基づいている。活動区間に関しては断層帯全てを一つの起震断層として一括評価している。しかし，上記のように活動的な2～4条の逆断層・活褶曲帯が並走するため，地震ポテンシャル評価には活動セグメント区分を行う必要がある。また，断層関連褶曲形成に関わる地震発生メカニズムや1894年M7.0庄内地震の位置づけ等，多様な検討課題も残されている。このような問題点を踏まえ，平成18年度調査では，1）より詳細な活動履歴の検出，2）断層関連褶曲構造との関係，3）活動区間の検討，を目的としてトレンチ調査を実施した。調査地点は，同断層帯観音寺断層上の酒田市寺田地区，通越断層上の酒田市大平地区，松山断層上の酒田市土湊地区の合計3箇所である（図1）。以下に本年度の調査結果を記す。

## 2. 調査結果

### （1）観音寺断層寺田地区

#### 掘削地点の概要

調査位置を図2に示す。当地点は，庄内平野東縁断層帯の主要部をなす観音寺断層上に位置し，米軍撮影の空中写真および現地調査によって約1mの崖地形が南北に連続していることが推定されている（池田・他，2002）。この崖地形は平成11年度に山形県が実施した活断層調査（山形県，1999），および，鈴木・他（1989）が実施した酒田市北境におけるトレンチ調査地点に連続するものと判断される。

調査にあたっては，最初に簡易ボーリングを5地点で実施（図2のNo.1～No.5）

し、詳細なトレンチ掘削位置を決めた。なお、低断層崖自体は現在農道となっており、崖を横切るような連続掘削が不可能である。そのため、農道をまたいで3条のトレンチを配置し、断層運動に伴う変形の全体像を把握した。まず、Aトレンチを断層崖上盤側に掘削し、断層運動による地層の変形を確認した後、地層の連続性と最新活動時期を明らかにするため、B、Cトレンチを追加掘削した。さらに、トレンチを含めた寺田地区全体の変形構造を確認するため、簡易ボーリングNo.6～No.15およびボーリングBr-1をトレンチ掘削後に実施した(図2)。

### トレンチ壁面の地質

寺田地区のトレンチ壁面に露出した地質は、細粒砂を主体としシルト薄層を互層状に挟在する河川性堆積物からなる。地層区分にあたっては、最初に構成粒径を考慮して上位より若い数値を割り振り細分化した(例えば、101層、102層など、図3～5)。その後、さらに堆積環境や混濁流フローユニット等を考慮して、中区分(例えば、100層、110層、120層、図3～5)を行った。詳細な地層の記載はそれぞれのスケッチ内の層序表を参照されたい。なお、以下では、中区分を層相に考慮してさらにまとめた大区分(100層、200層、300層、400層〔台〕)に基づき、簡単に各ユニットの特徴をまとめる(以下、大平地区、土淵地区も同様)。

100層は細粒～中粒砂からなるラミナの発達した砂層からなり、弱腐植質のシルト層を挟在する。Cトレンチ北側法面の西側最下部では、未分解植物片を多量に挟在する。腐植質シルト層Aトレンチ最上部から西に向かって層厚を増し、Cトレンチでは全て100層となる。

200層は細粒～中粒砂を主体としAトレンチ南・北側法面の西側部分および東側法面、Bトレンチの下部に分布する。ラミナが発達し東側にフォアセットするのが南側法面およびBトレンチ南・北側法面で観察される。

300層は青灰色の細～中粒砂層と極細粒砂～シルト層の互層からなり、Aトレンチ南・北側法面の東側、西側法面に広く分布する。

400層は青灰色シルトからなりAトレンチ南・北・西側法面の東側部分の深部に分布する。植物片・木片が点在し、部分的に弱腐植質である。

群列ボーリング調査では、トレンチ調査ほど詳細なユニット区分は不可能である。基本的に図6に示すように、粒径と特徴に応じて表土・盛土、シルト、細粒砂～シルト、細粒～中粒砂、中粒砂～粗粒砂、礫、腐植土～腐植質シルトの



7相に区分し記載を行った。さらにトレンチ調査での情報を基に、ユニット300までの大区分を対比し、さらにその下位については、腐植土主体のユニット400、砂礫層主体のユニット500、腐植土主体のユニット600とシコア間の対比を行った。これらの対比は年代測定結果とも整合的である。

### 断層変形構造とイベント層準

Aトレンチ北側法面において、東側部分でほぼ水平もしくは緩やかな西傾斜の堆積構造が観察される300層が、グリッド7付近から急激に西傾斜が大きくなり、グリッド4付近ではほぼ直立する（図3）。これは断層運動に伴う明瞭な変形構造である。ただし、300層内の砂層は層厚に変化が生じており、変形に伴って流動化した可能性がある。南側法面においては、東側部分でほぼ水平～緩やかな西傾斜の300層が、剪断面（走向N40°～55°W、傾斜50°～38°W）で切られている。剪断面沿いの引きずりの形態から判断して、西落ちの正断層である。これらの300層の変形を、200層が覆う。

200層は西にフォアセットした堆積構造が特徴で、Aトレンチ南側法面、Bトレンチ南・北側法面で詳しく観察される。この200層を覆って、淘汰の良い中粒砂層（140層）がAトレンチからCトレンチにかけて分布し、同じ層厚を保ったまま、西側へ傾斜を増す。また、A、Bトレンチでは140層上部に分布する層厚5cm程度の腐植土層がCトレンチ西側に向かって30cm程度まで層厚を増す。この腐植土層（137層）上部は未分解植物が多量に含まれており、流れが穏やかな環境化で堆積したものと考えられる。140層と137層との傾斜は不連続であり、140層が変形を被った後に生じた斜面を埋めて137層が堆積したと判断される。

Aトレンチ南側法面グリッド5付近には100層、200層を切って、砂脈が観察される。これは、100層堆積後の液状化の跡である。

寺田地区で実施したトレンチ調査、ボーリング・簡易ボーリング調査の結果から考えられる活動層準を以下の2層準とし、それぞれを寺田イベントI、IIとした。寺田地区における<sup>14</sup>C年代測定結果を表1に、地表を切る古地震イベントの推定値を図7に示す。なお、イベント層準の年代値はStuiver et al. (1998) による暦年補正值の1σを用いた。

### 寺田イベントI:

認定層準：137層堆積後140層堆積前

認定根拠：トレンチB—トレンチC間における140層の高度差。

トレンチBおよびCにおいて観察される140層は淘汰の良い砂層であり、洪水など水流の影響を強く受けて堆積したものと判断される。しかしながら、観察される区間での層厚変化が少ないことから、この地点において確認される高度差は、堆積後の変形による可能性が高い。

**変位量**：トレンチA側線で実施したボーリング・簡易ボーリングの結果（図6）から、140層の高度差は1.5～2m程度と見積もられる。

**活動時期**：トレンチより採取した試料の分析値の多くが2,500年前から4,000年前に集中する。年代値と層序の対応が悪いため、イベントⅡとあわせて4,000年前以降2,500年前までに2回の地表に変位を及ぼす断層活動があったと考えられるが、これ以上詳細に年代を制約することはできない。

#### 寺田イベントⅡ：

**認定層準**：311層堆積後230層堆積前

**認定根拠**：変形層と変形を覆う地層。

トレンチAでは311～383層で著しい変形が観察される。このうち335～383層はトレンチ東側法面において連続が確認されるが、極めて緩やかな傾斜で、層厚の変化がほとんどない地層である。したがって、トレンチで確認される変形はほぼ水平（緩傾斜）な地層が堆積した後に生じたものと判断される。これらの変形層を覆う上位の210～230層はラミナの発達が見られる砂層であり、トレンチAにおいてラミナ自体に傾斜が認められる。しかしトレンチBの観察結果からこのラミナはクロスラミナであることが確認され、変形に直接関わったものでないことが明らかとなった。以上より寺田Ⅱイベントは311層堆積以降で230層堆積以前と判断される。

**変位量**：トレンチA側線で実施したボーリング・簡易ボーリングの結果（図6）から、ユニット300（トレンチ調査における300番台の地層）の下面の高度差から2～2.5m程度と見積もられる。

**活動時期**：トレンチより採取した試料の分析値の多くが2,500年前から4,000年前に集中する。年代値と層序の対応が悪いため、イベントⅠとあわせて4,000年前以降2,500年前までに2回の地震活動があったとしか言及できない。

## (2) 通越断層大平地区

### 掘削地点の概要

調査地点は大平地区の盆地西縁に分布するバルジ状の地形の背後に位置する(図8a)。前述の寺田地区に想定される観音寺断層が庄内丘陵の前縁部に位置する断層であるのに対し、大平地区に想定される通越断層は丘陵の背面に位置する逆断層(バックスラスト)もしくはこれに付随するものと考えられる。したがって、この地点で断層活動の履歴や様式を明らかにすることは、丘陵全体の隆起(平田背斜成長)と関連した地震活動を考える上で重要である。

調査にあたっては、バルジ状の高まりの西側斜面と直線状谷との境界を横切るように2条のトレンチ(トレンチA, トレンチB)を配置した(図8b)。

### トレンチ壁面の地質

大平地区のトレンチの地質は段丘礫層および上位に谷埋めの礫層およびシルト層からなる堆積物で構成される。上位より10層, 20層, 30層, 40層に区分される。最上位の10層以外は比較的しまりが良く、一部褐色に酸化が進み半固結状を呈する部分も見られる。

10層は現表土である未分解の土壌, 黒色腐植層, 砂礫層からなる。トレンチの中心部, すなわち沢の中心部で厚くなる。

20層は砂混じりローム質シルト層からなり亜円礫が点在する。A・Bトレンチともにトレンチの東側に分布し、トレンチ東側のバルジ状の地形を構成している。

30層は礫混じり～礫質な砂質シルト～シルト質砂よりなる。一部に腐植質な層準が挟在される。

40層はAトレンチ西側に見られる比較的締まった段丘礫層とその上位の砂礫層からなる。砂礫層は東傾斜の堆積構造が見られ、特にBトレンチで約25°東傾斜である。細砂からシルトの擬礫を多く含んでいる。Aトレンチには腐植質シルトが上部に分布する。

50層は細砂よりなり、Bトレンチ西側に分布する。庄内層群の砂層の可能性はあるが、根無しの巨礫の可能性も考えられる。

### 断層変形構造とイベント層準

Aトレンチでは40層上部の腐植層が断層によって切られ、引きずられた構造が確認できる。この断層面は上位の30層との境界までの間で不明瞭となる。Bトレ

ンチにおいても同様で、不明瞭ながら礫層中に断層線（剪断構造）が確認できる。Bトレンチにおいても断層線の連続は30層の下部までである。Bトレンチの40層は全体として東側に傾斜している。初生的な堆積構造である可能は捨てきれないが、43層、51層も同様に東傾斜を示唆する構造が見られることから、断層運動による傾動である可能性がきわめて高い。トレンチBで観察される断層線は傾動した地層内の層面すべりに起因する可能性がある。

33層は40層との境界に沿って同じ様な厚さで分布している。これが変形によって生じたものか初生的なものであるかは不明である。少なくとも40層に見られる比較的明瞭な断層構造とは不調和であり、別の変形モードを生じる地震イベントがあったものと考えられる。

大平地区におけるトレンチ調査の結果から、考えられる活動層準を以下の2層準とした。大平地区における<sup>14</sup>C年代測定結果を表2に示した。

#### 大平イベントI（地点最新イベント）：

認定層準：33層堆積後23層堆積前

認定根拠：断層に切られる41層を覆う33層には断層線は延長されない。しかしながら、トレンチA南側法面において断層直上の33層が上に凸に変形しているように見え、その東・西の低い部分に32層が分布している。これは、33層が変形して形成された小凹地を32層が埋積したか、もしくは33層とその上位に分布していた32層が同時に変形し、31層堆積前に32層が削剥された可能性がある。このような33層の変形はトレンチB北側壁面でも明瞭である。北側法面グリッド5～6にかけて、33層の分布の傾斜とあわせて内部の堆積構造も傾斜している。南側法面も北側法面ほど顕著ではないが、同様の堆積構造が確認できる。なお、33層の上位の32層は、この33層の変形を埋めるように凹部を埋めているようにも、同時に変形したようにも見えることから、この変形と堆積の前後関係は不明である。南北法面とも23層基底面は断層延長上においても水平であることから、少なくとも23層はこの変形イベントには巻き込まれていない。同じくこの凹地埋める31層の堆積と変形時期の前後関係も不明である。これらの地層を覆って基底面が水平である13層は変形していないと言える。以上のことから、当層準を古地震発生の可能性があるイベント層準（possible event horizon）として扱いたい。

活動時期 : 年代値が得られる地層には限界があるが、トレンチAにおける41層の年代値が $36660 \pm 1100$ B.P.であることから、断層の活動年代はこれ以降であり、23層より上位の13層の年代が $6480 - 6400$ y.B.P.であることから、少なくともこの年代以前の活動であることは明らかである。

#### 大平イベントII:

認定層準 : 41層堆積後36層堆積前

認定根拠 : 41層は断層により明瞭に切られており、断層沿いにシルト層やラミナの引きずり、礫の再配列が認められる。41層の上位に連続する37層は直接断層との関係が明らかではないが、37層を覆う36層に断層は及んでいない。断層延長部で36層基底は緩やかな上に凸状の形態を示すが、これは上記のpossible eventであるイベントIの影響であろう。トレンチAにおいて36層を覆う35層では上に凸の湾曲構造は認められない。35層上位の34層トレンチA, Bとも断層との関係は明らかではない。トレンチBにおいて33層より上位の地層に断層変位・変形構造は認められない。大平におけるA, Bトレンチで確認された断層活動は41~43層を確実に剪断し、同時に著しい変形を引き起こしている。この上位の35~37層は変形の可能性を残すものの、明らかな剪断はおこっていない。以上からイベントIは41層堆積後、36層堆積以前に発生したと判断される。

