

## 糸魚川－静岡構造線活断層系松本盆地東縁断層群中央部の古地震調査

### Paleoseismological investigation of central part of the Matsumoto-bonchi-toen faults, northern part of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system, central Honshu, Japan

遠田晋次<sup>1</sup>・小俣雅志<sup>2</sup>・郡谷順英<sup>2</sup>

Shinji Toda<sup>1</sup>, Masashi Omata<sup>2</sup> and Yorihide Koriya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 活断層研究センター, 現在, 京都大学防災研究所 (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault Research Center; Now at Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, toda@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp)

<sup>2</sup> 株式会社アイ・エヌ・エー (INA corporation)

**Abstract:** The Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system (ISTL) in central Japan is a complex 150-km-long fault system consisting of north-trending east-dipping reverse (northern ISTL), north-west-trending left-lateral strike-slip (central ISTL), and north-trending west-dipping reverse faults (southern ISTL). The 36-km-long Matsumoto-bonchi-toen faults we study occupies southern half of the northern ISTL. Recent paleoseismic studies suggest that several behavioral segments might have produced frequent M7 class earthquakes rather than a single gigantic M8 shock due to the entire ISTL rupture. However, further paleoseismic data are required to assess the potential of simultaneous multiple ruptures nearby behavioral segments. Here we excavated several trenches at Ikeda-Nakanogo and Akashina sites located on center of the Matsumoto-bonchi-toen faults in Nagano Prefecture. The trench walls exposed the main part of the warped and faulted strata that are deposited during the periods of ca 1,600 cal yBP to 11,000 cal yBP in ~70-m-wide deformation zone, which shows us the significant topographic scarp and total vertical separation of deformed layers as high as 7-8 m. One of fault upper terminations and radiocarbon dates yielded from the faulted strata allow us to estimate that the most recent surface-rupturing earthquake at the site might have occurred anytime since the 430 AD. The age constraint of the event is consistent with the result obtained from the previous trenches at other sites on the Matsumoto-bonchi-toen faults. No other preceding faulting events were identified in the strata deposited since 11,000 cal yBP. However, because broad and plastic deformation rather than brittle faulting is predominant at this site, we cannot conclude that the 7-8-m-high scarp was formed only by the most recent event. Furthermore, since the fault trace we excavated may not be the main fault strand, it is highly likely we missed other events that might have occurred only on the main fault zone of the Matsumoto-bonchi-toen faults.

**キーワード:** 活断層, 糸魚川－静岡構造線, 糸魚川－静岡構造線活断層系, 松本盆地東縁断層群, トレンチ調査, 古地震, 地震発生確率評価

**Keywords:** active fault, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system, Matsumoto-bonchi-toen faults, trench excavation, paleoseismology, probabilistic forecast of a large earthquake

#### 1. はじめに

地質構造としての糸魚川－静岡構造線のうち, 長野県北安曇野郡白馬村から山梨県南アルプス市 (旧櫛形町) までの区間は第四紀後期にも逆断層や横ずれ断層運動を示す地形や断層露頭が見いだされ, 「糸魚川－静岡構造線活断層系 (以下, 糸静線と略す)」と定義されており, 国内で最も活動的な断層である (活断層研究会, 1991; 下川ほか, 1994). その全長は約 150 km にわたる (第 1 図). そのため, 松田 (1975) の経験則からマグニチュード (M) 8 程度 (7 1/2~8

1/2) の地震規模が想定されている (地震調査研究推進本部地震調査委員会 [以下, 推本と略す], 1997). さらに, 糸静線中央部の牛伏寺断層を基準に平均活動間隔約 1000 年, 最新活動時期が約 1200 年前と評価され, M 8 程度の地震発生確率が 14% と算出されている (推本, 2005).

一方で, 断層の連続性や変位地形の特徴, 断層センスの違いから, 糸静線は, 小淵沢以南の西傾斜逆断層の南部区間, 小淵沢－松本間の北西－南東走向左横ずれの中部区間, 松本以北の東傾斜逆断層の北

部区間に大別される(奥村ほか, 1998, 第1図)。また, 上記3区間の中においても変位地形に基づいて複数の断層が区分・定義されている。特に, 過去約30年間に実施された多くの古地震調査から, それらの断層毎に活動履歴に明瞭な違いが報告されている(例えば, 宮腰ほか, 2004)。したがって, 糸静線はそれぞれ固有の平均活動間隔や変位速度を持つ多数の活動セグメント (behavioral segment, McCaIpin, 1996) に分けられる可能性が指摘され(例えば, 奥村ほか, 1998), 具体的な活動セグメント区分も行われている(吉岡ほか, 2005)。したがって, 現実的には一度にM8程度の巨大な地震を発生させるのではなく, 各活動セグメント毎に地震を起こしている可能性が高い。ただし, 複数の活動セグメントが連動し地震規模が大きくなる可能性もあるため, より多くの古地震データを蓄積し過去の連動性の有無やパターンを検討する必要が生じている。