活動時期 : 年代値が得られる地層に限界があるが、トレンチBにおける32層の年代値 $21560 \pm 230$ B.P.である。このことから、大平イベントIIの活動時期は、 $21790$ B.P.以前であると推定される。また、イベントIを考慮しても、すくなくとも $6480 - 6400$ y.B.P.以降は当地点での通越断層は活動していないことは明らかである。

### (3) 松山断層土淵地区

#### 掘削地点の概要

調査実施位置を図11に示す。当地点は、断層活動によって生じたと考えられる明瞭な地形境界（平地と丘陵地の境界に連続する明瞭な崖地形）である。特に、約7,400-7,800年前に離水した可能性がある扇状地面上にも低断層崖が推定されている（澤・他, 2000）。この扇状地面上では、平成10, 11年度に山形県が反射法地震探査・ボーリング調査を実施し、断層の存在を確認している。今

回は、この扇状地面上にみられる比高約2.5mの低崖をまたいでトレンチを掘削した。さらに、山形県（1998, 1999）の調査を補完するように6-10m長のボーリングコアを8本採取し、扇状地面を横切る約200mの地質断面を作成し、断層位置の詳細と活動履歴を検討した。

### トレンチ壁面の地質

土淵トレンチは砂質シルト層中に礫層が層状、一部はチャネル状に分布している。上位より10層、20層、30層、40層、50層に大区分される。

10層はトレンチ西側で、最上部に腐植層、上部に灰色～暗灰色シルト、南側法面に暗灰色細粒砂が分布する以外は、礫層を主体とする。礫は黒色泥岩、シルト岩の角礫から亜角礫よりなり、基質は砂～砂混じりシルトからなる。下位層をチャネル状に削り込んで堆積している。

20層は上部には灰白色シルト、南側法面には弱腐植層が分布する。大部分は灰白色シルト中に粗砂～細礫層が挟在される。南側法面グリッド5.5～10から北側法面2.5～4.5にかけてチャネル状に下位層を削り込んで礫層が分布している。

30層は灰白色砂質シルト層および礫層からなる。砂質シルト層の下部は腐植質で多量の木片・植物片が含まれている。

40層は灰白色砂質シルトを主体とし、礫が比較的多く混じる層準がある。下部は腐植質で木片・植物片を多量に混入する。

50層は比較的よく締まった砂質シルトで角礫がまじる。

群列ボーリング調査では、トレンチ調査ほど詳細なユニット区分は不可能である。基本的に図13に示すように、粒径と特徴に応じて表土・耕作土、シルト、砂、礫・礫混じりシルト、腐植土～腐植質シルトの5相に区分し記載を行った。さらに山形県（2000）の情報や層相組み合わせ、年代測定結果等を考慮して、上位よりユニット1～5に大区分を行った。

### 断層変形構造とイベント層準

40層と下位の50層の境界は南北法面とも急傾斜を示す。この急傾斜を埋めるように40層は堆積しており、40層に挟在される砂層は40°西傾斜となっている。30層は南・北法面ともグリッド11付近から西に分布しており、20°西傾斜である。30層は下位の40層と比較して緩傾斜であり、ここに傾斜不整合が読みとれる。10層は20層の上面をほぼ水平に削って堆積している。この浸食面は20層内の堆積面とは斜行していることから、10層と20層の間にも傾斜不整合が存在する可

能性がある。

土淵地区におけるトレンチ調査の結果から、考えられる活動層準を以下の層準とした。得られたイベント層準を、上位から（若い順に）土淵イベントⅠ，イベントⅡ，イベントⅢとした。

なお，土淵地区における<sup>14</sup>C年代測定結果を表3に示す。

#### 土淵イベントⅠ：

認定層準 : 21層堆積後15層堆積前

認定根拠 : 31層に見られる砂層には観察される範囲で層厚変化が少ないこと，同層に見られるラミナが層理面と平行に発達すること，同層ならびに32層の堆積頂面がトレンチの西側で極めて緩やかな傾斜となることから，31層～21層の堆積物は水平に近い極めて緩やかな堆積環境において形成されたものと判断される。したがって，現在観察される傾斜は堆積後の変形による可能性が高いと判断した。この上位を覆う14，15層は沢から扇状地面に溢れ出て堆積した土石流もしくは，ごく近傍の崖錐堆積物と判断されるが，これらの地層の傾斜は31層～21層の傾斜よりも緩やかで，この間に傾斜の差が認められる。したがって，当地点での最新地震イベントを21層堆積後15層堆積前と判断した。

活動時期 : 当トレンチのみの情報では個々の地震イベントの年代制約は極めて困難である。後述する最も変形した最下位層直上（42層）の木片が約4万年前を示すことから，4万年以降3回の断層運動が発生したものと考えられる。イベントⅠはそのうちの最新であり，遅くとも1530y.B.P（11層の年代）以降の活動はないと考えられる。なお，群列ボーリングによる推定地質断面図（図13）から，ボーリング測線ではH18-5とNo.4付近に断層が到達する可能性が高い。この場合，9010-8980 calyBPから10150-9680 calyBPの腐植土を切り，6880±130 yBP（暦年で約7,900-7,700年前）の腐植土に覆われる可能性があり，活動時期は約9,100年前以後，約7,700年前以前となる。これは約8,000年前に最新活動があるとする太田・他（2000）の結果とほぼ整合するが，あくまでもボーリングコア間の対比に基づく推定である。なお，太田・他（2000）では並走する複数の断層を推定しているが，当地点では断層通過位置はこのH18-5とNo.4付近からトレンチ掘削

地点に続く低崖の部分以外は確認できていない。

### 土淵イベントII：

認定層準 : 41層堆積後33層堆積前

認定根拠 : 41・42層は平行葉裏が顕著で礫薄層が挟まることから、安定した水流の影響を受けた堆積物と考えられる。したがって、現在見られる40°前後の傾斜は明らかに堆積後の変形であると判断した。また、トレンチの西側で見られるイベントIに関連した地層は緩やかな傾斜しか示さないことから、イベントIよりも古い傾動を考えなければならぬ。すなわち、上位を覆う31・32・33層の傾斜は20°前後であり、41層の傾斜とは有意の差がある。以上のことから、イベント層準は41層堆積後33層堆積以前と判断した。

活動時期 : 31層よりも下位の地層から得られた<sup>14</sup>C年代測定値には一部逆転もみらるが、32層～42層上部の年代値はおおむね3万年前程度の値を示す。堆積構造等からも木片の再堆積の可能性が強く示唆されるため、最新年代値27640y.B.P. (42層上部)を採用すると、当イベントはこの年代以降に発生した可能性が高い。ただし、最終氷期極相期(2万年前前後)前後には当地点も含め庄内平野全体が無堆積および浸食環境下にあった可能性があり(有賀, 1984)、この間に発生したイベントかもしれない。

### 土淵イベントIII：

認定層準 : 51層堆積後43層堆積前

認定根拠 : トレンチで観察される最下層の51・52層では含まれる礫層が50°を超える急傾斜となっている。その上位を覆う41・42層は40°前後で傾斜しており斜交関係が認められる。上記のイベントIIで同時に生じたとは考えられない。特に、42層下部はトレンチ壁面ではプリズム状の形態を示し、51層堆積後に変形で生じた凹地を埋積したと考えられる。したがって、イベント層準は51層堆積後42層堆積以前と判断した。

活動時期 : 最も変形した最下位層直上(42層)の木片は約4万年前を示す。一方で、イベントIIに関連した地層の年代値は3万年前前後を示す(ただしこれらも再堆積の可能性が高い)。このことから、3～4万



年前に発生した古地震イベントである可能性がある。

#### (4) 議論

本年度の補完調査の目的は、1) より詳細な活動履歴の検出、2) 断層関連褶曲構造との関係、3) 活動区間の検討である。これらの検討のために、同断層帯観音寺断層上の酒田市寺田地区、通越断層上の酒田市大平地区、松山断層上の酒田市土淵地区の合計3箇所にてトレンチおよびボーリング調査を実施した。以下に再度調査結果をまとめる。

寺田地区では、米軍空中写真によって判読できる低崖を挟んでトレンチを掘削し、またボーリング調査により広範囲の地形の変形を捉えた。トレンチ内には断層運動によって変形を被った過去約5,000年間の細粒砂・シルト・腐植土層の互層が露出した。これらの地層は推定断層崖付近の幅約7mの区間で顕著な撓曲変形を示し、一部砂層の流動化や砂脈、二次的な正断層も認められた。トレンチ内には断層自体は確認できないものの、変形度の違い等からここでは2回の古地震イベントが推定された。ただし、分析した年代値の多くが2,500年前から4,000年前に集中するうえに、年代値と層序の対応が悪いため、4,000年以降2,500年前までに2回の地震活動があったとしか現時点で判断できない。

大平地区は観音寺断層のバックスラストと考えられる通越断層上に位置する。通越断層は全体として西側上がりの逆断層と考えられるが、断層線の直線性を考慮すると高角かつ横ずれ成分を伴う可能性がある。調査地点には幅約20m×長さ約200m×高さ最大7m規模の北北東-南南西トレンドのバルジ状の高まりがみられる。トレンチはその西側斜面から凹地に向かって掘削され、壁面には比較的しまりの良い砂礫層とそれを覆う約1.5mの黒色腐植土層が露出した。砂礫層は複数の断層で切られ、挟在する特徴的な砂層も東に一部急傾斜する。砂礫層の年代は約2~4万年前で、上位の腐植土層は約3,000~6,000年を示す。このことから、4万年前以降複数回（少なくとも2回）の断層運動が発生したことは間違いない。ただし、ここでの最新活動は6,000年前よりも古い可能性が高いことは明らかであり、観音寺断層の活動と必ずしも同期しない。

土淵地区では、扇状地面上にみられる比高約2.5mの低崖でトレンチを掘削した。壁面には西に急傾斜した比較的しまりの良い礫混じりシルト、腐植土、砂礫層が露出し、緩く西傾斜した新規の砂礫層がオンラップ不整合で覆う。新規の砂礫層内にも傾斜の差による不整合がみられる。個々の地震イベントの年代の決定は極めて困難であるが、最も変形した最下位層直上の木片が約4万年前

を示すことから、4万年前以降3回の断層運動が発生したものと考えられ、平均活動間隔1万年程度と推定される。扇状地軸部で実施したボーリング調査により長さ約200m、深さ約20mの東西地質断面を作成した結果、断層が推定された。その断層の最新活動は約7,700年前～約9,100年前の可能性があり、既往調査による松山断層の最新活動時期約8,000年前前後（太田・他，2000）と矛盾しない。

以上の調査結果と既存の文献情報を総合すると、庄内平野東縁断層帯の最前縁である観音寺断層では活動間隔がこれまでの半分程度（1,000-2,000年程度）になる可能性がある。この値は、地震時変位量2m前後を仮定しても、段丘面変位等から判断されている平均変位速度2～3m/千年と矛盾しない。ただし、これらは地表に明らかな変位を生じた地震イベントである。したがって、明瞭な地表地震断層が報告されていない1894年庄内地震（M=7.0）とは異なったタイプの地震である可能性がある。

しかしながら、反射法地震探査結果等を総合すると（図15）、観音寺断層は活褶曲帯西翼に生じた根無し断層の可能性がきわめて高い。したがって、地震発生時（褶曲成長時）に必ずしも地表に変位が生じるわけではなさそうである。つまり、庄内地震型の地震でも時折、地下浅部に蓄積した歪みが解放され地表変位が生じるのかもしれない。実際にM7.0前後のブラインドスラスト地震発生時には、ほぼ最大50cm前後の隆起が観測されている（例えば、2007年能登半島地震、栗田・他，2007）。反射法地震探査断面の再解釈から（図15）、ほぼ50-70万年前を示す庄内層群下部基底（小松原，1997）が約50m変位しているため、背斜軸隆起速度は0.5mm/年となる。乱暴な見積もりではあるが、M7.0前後の地震の頻度は、1,000年に1度程度となる。したがって、観音寺断層の実際の最新活動は庄内地震であった可能性もある。なお、庄内地震の家屋倒壊率が高い地域は最上川と相沢川が合流する地域（横根山西方）に集中する（宇佐美，2002）。そのため、必ずしも平田背斜が成長するようなイベントだったかどうか、まだ議論の余地がある。いずれにしても、地表断層変位に頼る現行のトレンチ調査では、庄内平野東縁断層帯のように断層関連褶曲を伴い広域に変形する断層運動の活動履歴を解明するには限界がある。今後何らかの別の手法を検討する必要がある。

一方、松山断層は地質構造上酒田衝上断層の一部であり、観音寺断層とは並走関係にある。反射法地震探査から逆断層構造が地表まで到達していることは明確（山形県，2000；加藤・他，2006）で、観音寺断層よりも発生時期が古く

成熟度が高いと考えられる（例えば、小松原，1998の議論）。ただし、活動間隔は1万年程度と長い。観音寺断層（平田背斜）同様、地表を切断しない断層運動については議論の余地はあるが、少なくとも上盤側に成長中の新規の背斜構造は見られない。断層沿いのみで変位を解消している可能性が高い。

以上のことから、庄内平野東縁断層帯は南北に大きく2つ以上の断層帯に分けられ、最大地震規模はM7.5よりも小さくなる可能性がある。ただし、観音寺断層の活動間隔は従来の評価よりも有意に短くなり、褶曲構造成長に伴って新潟県中越地震や能登半島地震タイプの地震が高頻度で発生する可能性もある。加えて、余目背斜・酒田向斜など、さらに西側に断層構造が伏在している可能性もあり、M6後半以上の地震頻度に関しては従来よりも高く評価する必要がある。

### 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

観音寺断層，通越断層，松山断層などから構成される。

##### (2) 断層面の位置・形状

観音寺断層，松山断層は東傾斜の逆断層，通越断層は観音寺断層のバックスラストと考えられるが，通越断層は全体として西側上がりの逆断層と考えられるが，断層線の直線性を考慮すると高角かつ横ずれ成分を伴う可能性がある。

##### (3) 変位の向き

観音寺断層，松山断層は東側隆起，通越断層は西側隆起の逆断層である。

#### 3. 2 断層帯の過去の活動

##### (1) 平均変位速度

今回の調査では新たなデータは得られなかった。地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）では，上下成分で約2-3m/千年の可能性があるとされている。

## (2) 活動時期

寺田地区では変形度の違い等から2回の古地震イベントが推定された。ただし、分析した年代値の多くが2,500年前から4,000年前に集中するうえに、年代値と層序の対応が悪いため、4,000年前以降2,500年前までに2回の地震活動があったとしか現時点で判断できない。

大平地区では40,000年前以降複数回（少なくとも2回）の断層運動が発生したことは間違いない。ただし、ここでの最新活動は6,000年前よりも古い可能性が高いことは明らかであり、観音寺断層の活動と必ずしも同期しない。

土淵地区では40,000年前以降3回の断層運動が発生したものと考えられる。なお、扇状地軸部で実施したボーリング調査により推定された断層の最新活動は約7,700年前～約9,100年前の可能性があり、既往調査による松山断層の最新活動時期約8,000年前前後（太田・他，2000）と矛盾しない。

## (3) 1回の変位量

寺田トレンチ A 側線で実施したボーリング・簡易ボーリングの結果から、140層の高度差を1回の活動の上下変位量とすると、1.5～2m程度と見積もられる。

## (4) 活動間隔

庄内平野東縁断層帯の最前縁である観音寺断層では活動間隔がこれまでの半分程度（1,000-2,000年程度）になる可能性がある。この値は、地震時変位量2m前後を仮定しても、段丘面変位等から判断されている平均変位速度2～3m/千年と矛盾しない。ただし、これらは地表に明らかな変位を生じた地震イベントである。したがって、明瞭な地表地震断層が報告されていない1894年庄内地震（M=7.0）とは異なったタイプの地震である可能性がある。土淵地区では平均活動間隔は10,000年程度と推定される。

## (5) 活動区間

以上のことから、庄内平野東縁断層帯は南北に大きく2つ以上の断層帯に分けられ、最大地震規模はM7.5よりも小さくなる可能性がある。

(調査担当：遠田晋次)

## 文 献

- 栗田泰夫・遠田晋次・金田平太郎・吾妻 崇・堀川晴央・宍倉正展・越後智雄  
(2007) : 旧汀線の高度分布から検出された2007年能登半島地震に伴う  
上下地殻変動, 日本地球惑星科学連合2007年大会プログラム, 講演要旨  
CD-ROM.
- 有賀友子 (1984) : 庄内平野の地形発達—更新世末期以降の砂礫分布範囲の変  
化—. 東北地理, 36, 13-24.
- 池辺 穰・大沢 穠・井上寛生 (1979) : 酒田地域の地質. 地域地質研究報告  
(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 42 p.
- 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, 254 p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005) : 「庄内平野東縁断層帯の長期  
評価について」, [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/05apr\\_shonai/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/05apr_shonai/index.htm)
- 加藤直子・佐藤比呂志・今泉俊文・越谷 信・戸田 茂・萩野スミ子・越後智  
雄・木村治夫・楮原京子・森下信人・小林 勉・高橋就一・梅津洋輔・  
水本匡起・吉田明弘・小池太郎・佐藤 良 (2006) : 庄内平野東縁活断  
層系松山断層における反射法地震探査, 活断層研究, 26, 87-93.
- 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.
- 小松原琢 (1997) : 庄内平野東縁の活褶曲における伏在断層の成長過程. 地質  
調査所月報, 48, 537-565.
- 小松原琢 (1998) : 庄内堆積盆地東部における伏在断層の成長に伴う活褶曲の  
変形過程. 地学雑誌, 107, 368-389.
- 松田時彦 (1975) : 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, 269-283.
- 松田時彦 (1990) : 最大地震規模による日本列島の地震分帯図. 地震研彙報,  
65, 289-319.
- 太田陽子・澤 祥・鈴木康弘・渡辺満久・松山断層調査グループ (2000) : 庄  
内平野東縁, 松山断層の認定と活動期, および関連する諸問題. 月刊地  
球, 号外, 28, 127-132.
- 澤 祥・太田陽子・渡辺満久・鈴木康弘 (2000) : 庄内平野東縁, 松山断層の  
断層変位地形と第四紀後期の活動性. 第四紀研究, 39, 233-240.

- Stuiver M, Reimer, P. J., Bard E., Beck J. W. Burr G. S., Hughen K. A., Kromer B.,  
McCormac G., van der Plicht J., and Spurk M. (1998): IntCal98 radiocarbon age  
calibration, 24,000-0 cal BP. Radiocarbon, 40 (3), 1041-1083.
- 鈴木康弘・池田安隆・渡辺満久・須貝俊彦・米倉伸之（1989）：庄内平野東縁  
における完新世の断層活動と1894年（明治27年）庄内地震－観音寺断層  
のトレンチ掘削調査による検討－. 地震第2輯, 42, 151-159.
- 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.
- 山形県（1998）：「平成9年度地震関係基礎調査交付金 山形県活断層調査 成  
果報告書」. 山形県, 158p.
- 山形県（1999）：「平成10年度地震関係基礎調査交付金 山形県活断層調査 成  
果報告書」. 山形県, 153p.
- 山形県（2000）：「平成11年度地震関係基礎調査交付金 山形県活断層調査 成  
果報告書」. 山形県, 193p.

## 図 表

表1 庄内平野断層帯のまとめ

表2 観音寺断層寺田地区トレンチ調査における<sup>14</sup>C年代測定結果

表3 通越断層大平地区トレンチ調査における<sup>14</sup>C年代測定結果

表4 松山断層土淵地区トレンチ調査における<sup>14</sup>C年代測定結果

図1 庄内平野東縁断層帯の分布および平成18年度調査地点

断層分布は推本，2002に基づく．基図は国土地理院発行数値地図200,000「酒田」「新庄」を使用．

図2 観音寺断層寺田地区調査地点位置図および測量図

図3 寺田地区トレンチA壁面スケッチ

図4 寺田地区トレンチB壁面スケッチ

図5 寺田地区トレンチC壁面スケッチ

図6 寺田地区トレンチA北側壁面の写真

図7 寺田地区推定地質断面図

(a) トレンチA測線． (b) トレンチB測線．

図8 観音寺断層寺田地区における古地震イベントダイアグラム

図9 通越断層大平地区調査地点位置図および測量図

図10 大平地区トレンチA壁面スケッチ

図11 大平地区トレンチB壁面スケッチ

図12 大平地区トレンチA北側壁面の写真

図13 松山断層土淵地区調査地点位置図および測量図

図14 土淵地区トレンチ壁面スケッチ

図15 土淵地区トレンチ北側壁面の写真

図16 土淵地区推定地質断面図

図17 庄内平野東縁断層帯における地表を切る古地震イベントの総括ダイアグラム

図18 生石地区における観音寺断層を横切る反射法地震探査結果とその解釈  
反射断面は山形県平成9年度調査結果による。



表 1 庄内平野断層帯のまとめ.

	従来評価	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	下当(しもと)断層, 野沢断層, 月光川(がっこうがわ)断層, 観音寺断層, 通越(とおりがえ)断層, 松山断層など	北部:下当(しもと)断層, 野沢断層, 月光川(がっこうがわ)断層, 観音寺断層, 通越(とおりがえ)断層 南部:松山断層など	活動履歴の相違により北部と南部の2区間に区分.
(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39° 04', 東経139° 55' (南端)北緯38° 44', 東経139° 57'	北部: (北端)北緯39° 04', 東経139° 55' (南端)北緯35° 18', 東経136° 00' 南部: (北端)北緯35° 18', 東経136° 00' (南端)北緯38° 44', 東経139° 57'	
長さ	約38km	北部:約24km 南部:約17km	
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	地表での長さ・位置と同じ	変更なし
上端の深さ	0km	不明 (観音寺断層は根なし断層の可能性)	
一般走向	N-S	N-S	変更なし
傾斜	東傾斜	東傾斜 (通越断層は西傾斜)	
幅	不明	不明	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 (通越断層は西側隆起の逆断層)	
2. 断層の過去の活動 (1)平均的なずれの速度	約2-3m/千年(上下成分)	北部:約2-3m/千年(上下成分) 南部:不明	
(2)過去の活動時期	活動1(最新活動) 約3000年前以後, 18世紀以前  活動2(1つ前活動) 約7800年前以後, 約3000年前以前  活動3(2つ前活動) 約9400年前以後, 約7800年前以前	北部: 約4000年前以降, 約2500年前以前に2回の活動  南部: 活動1(最新活動) 約9100年前以後, 約7700年前以前(約4万年間に3回の活動)	
(3)1回のずれの量と平均活動間隔 1回のずれの量	2m程度以上(上下成分)	北部:1.5-2m程度(上下成分) 南部:不明	
平均活動間隔	2400-4600年程度	北部:1000-2000年程度 南部:10000年程度	
(4)過去の活動区間	断層帯全体で1区間	少なくとも北部と南部の2区間(ただし, 同時破壊した地震もあった可能性は否定できない)	活動履歴の相違による.

表2 観音寺断層寺田地区トレンチ調査における<sup>14</sup>C年代測定結果.

トレンチ番号	サンプル番号	面	X軸	Y軸	詳細層序	Beta-	測定年代	<sup>13</sup> C/ <sup>12</sup> C	補正年代	No.	Analysis	Material	Pretreatment	Intercept of radio carbon age	Cal BP (1σ)	Cal BP (2σ)
A	TdN-300-200	N	300	-200	210	221287	2890 ± 40	-26.0	2870 ± 40	30017	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	2970	3050	3090
A	TdN-640-130	N	640	-130	210	221288	2520 ± 40	-26.7	2490 ± 40	30018	AMS-Priority	wood	acid/alkali/acid	2710	2730	2740
A	TdN-435-320	N	435	-320	337	221976	2830 ± 50	-26.1	2810 ± 50	30095	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	2890	2960	3050
A	TdAN-02	N	540	-332	361	223451	3090 ± 40	-28.4	3030 ± 40	30294	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	3240	3320	3350
A	TdN-1320-210N	N	4320	-210	372	221977	5300 ± 40	-24.9	5300 ± 40	30096	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	6010	6170	6190
A	TdN-880-330	N	880	-330	411	221289	3410 ± 40	-28.3	3360 ± 40	30019	AMS-Priority	wood	acid/alkali/acid	3600	3640	3690
A	TdS-940-140	S	340	-140	131	221979	3510 ± 40	-27.2	3470 ± 40	30098	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	3710	3820	3840
A	TdS-940-140	S	340	-140	131	222203	3030 ± 40	-29.5	2960 ± 40	30170	AMS-Standard	charred material	acid washes	3140	3210	3250
A	TdS-300-160	S	300	-160	171	221978	4000 ± 40	-25.7	3990 ± 40	30097	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	4430	4520	4540
A	TdS-300-160	S	300	-160	171	222202	3090 ± 40	-27.1	3060 ± 40	30169	AMS-Standard	charred material	acid washes	3310	3340	3360
A	TdS-740-320	S	740	-320	171	221980	3200 ± 40	-27.8	3150 ± 40	30099	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	3370	3390	3460
A	TdW-330-170	W	330	-170	171	221292	3790 ± 40	-25.5	3780 ± 40	30022	AMS-Priority	organic sediment	acid washes	4150	4230	4090
A	TdW-840-270	W	840	-270	210	221286	2880 ± 50	-26.2	2860 ± 50	30016	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	2860	3050	3140
B	TdBN-03	N	1840	-160	170	223453	2760 ± 40	-27.0	2730 ± 40	30296	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	2800	2860	2890
B	TdBE-03	E	400	-200	170	223452	2800 ± 40	-27.7	2760 ± 40	30295	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	2850	2880	2790
B	TdBE-05	E	1870	-198	131	223454	2970 ± 40	-26.4	2950 ± 40	30297	AMS-Standard	charred material	acid/alkali/acid	3090	3200	3240
B	TdBW-01	W	1660	-288	210	223455	-	-	980 ± 40	30298	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	920	940	910
B	TdBW-02	W	1612	-206	150	223456	2710 ± 40	-26.3	2690 ± 40	30299	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	2780	2800	2860
C	TdCN-02	N	-1170	-318	137	223457	3390 ± 40	-26.9	3360 ± 40	30300	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	3600	3640	3690
C	TdCN-02-peat	N	-1170	-318	137	224316	2890 ± 40	-28.0	2840 ± 40	30633	AMS-Standard	peat	acid/alkali/acid	2940	2980	2880
C	TdCN-03	N	-1250	-320	135	223458	3080 ± 50	-27.7	3040 ± 50	30301	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	3250	3340	3360
C	TdCN-03-peat	N	-1250	-320	135	224317	2990 ± 40	-29.4	2920 ± 40	30634	AMS-Standard	peat	acid/alkali/acid	3060	3140	2980
C	TdCN-05	N	-1114	-208	131	223459	2670 ± 40	-27.3	2630 ± 40	30302	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	2760	2770	2740
C	TdCN-06	N	-1120	-208	131	223460	2440 ± 40	-26.9	2410 ± 40	30303	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	2370	2470	2510
C	TdCS-07	S	-1075	-192	112	223462	2690 ± 40	-27.1	2660 ± 40	30305	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	2760	2780	2840
C	TdCS-10	S	-1190	-230	131	223461	4040 ± 50	-25.0	4040 ± 50	30304	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	4520	4560	4430
ホーリングBr-1	Br-1-6	-	6.88	~7.00	-	225367	5070 ± 40	-27.1	5040 ± 40	30747	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	5850	5890	5900
ホーリングBr-1	Br-1-7	-	8.93	~9.00	-	225368	5010 ± 70	-22.3	5060 ± 70	30748	Radiometric-Advance	organic sediment	acid washes	5820	5910	5930
ホーリングBr-1	Br-1-13	-	14.86	~15.00	-	225369	7060 ± 40	-21.1	7120 ± 40	30749	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	6000	7970	8010
簡易ホーリングNo1	Br.Td-1 3.89m	N	-3.89	-	220943	3450 ± 40	-27.3	3410 ± 40	40	29997	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	3850	3700	3720
簡易ホーリングNo2	Br.Td-2 3.94m	N	-3.94	-	220944	3490 ± 40	-27.4	3450 ± 40	40	29998	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	3700	3720	3650
簡易ホーリングNo5	Br.Td-5 2.90m	N	-2.90	-	220945	3500 ± 40	-28.9	3440 ± 40	40	29999	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	3890	3720	3640
簡易ホーリングNo5	Br.Td-5 6.30m	-	-6.30	-	223463	5250 ± 50	-20.3	5330 ± 50	50	30306	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	6170	6190	6000
簡易ホーリングNo5	Tdtk-No5-2	-	4.64	~4.80	-	225370	4050 ± 40	-27.5	4010 ± 40	30750	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	4510	4520	4420
簡易ホーリングNo8	Tdtk-No8-4	-	4.42	~4.55	-	225371	5140 ± 40	-20.5	5210 ± 40	30751	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	4440	5990	6100
簡易ホーリングNo9	Tdtk-No9-3	-	2.54	~2.62	-	225372	4190 ± 40	-27.3	4150 ± 40	30752	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	4760	4820	4830
簡易ホーリングNo10	Tdtk-No10-7	-	6.34	~6.40	-	225373	5740 ± 40	-22.9	5770 ± 40	30753	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	4650	6640	6660