トレンチ調査等による断層活動履歴には, 時間精度に数10~数100年の不確定性が伴うため, 必ずしも連動地震であるかどうかを解明できるわけでない。しかし, 少なくとも隣接する活動セグメントが連動しなかった証拠を提示できる。また, 個々の活動セグメントの平均活動間隔と最新活動時期の解明により, 応力蓄積の程度, ひいては現時点での連動可能性を検討できる。そのためにも, 各活動セグメントで十分な調査量が必要である。中部横ずれ区間ではこれまで多数の調査が実施され, 多くの地震イベントが明らかになっている(例えば, 奥村ほか, 1994)。南部区間でも, 1990年代後半より電力中央研究所が精力的に調査を実施し, 中部区間との活動度や活動史の違いがわかってきた(遠田ほか, 2000, 三浦ほか, 2002, 2004)。その一方で, 北部区間は議論できる古地震データがきわめて少ない。北部の最新活動時期については, 中部区間と同様に西暦762年もしくは841年の歴史地震と対応する可能性が指摘されている(奥村ほか, 1998)。そのため, 古地震データを追加し, 中部区間との連動性を検討する必要がある。今回の調査では, 松本盆地東縁断層群の活動に着目した。松本盆地東縁断層群は, 逆断層区間として認識されている北部区間のうち, 大町市以南の南半分を構成する。同断層群南端は松本市市街地で中部区間北端の牛伏寺断層に隣接する。そのため, 中部区間と北部区間の連動性が議論可能な重要な位置にある。

松本盆地東縁断層群は, 長野県大町市から松本市市街地西縁に南北に延びる全長約36kmの東傾斜の逆断層帯である(下川ほか, 1994)。基盤の上下変位は顕著で, 下盤側の松本盆地では基盤深度が200m以上まで達する部分もある(下川ほか, 1994)。小口(1990)は河成面の分布と盆地底堆積物の層序を用いて, 2.7~3.5mm/年の上下変位速度を求めている。また, 断層沿いに小規模に分布する段丘面にも明瞭

な低断層崖が認められ, 過去数万年以降の活動も顕著である。糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ(2007)は, 池田町池田付近で最低位の段丘面L3面(1000~2000年前と推定)が2箇所まで2~2.5m上下変位を被っていると推定している。トレンチ掘削調査はこれまで大町市三日町地区と池田町堀之内地区の2箇所で行われた(第1図)。それぞれ紀元6~12世紀, 紀元3~4世紀以降の最新活動が確認されている(奥村ほか, 1998)。なお, 近藤ほか(2006)は同断層帯南部の変位地形を見直し, 高瀬川と犀川合流部から松本市街地西縁ではむしろ左横ずれ成分の卓越する高角断層であることを指摘した。すなわち, 松本盆地東縁断層群は, 純粋な逆断層区間である北部と横ずれの卓越する南部に二分される。連続するように見える一連の断層群でも活動史が異なる可能性もある。

以上の背景のもと, 更なる最新活動時期の限定と活動間隔の検出を目的とし, 松本盆地東縁断層群の中央部付近に位置する安曇野市と池田町の境界付近でトレンチ調査を実施した。低位段丘面上の低断層崖を掘削した結果, 断層崖中腹部に砂礫層を切断する高角な断層面が露出した。さらにその西側約30m以上にわたって撓曲変形が確認され, 小規模な断層変位も確認された。挟在する腐植土層の年代測定の結果, 調査地点での最新活動は西暦340年以降に発生したことがわかった。以下では, その詳細について報告する。

## 2. 調査結果

### 2.1 調査地点周辺の地形概要

調査地点は長野県北安曇野郡池田町中之郷地区および安曇野市明科七貴押出地区の隣接する2箇所である。下川ほか(1994)の定義による松本盆地東縁断層群の中央部に位置する(第1図)。犀川が高瀬川, 穂高川と合流する地点からほぼ3km北であり, 松本市から連続する同断層帯のトレースが直線状から西へ弓状に張り出し始める部分にあたる。近藤ほか(2006)によって二分された同断層群の北部セクションの南端に位置し, 同断層帯南部横ずれセクションとの境界に近い。

既往のボーリングデータや地形判読等を総合的に解釈すると主断層は松本盆地東縁に伏在すると考えられている(下川ほか, 1994; 東郷ほか, 1999, 第2図の破線)。しかしながら, 池田町中之郷地区では南北約700mにわたって比高3~4m程度の低断層崖が段丘面に判読できる(第2図)。この断層崖に沿って緩く西に傾動および撓曲した地形も認められ, 上記断層崖の比高以上の上下変位も期待される。これは, 東郷ほか(1999)にも最大幅200mの撓曲崖として明示されているものである。この断層崖をのせる段丘面は下川ほか(1994)によると低位段丘L1面に

区分されることから、きわめて新しい活動が示唆される。糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ(2007)も当地点の写真地形断面を作成し、L1面(約1~2万年前と推定)に約8mの上下変位を計測している(第2図)。

池田中之郷地区から南には徐々に断層崖のトレースが困難になる。池田中之郷地区から約400m南に位置する明科七貴押出地区は最低位段丘面上に位置し、不明瞭ながら比高約2mの低崖が認められる。この低崖が断層崖であれば、きわめて最近の活動の痕跡が残されている可能性もある。

以下では、この低位段丘面上の低断層崖を「池田中之郷地点」、この断層トレースの500m南延長部の最低位段丘面上の掘削地点を「明科地点」と称す(第2図)。著者らは2007年11月~2008年2月にわたり、上記2地点で計5条のトレンチを掘削した。また、上下変位量と断層位置の確認のため、数m規模のボーリングを池田中之郷地点で1孔、明科地点で3孔掘削した。これらの調査結果を以下に記す。

## 2.2 池田中之郷トレンチ

今回の調査では、上述の低断層崖を横切るAトレンチ(長さ19m x 幅10m x 深さ3m)と、その西側にBトレンチ(長さ26m x 幅8m x 深さ4m)の2条のトレンチを掘削した(第3図)。Bトレンチ掘削にあたってはAトレンチを単純に延長する予定であったが、用地制限のためオフセットさせて掘削することになった。第4図にトレンチの壁面スケッチを示す。また、トレンチ内から産出した腐植土の放射性炭素同位体年代測定結果を第1表に示す。

### 1) トレンチ内の地質層序

池田中之郷Aトレンチで確認された地層は主として、最下部の地形面全体を構成する本流性の段丘構成礫層(E層)とそれを被覆する淘汰の悪い垂角礫と砂層を主体とする新期の堆積物(B~D層)および表土(A層)から構成される。Bトレンチでは段丘構成礫層(E層)が1m厚以上露出するとともに、新期の砂礫層中に挟まれる明瞭な腐植土層(C1層)が見られた。これらの地層は両トレンチ間で追跡・対比し細分された。以下に層序を上位から記す。

A1層は表土・盛土・旧耕作土である。表土をはぎ取らなかったトレンチ壁面にのみ分布する黒色~暗褐色の砂礫混じり土壌層と、耕作土・盛土である。

A2層はBトレンチのグリッド24~28付近のみに分布する砂礫層である。層厚は最大で60cmである。淘汰の悪い砂礫層であり、最も新しい土石流堆積物と考えられる。

A3層は黒褐色~黒灰色の砂礫混じり弱腐植層で、両トレンチの上部に断続的に分布する。層厚は急斜面では薄く、緩斜面では厚い。特にBトレンチのグリッド22以西では西に向かって層厚を増し、最大層

厚は80cmを超えている。A3層の上部から暦年較正值(1 $\sigma$ )で1520~1610 cal yBP、基底から1740~1870 cal yBPを得ている。ただし、同じA3層から上記よりも年代値の古い5990~6180 cal yBPを示す試料も得られている(なお、以降も暦年補正值表記については1950年よりさかのぼったcal yBPを用い、特にことわらない限り1 $\sigma$ の年代幅を記述する)。

B1層はBトレンチのグリッド21~27のみに分布する砂~細礫層で、西に20°程度で傾斜する平行葉理が顕著である。下位層を削りこむ部分もある。層厚は60cm程度である。

B2層はトレンチの上部全域に分布する細礫層で、破断した円礫を特徴的に含み、粗粒砂や細礫によってラミナを形成している。特にBトレンチのグリッド14~25にかけては、ラミナが明瞭で10~20°西に傾斜する。層厚は最大で1.5mで西に向かって厚みを増す。ただし、Aトレンチ断層崖付近では、腐植質な表土が混じり淘汰が悪くルーズであるといった崖錐堆積物の特徴を有することから、再堆積の可能性が考えられる。