表3 通越断層大平地区トレンチ調査における<sup>14</sup>C年代測定結果.

トレンチ番号	サンプル番号	面	X軸	Y軸	詳細層序	Beta-	測定年代	13C/12C	補正年代	No.	Analysis	Material	Pretreatment	Intercept of radio carbon age	Cal BP (1σ)	Cal BP (2σ)
A	OrAN-01	N			41	221981	>37340	-26.8	>37310	30100	Radiometric-Priority	organic sediment	acid washes	-	-	-
A	OrAN-02	N			41	221982	36700 ± 1100	-27.6	36660 ± 1100	30101	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	-	-	-
A	OrAN-03	N			37	221983	22060 ± 160	-26.7	22030 ± 160	30102	Radiometric-Priority	organic sediment	acid washes	-	-	-
A	Oda-A-6	S	1090	-140	13	223464	5620 ± 50	-22.4	5660 ± 50	30307	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	6430	6480	6540
B	Oda-B-1	N	560	-90	13	223465	3760 ± 70	-23.6	3790 ± 70	30308	Radiometric-Standard	organic sediment	acid washes	4160	4260	4410
B	Oda-B-4	W	230	-140	34	223466	NA	-27.9	> 48900	30309	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	-	-	-
B	Oda-B-5	S	405	-195	32	223467	21590 ± 230	-26.9	21560 ± 230	30310	Radiometric-Standard	organic sediment	acid washes	-	-	-

表4 松山断層土淵地区トレンチ調査における<sup>14</sup>C年代測定結果.

トレンチ番号	サンプル番号	面	X軸	Y軸	詳細層序	Beta-	測定年代	13C/12C	補正年代	No.	Analysis	Material	Pretreatment	Intercept of radio carbon age	Cal BP (1σ)	Cal BP (2σ)
A	TbAN-01	N	990	-350	32	223450	30720 ± 210	-27.9	30670 ± 210	30293	AMS-Standard	wood	acid/alkali/acid	-	-	-
A	TbAN-02	N	810	-440	32	223828	31950 ± 670	-27.2	31920 ± 670	30373	Radiometric-Priority	wood	acid/alkali/acid	-	-	-
A	TbAN-03	N	850	-390	32	223827	31230 ± 270	-25.9	31220 ± 270	30372	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	-	-	-
A	TbAN-05	N	410	-520	33	224662	30200 ± 340	-28.7	30140 ± 340	30558	Radiometric-Priority	wood	acid/alkali/acid	-	-	-
A	TbAN-09	N	1100	-410	42a	224663	27680 ± 730	-27.5	27640 ± 730	30559	Radiometric-Priority	organic sediment	acid washes	-	-	-
A	TbAN-12	N	-450	-320	11	224664	1730 ± 60	-22.9	1760 ± 60	30560	Radiometric-Priority	organic sediment	acid washes	1700	1730	1830
A	TbAN-14	N	-150	-450	15	225387	14950 ± 180	-22.4	14990 ± 180	30772	Radiometric-Advance	wood	acid/alkali/acid	18480	18560	18770
A	TbAS-01	S	1040	-540	42b	223449	41510 ± 1920	-23.1	41480 ± 1920	30292	Radiometric-Priority	wood	acid washes	-	-	-
A	TbAS-05	S	180	-390	22	224665	20380 ± 130	-26.7	20350 ± 130	30561	AMS-Standard	organic sediment	acid washes	-	-	-
ホーリツグ/H18-2	TbH18-2-2	-	1.11	-1.32		225358	6660 ± 40	-17.3	6790 ± 40	30738	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	7620	7670	7680
ホーリツグ/H18-3	TbH18-3-2	-	2.0	-2.1		225359	6930 ± 40	-18.4	7040 ± 40	30739	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	7900	7940	7950
ホーリツグ/H18-3	TbH18-3-5	-	3.5	-3.6		225360	7240 ± 40	-20.7	7310 ± 40	30740	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	8160	8180	8190
ホーリツグ/H18-5	TbH18-5-1	-	1.2	-1.3		225361	7950 ± 40	-20.3	8030 ± 40	30741	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	7040	9010	9020
ホーリツグ/H18-5	TbH18-5-2	-	2.8	-2.9		225362	8790 ± 90	-23.7	8810 ± 90	30742	Radiometric-Advance	organic sediment	acid washes	9890	10150	10190
ホーリツグ/H18-5	TbH18-5-5	-	8.4	-8.5		225363	40860 ± 1000	-27.9	40810 ± 1000	30743	AMS-Advance	wood	acid/alkali/acid	-	-	-
ホーリツグ/H18-6	TbH18-6-5	-	4.6	-4.7		225364	NA	-27.7	> 48500	30744	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	-	-	-
ホーリツグ/H18-7	TbH18-7-4	-	2.9	-3.0		225365	8720 ± 90	-19.5	8810 ± 90	30745	Radiometric-Advance	organic sediment	acid washes	9890	10150	10190
ホーリツグ/H18-8	TbH18-8-5	-	4.8	-4.9		225366	22070 ± 100	-27.0	22040 ± 100	30746	AMS-Advance	organic sediment	acid washes	9960	9960	9680



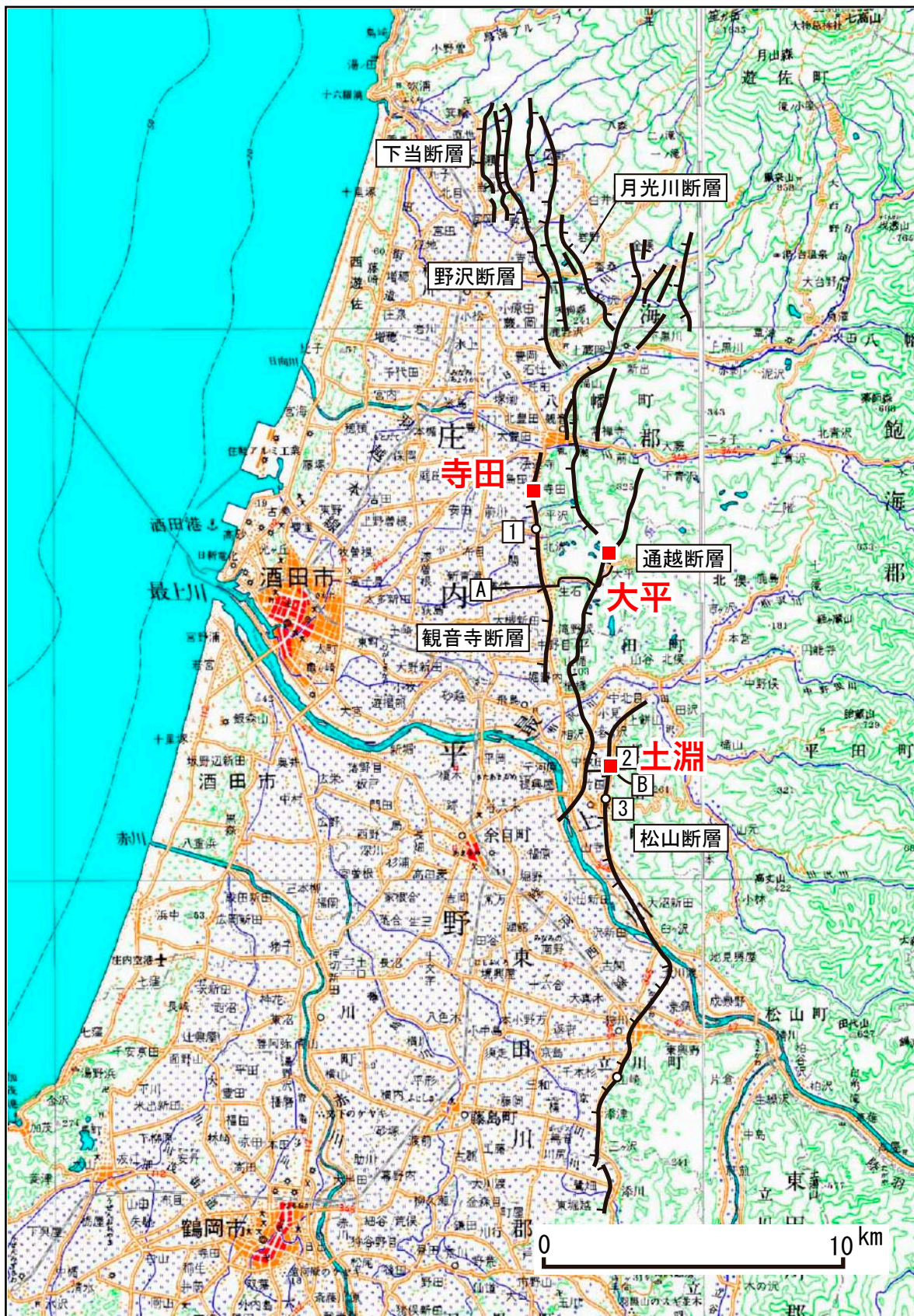


図1 庄内平野東縁断層帯の分布および平成18年度調査地点。断層分布は推本, 2002に基づく。基図は国土地理院発行数値地図200,000「酒田」「新庄」を使用。



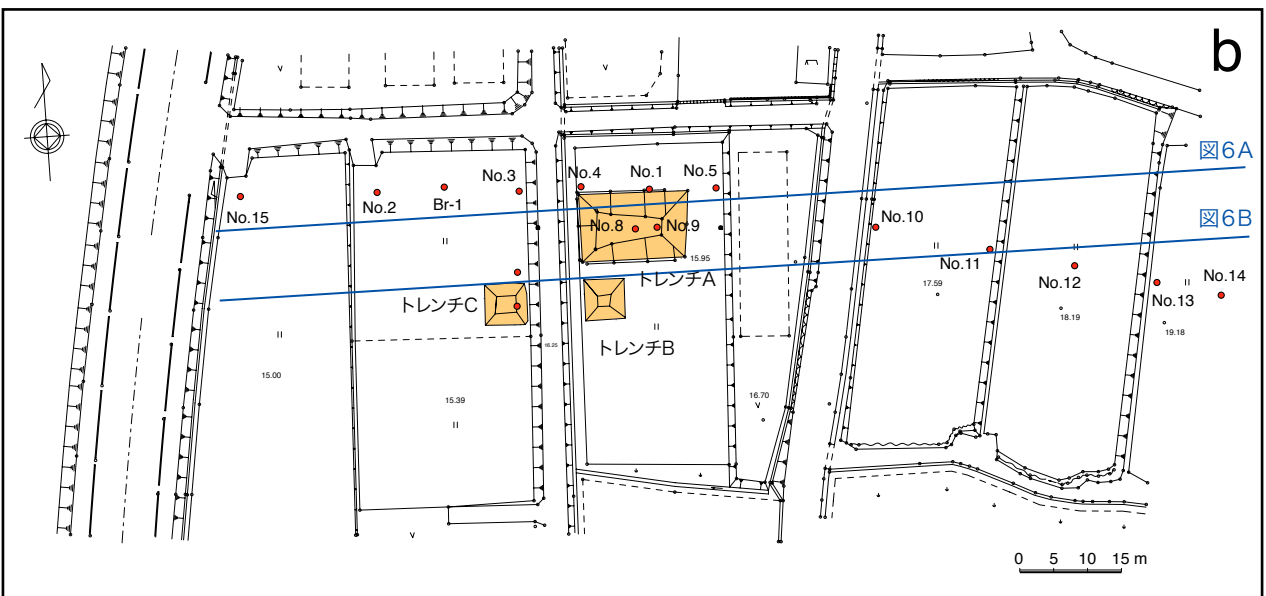
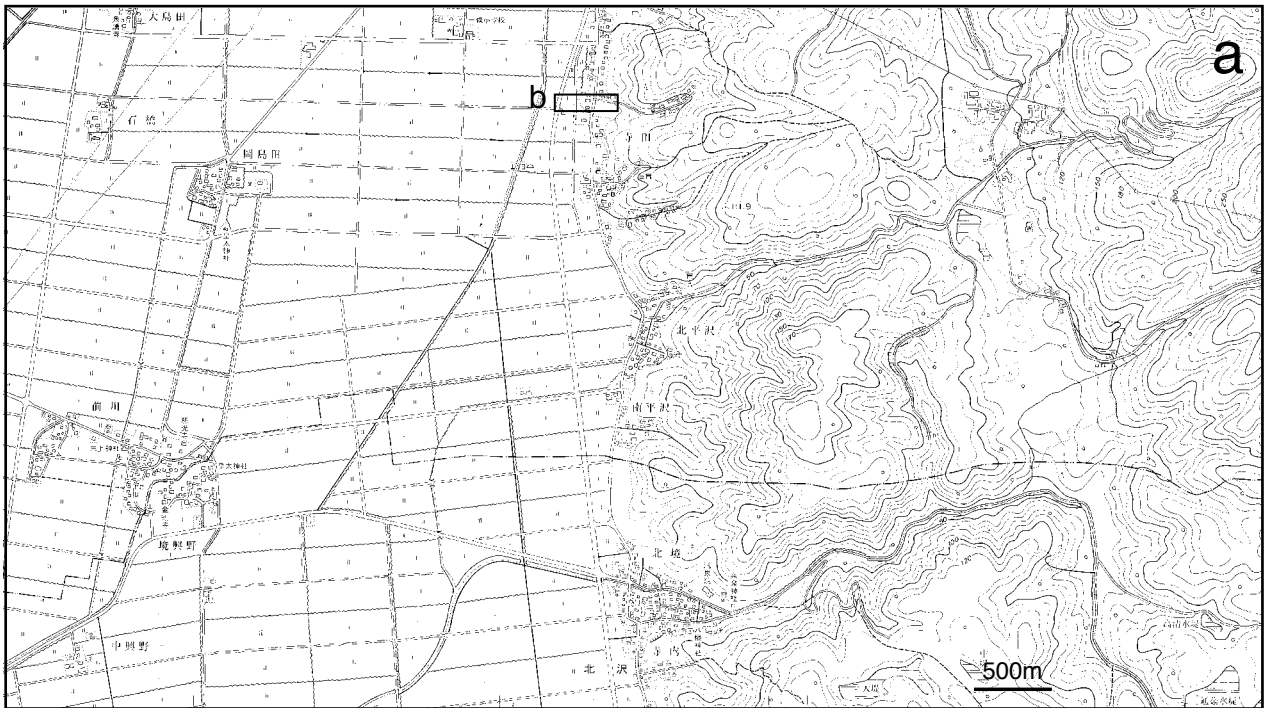


図2 観音寺断層寺田地区調査地点位置図および測量図。

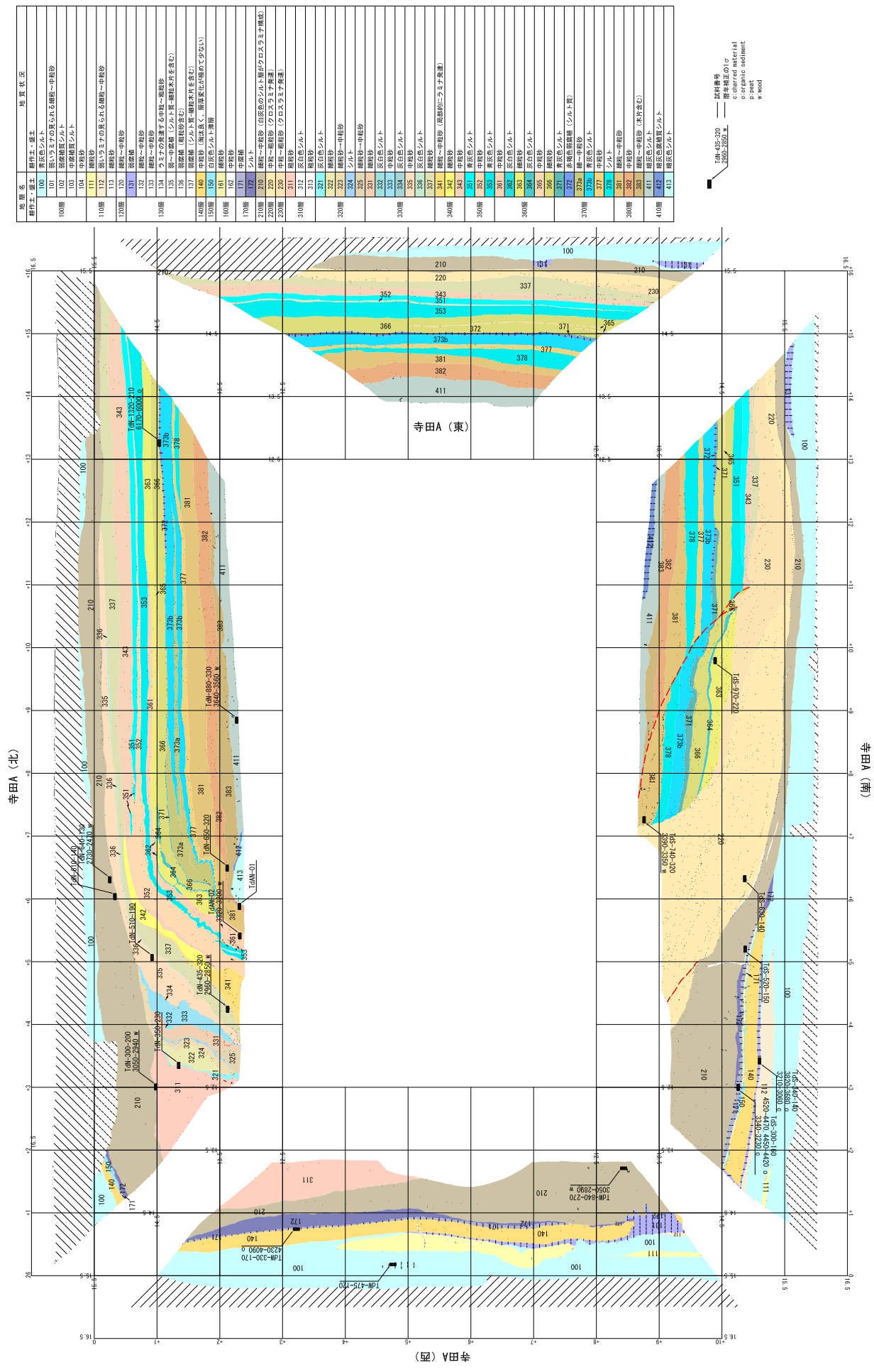


図3 寺田地区トレンチA壁面スケッチ。

地層名	地質状況
耕作土・盛土	耕作土・盛土
100	青灰色シルト
101	弱いラミニアの混入を認める凝灰～中粒砂
102	凝灰質シルト
103	中粒凝灰シルト
104	中粒砂
111	凝灰砂
112	弱いラミニアの混入を認める凝灰～中粒砂
113	凝灰砂
120	凝灰～中粒砂
131	凝灰層
132	凝灰～中粒砂
133	凝灰～中粒砂
134	ラミニアの混入する中粒～粗粒砂
135	弱～中粒層 (シルト質～細粒木片を含む)
136	凝灰層 (粗粒砂含む)
137	凝灰層 (シルト質～凝灰木片を含む)
140	中粒砂 (薄床良く、層厚変化が極めて少ない)
150	灰白色シルト層
161	凝灰砂
162	中粒砂
163	中粒砂
171	中粒層
172	シルト
210	凝灰～中粒砂 (灰白色のシルト層がクローズラミニア構成)
220	中粒～粗粒砂 (クローズラミニア構成)
230	中粒～粗粒砂 (クローズラミニア構成)
311	粗粒砂
312	灰白色シルト
313	粗粒砂
321	灰白色シルト
322	凝灰砂
323	凝灰砂
324	シルト
325	凝灰砂～中粒砂
331	凝灰砂
332	灰白色シルト
333	中粒砂
334	灰白色シルト
335	中粒砂
336	灰白色シルト
337	凝灰砂
341	凝灰～中粒砂 (局部的にラミニア発達)
342	中粒砂
343	中粒砂
351	青灰色シルト
352	中粒砂
353	青灰色シルト
361	中粒砂
362	灰白色シルト
363	凝灰砂
364	灰白色シルト
365	中粒砂
366	凝灰砂
371	青灰色シルト
372	赤褐色凝灰層 (シルト質)
373a	凝～中粒砂
373b	青灰色シルト
377	中粒砂
381	シルト
382	凝灰～中粒砂
383	凝灰～中粒砂 (木片含む)
411	暗灰色凝灰シルト
412	暗灰色凝灰シルト
413	暗灰色シルト

16BE-03 試料番号  
 2880E-2780 W 層厚測定のため  
 c charred material  
 o organic sediment  
 p peat  
 w wood

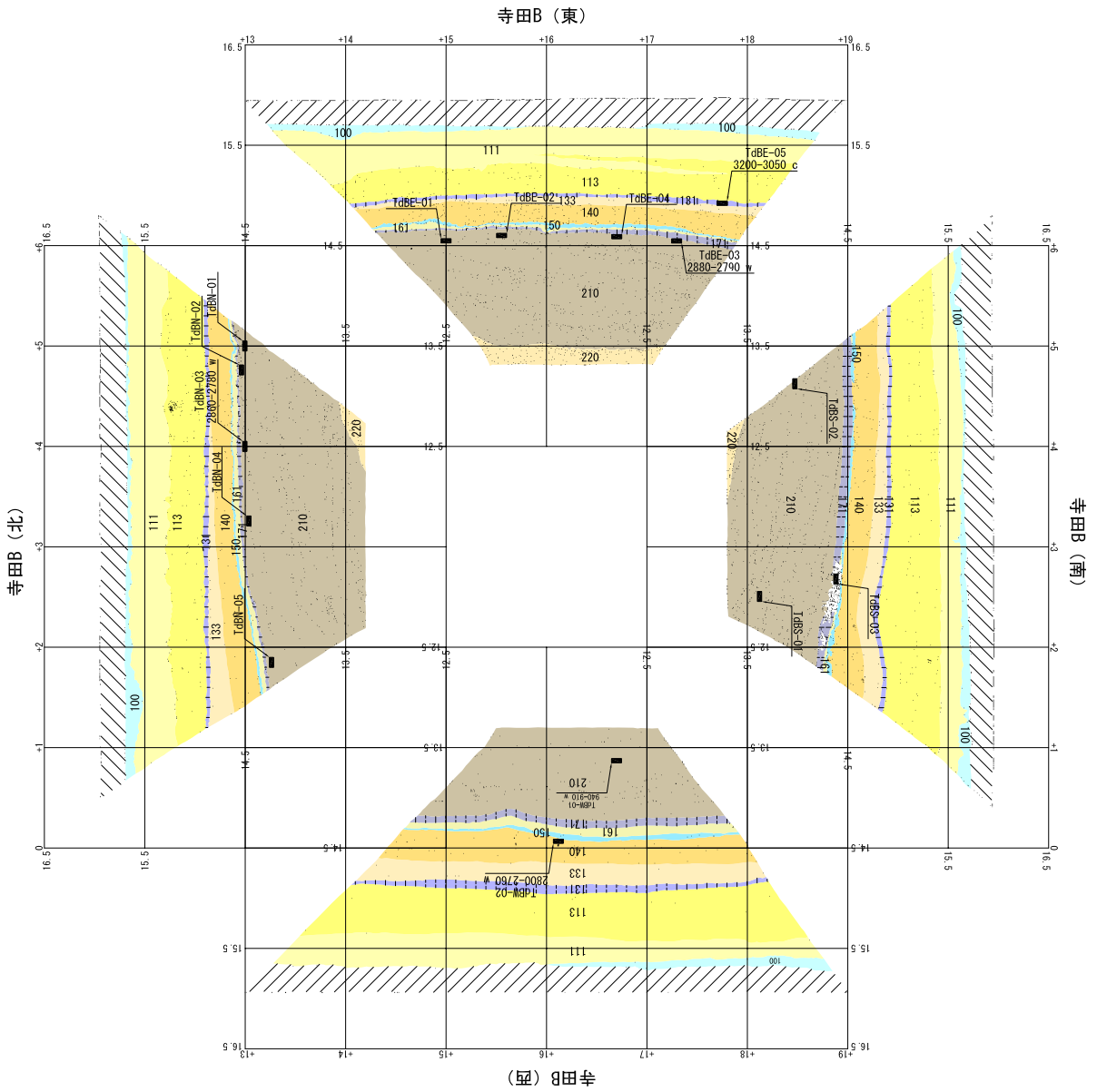


図4 寺田地区トレンチB壁面スケッチ。

地層名	地質状況
耕作土・盛土	耕作土・盛土
100層	青灰色シルト
101層	若いミナノの層とれる繊維～中粒砂
102層	弱腐植質シルト
103層	中腐植質シルト
104層	中粒砂
110層	腐植砂
112層	若いミナノの層とれる繊維～中粒砂
113層	腐植砂
120層	腐植～中粒砂
131層	沼原層
132層	腐植～中粒砂
133層	腐植～中粒砂
134層	ラミノの発達する中粒～粗粒砂
135層	弱～中腐植 (シルト質・細粒木片を含む)
136層	弱腐植 (粗粒砂含む)
137層	弱腐植 (シルト質・細粒木片を含む)
140層	中粒砂 (塊状高く、腐植量が極めて少ない)
150層	白灰色シルト層
161層	腐植砂
162層	中粒砂
171層	中腐植
172層	シルト
210層	腐植～中粒砂 (白灰色のシルト層がクロスラミナ構成)
220層	中粒～粗粒砂 (クロスラミナ発達)
230層	中粒～粗粒砂 (クロスラミナ発達)
310層	粗粒砂
312層	灰白色シルト
313層	粗粒砂
321層	灰白色シルト
322層	粗粒砂
323層	腐植砂～中粒砂
324層	シルト
325層	腐植砂～中粒砂
331層	腐植砂
332層	灰白色シルト
333層	中粒砂
334層	灰白色シルト
335層	中粒砂
336層	灰白色シルト
337層	粗粒砂
341層	腐植～中粒砂 (局部的にラミナ発達)
342層	腐植砂
343層	中粒砂
351層	青灰色シルト
352層	中粒砂
353層	青灰色シルト
361層	中粒砂
362層	灰白色シルト
363層	腐植砂
364層	灰白色シルト
365層	中粒砂
366層	腐植砂
371層	青灰色シルト
372層	赤褐色腐植層 (シルト質)
373層	腐～中粒砂
373a層	青灰色シルト
377層	中粒砂
378層	シルト
381層	腐植～中粒砂
382層	中粒砂
383層	腐植～中粒砂 (木片含む)
411層	腐灰色シルト
412層	腐灰色腐植質シルト
413層	腐灰色シルト

T06E-03  
 2880-2790 W  
 試料番号  
 層番号の1つ  
 c-charred material  
 o-organic sediment  
 p-peat  
 w-wood

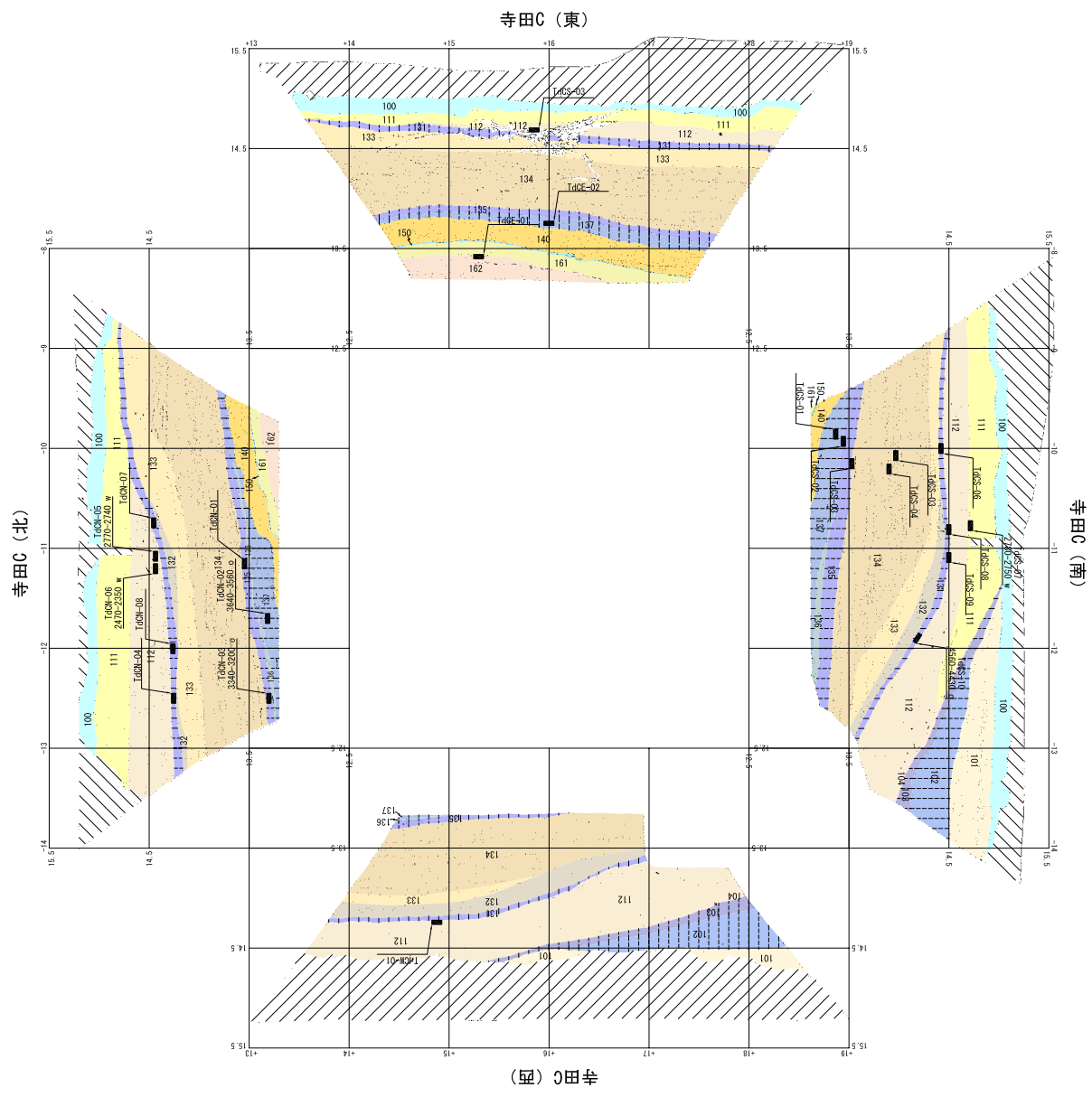


図5 寺田地区トレンチC壁面スケッチ





図6 寺田地区トレンチA北側壁面の写真.





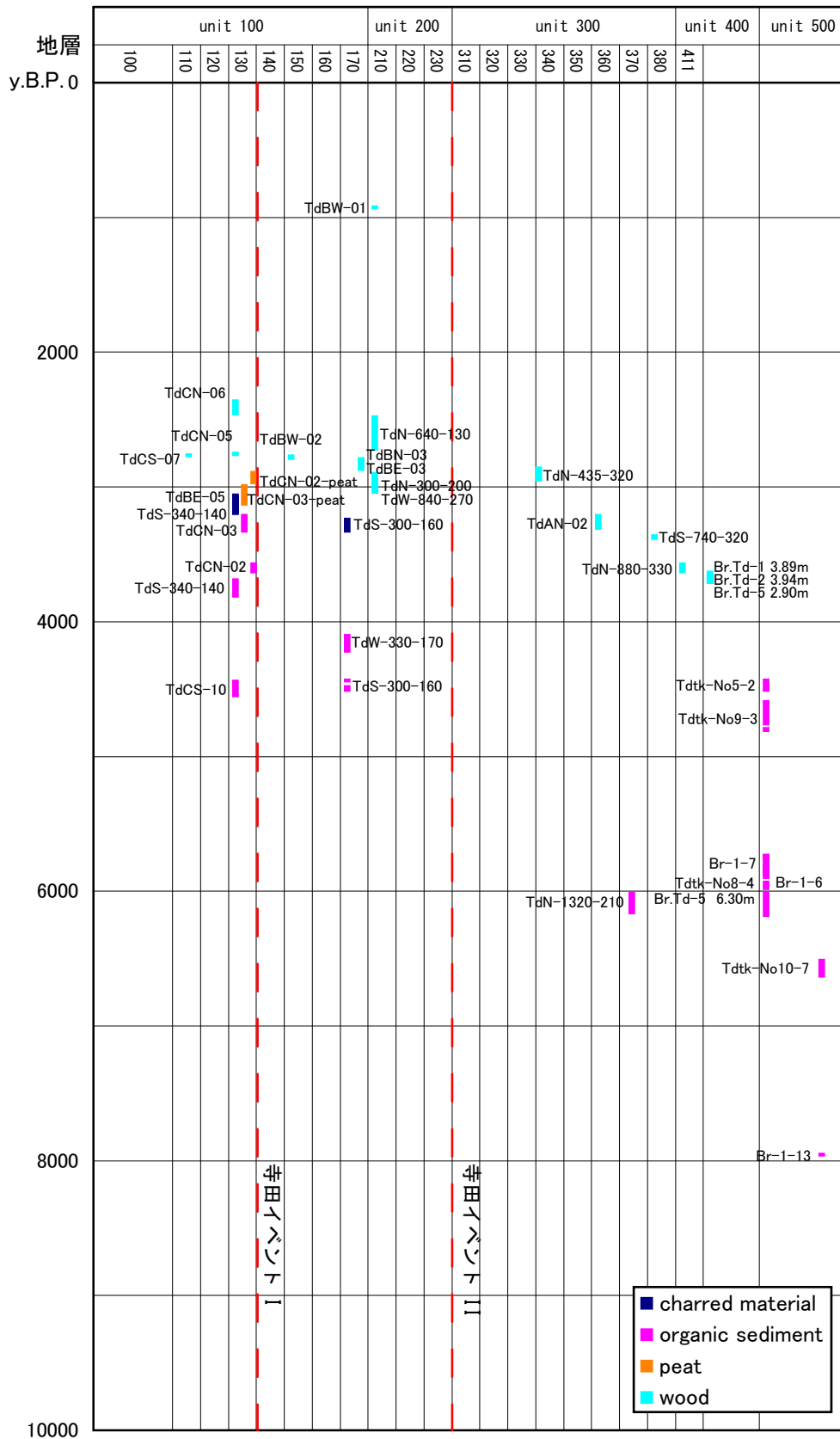


図 8 観音寺断層寺田地区における古地震イベントダイアグラム.

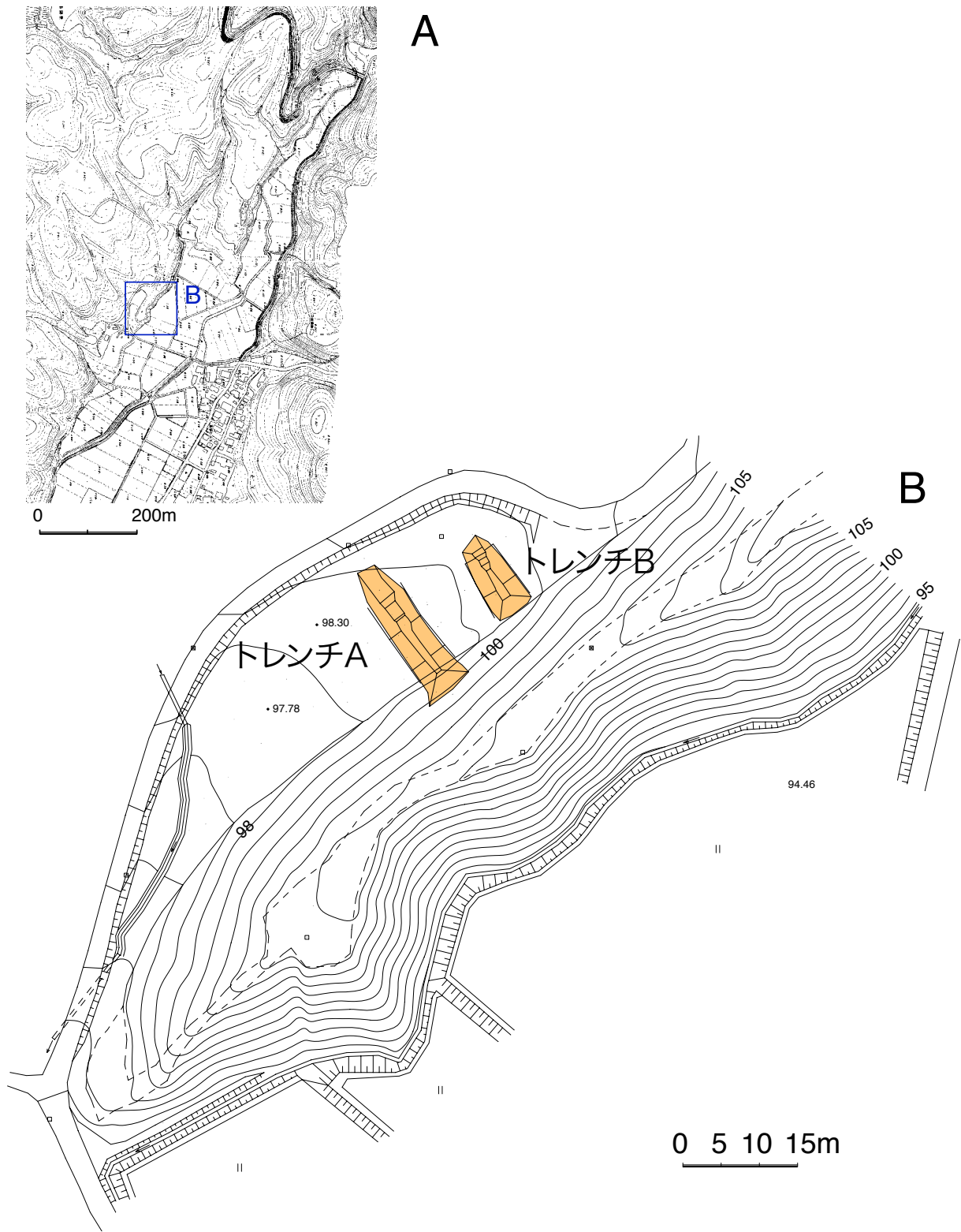


図9 通越断層大平地区調査地点位置図および測量図.

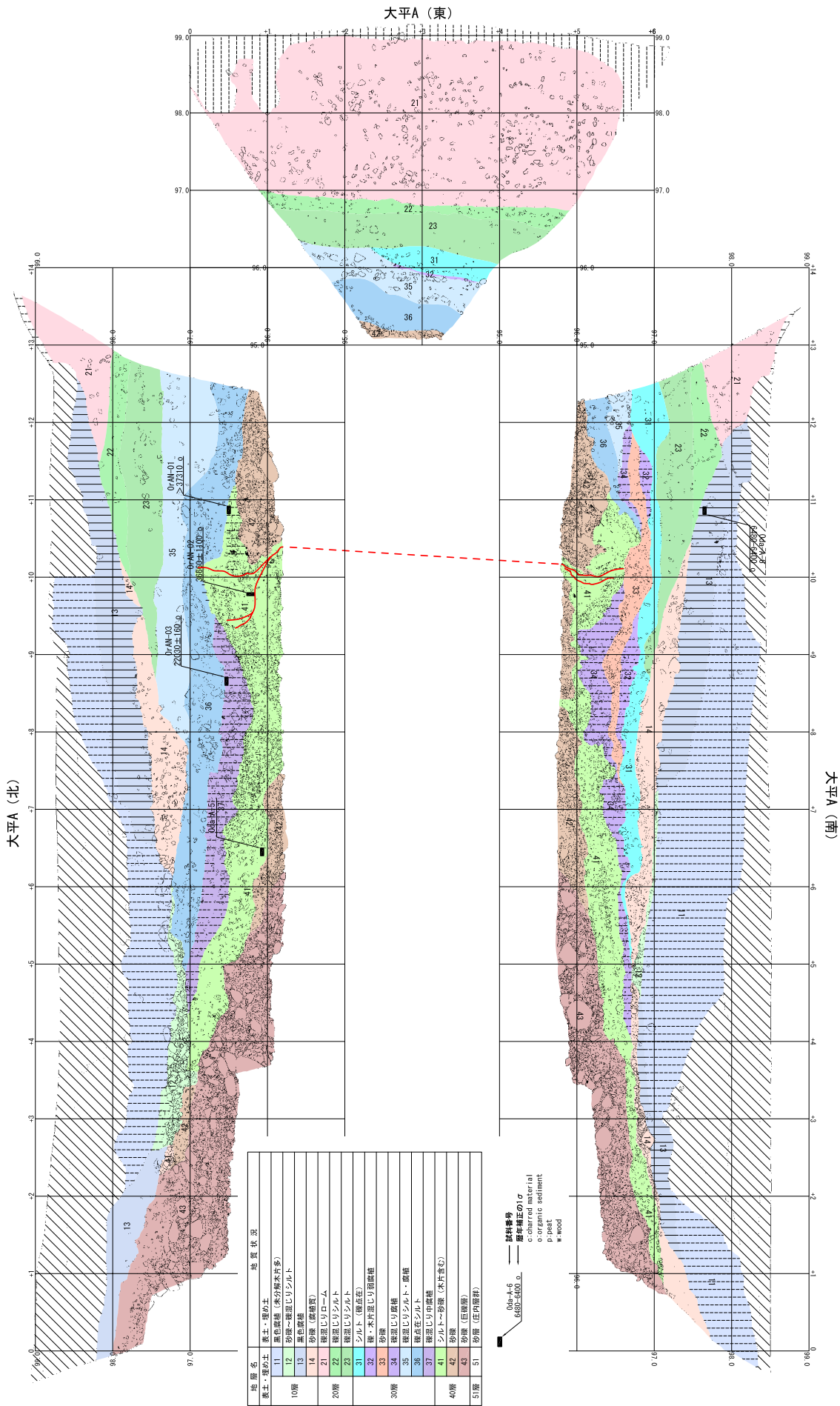


図 10 大平地区トレンチ A 壁面スケッチ。



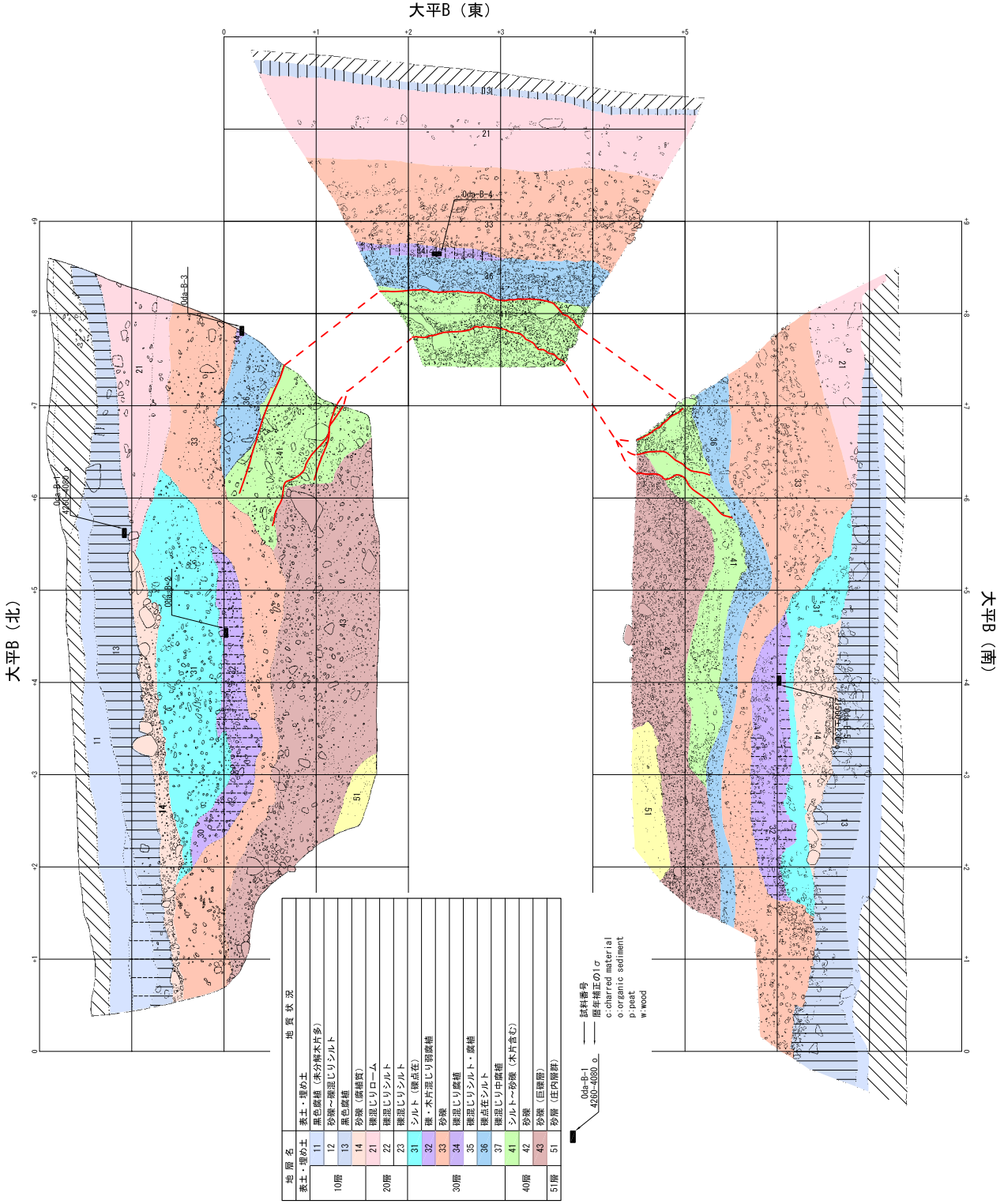


図 11 大平地区トレンチ B 壁面スケッチ.



图 12 大平地区トレンチ A 北側壁面の写真.



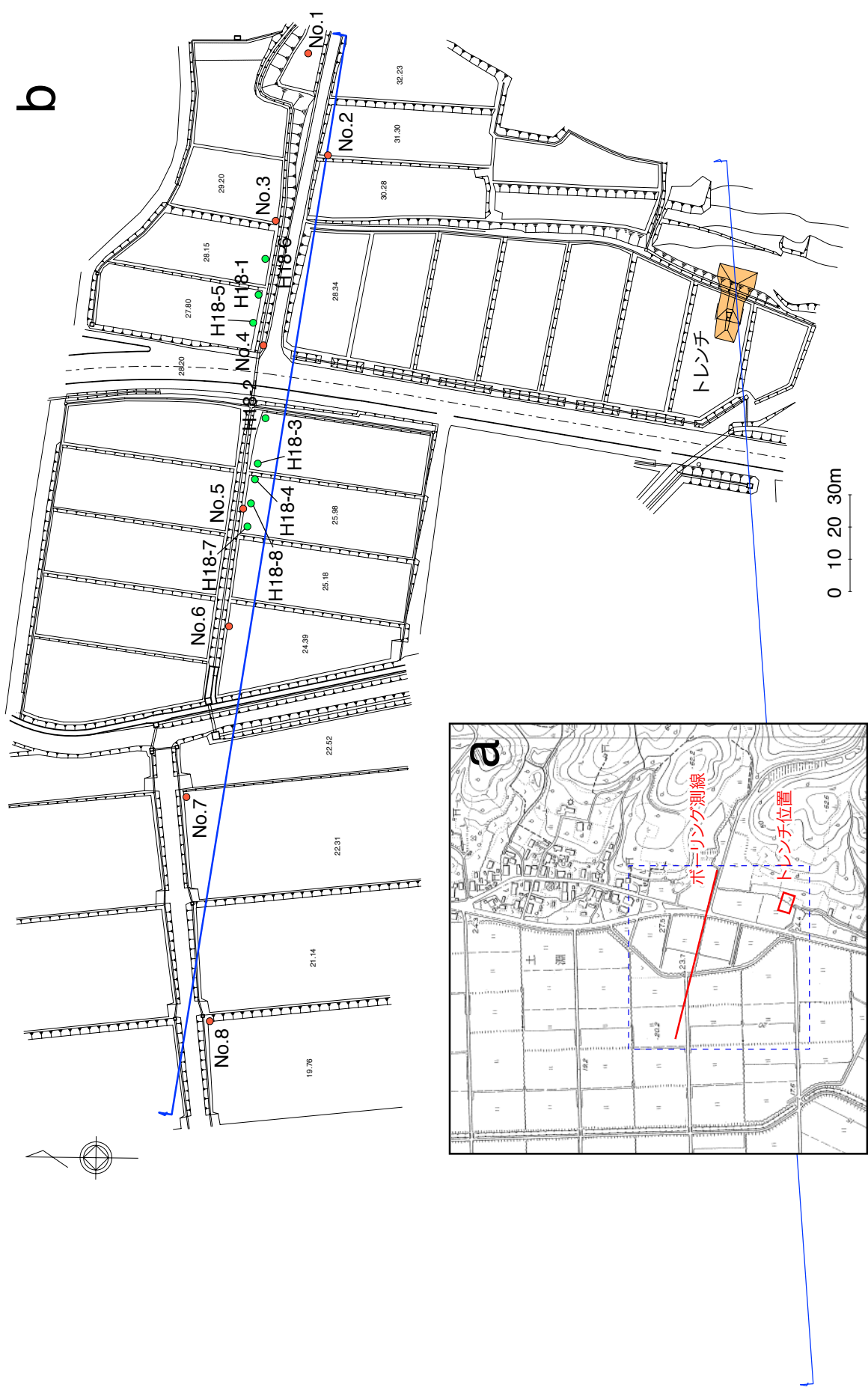


図 13 松山断層土淵地区調査地点位置図および測量図.



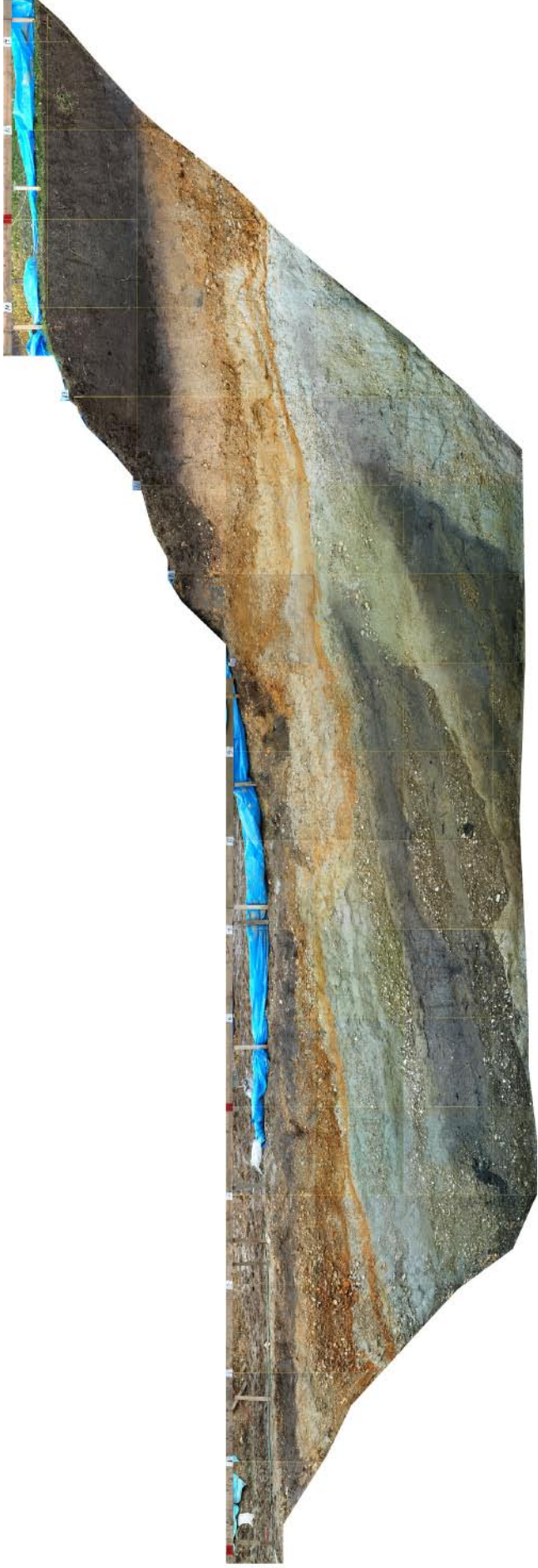


図 15 土淵地区トレンチ北側壁面の写真.

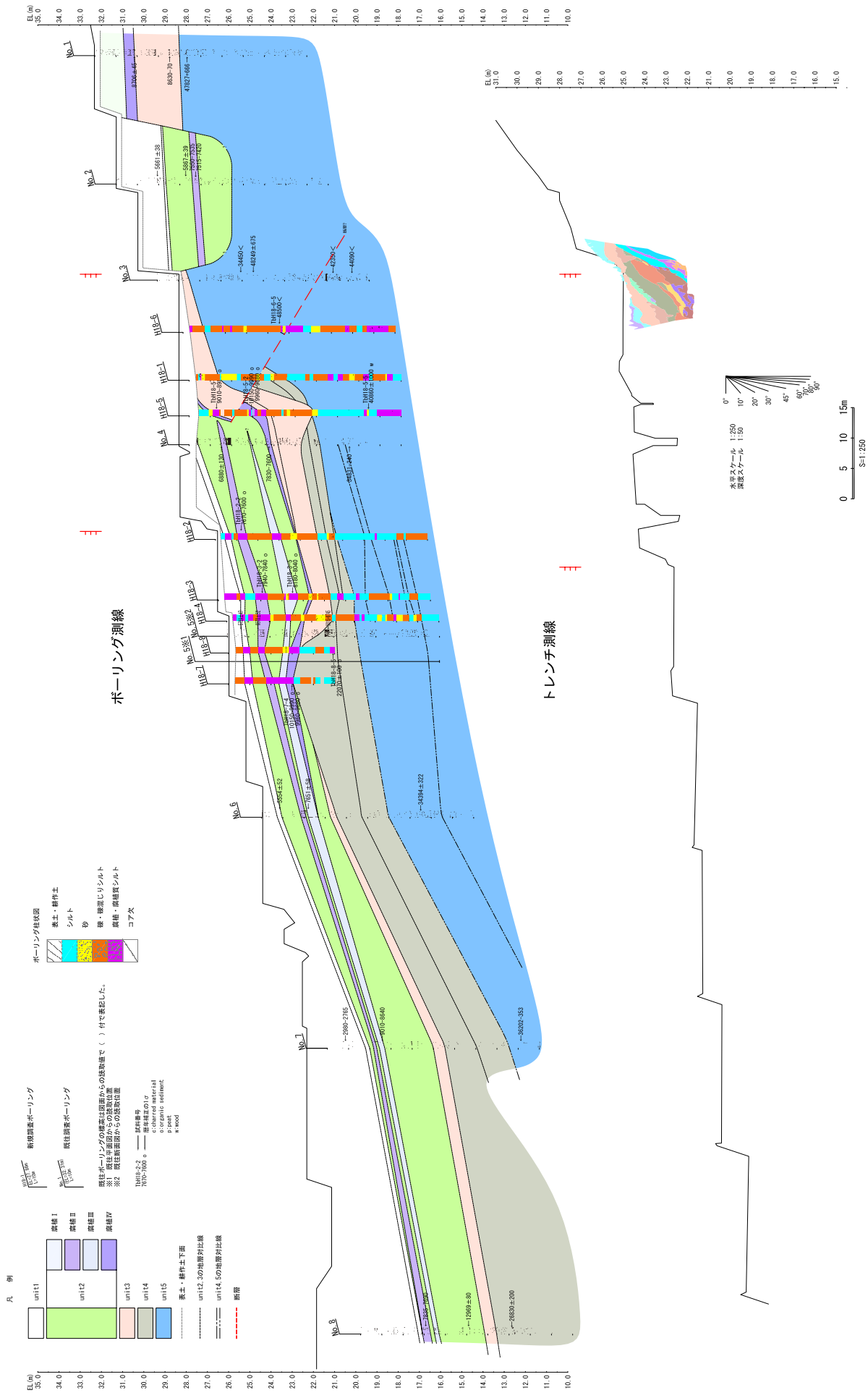


図 16 土淵地区推定地質断面図。

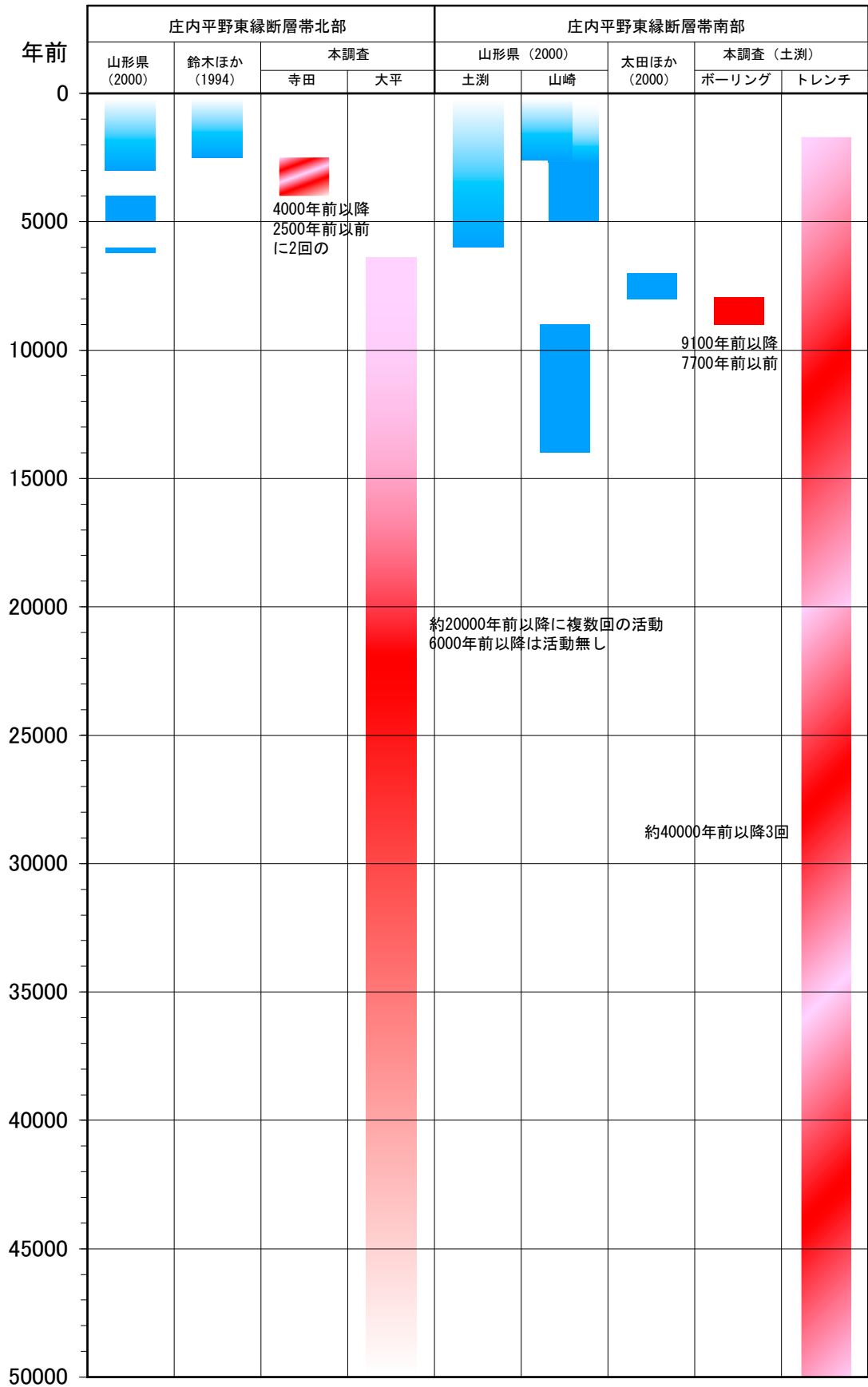


図 17 庄内平野東縁断層帯における地表を切る古地震イベントの総括ダイアグラム。



西

東

庄内平野

寺田トレンチ地点

大平トレンチ地点

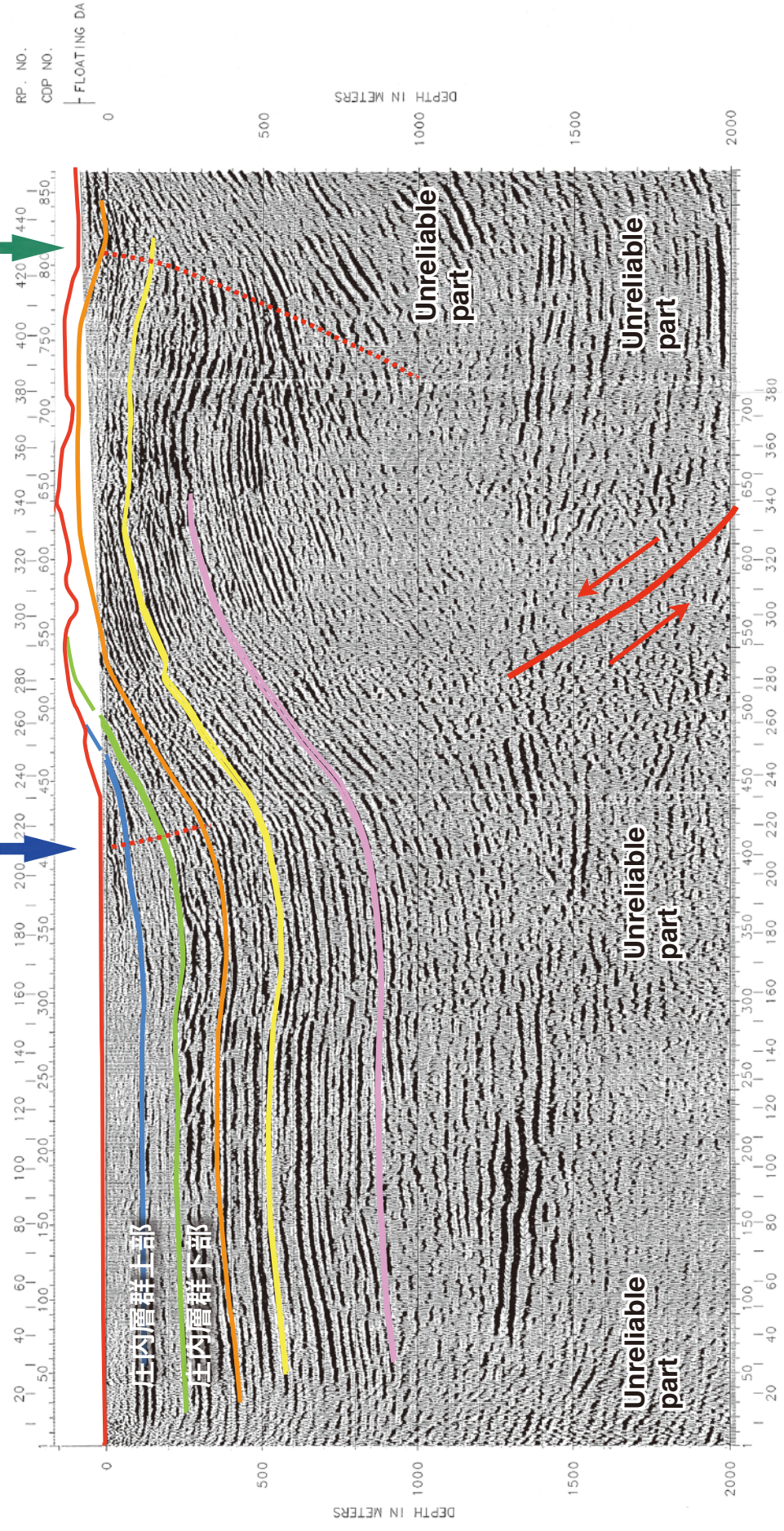


図 18 生石地区における観音寺断層を横切る反射法地震探査結果とその解釈。反射断面は山形県平成 9 年度調査結果による。