C1層はBトレンチのみに分布する暗褐色~黒褐色砂細礫混じり腐植層である。層厚は30~40cmとほぼ一定でBトレンチのグリッド1~24に連続する。

C2層はラミナの発達する細礫~砂層で、部分的に細粒となり砂質シルト層となる。両トレンチとも広く分布するが、層相や層厚変化は顕著である。特に、下位層を削りこむと同時にこれらの下位層をブロック状・偽礫状に取り込んでいる。Aトレンチ南壁面グリッド3~4の間では、下位層と接する東側が側方侵食により下位層を削りこむようにも観察できる。水平なラミナが連続する部分では砂質シルト層を挟在する。

C3層は巨礫を含むシルト質砂礫層で、Bトレンチのグリッド12~22付近のみで観察される。東側では巨礫を含む砂礫層であるが、西側では砂質シルトとなっており、両者は指交関係にあると考えられる。

D1層はAトレンチの東壁面と南壁面のグリッド1~3と北壁面の一部にのみ見られるシルト、細粒砂からなる明瞭なラミナ発達が発達する地層である。層厚は最大1.5mである。

D2層はきわめて淘汰が不良なシルト質砂礫である。最大層厚が3mを超え、径の大きなシルトブロックを多量に含む。このシルトブロック中には砂~細礫の薄層が含まれ、見かけ上D2層自体の堆積構造のように見える部分がある。また、一部には細礫~中粒砂を主体とした明瞭なラミナが発達することもある。分布範囲はAトレンチの全域とBトレンチのグリッド2~12の間である。D2層の年代については、Bトレンチから10790~11160 cal yBPの年代値が得られている。

D3層はラミナの発達する砂礫~中粒砂層で、Aトレンチのグリッド13より西側からBトレンチのグ

リッド14までにレンズ状に分布する。砂層は分級が進んでいるものの、礫径には幅があり巨礫を含む。Bトレンチでは層厚が1m程度である。

E1層は中粒～粗粒砂からなりラミナが発達する。花崗岩礫に混じり、円磨された軽石粒が点在する。層厚は最大で30cm程度であり、下位層の上面に生じた凹凸を埋めて堆積している。

E2層は円礫主体の砂礫層で、礫径は大きく比較的連続の良い中～粗粒砂を挟在する。円礫主体の砂礫層であることから、豊富な水量をもった河川によって堆積した本流性の堆積物と判断される。

## 2) 断層および変形構造

Aトレンチでは南壁面グリッド3～4のD層内に明瞭な西落ちの断層面が確認できる。明瞭な断層面はほぼ鉛直で、上方に向かって2～3条に分岐したフラワー構造を示す。D1a層とD1b層の地層境界は断層をはさんで約1.5m上下変位している。D1a層は分岐した低角の断層(第4図赤破線)によりC2層に乗り上げているようにも見えるが、明瞭ではない。この上位のB2層はここでは崖錐状を呈しており、断層変位を受けているかどうか不明である。この断層面の下位への延長部はD2層とB層の境界となる。この境界は入り組んでおり、剪断面としては不明瞭になる。断層自体がほぼ東壁面と並走するためか、北壁面では南壁面で見られたD2層とB層との境界が追跡できなかった。ただし、北壁面グリッド4付近の壁面基底付近のD2層には明瞭な断層面が確認できることと、D2層自体が撓曲状に盛り上がり東に向かって1m以上上面高度を上げていることから、東側が隆起する断層運動が生じたと考えられる。さらに、後に実施したボーリング掘削(Bor-1孔、第3図)およびトレンチ深部の追加掘削により、南壁面に見られる断層延長部に1.8mの上下変位が推定された(第6図)。したがって、北壁面では剪断面は明瞭ではないものの、低断層崖形成に寄与した断層運動が当地点で発生したことは確実である。

ところで、トレンチで観察される地層は最も下位の砂礫層E1・E2層を除くと、支流的の堆積物や崖錐・土石流の堆積物となっており、堆積時において若干傾斜していた可能性も否定できない。しかしながら、Aトレンチにおいては比較的水平に近い状態で堆積したと考えられる砂礫層D3層と平行葉理の発達したE1層が、グリッド14～19の間で西に向かって傾斜を増し、トレンチ壁面での見かけの傾斜が最大15°に達する。D2層からB層にかけても同様に西に傾動しているようにも見える。したがって、Aトレンチ西側半分に露出した幅10m弱程度の範囲で、B層堆積以降、断層運動に伴う傾動変形が発生した可能性が高い。

Bトレンチでは、B2層およびC1層はグリッド19付近から西に向かって傾斜を増す。Bトレンチ西端

のみに分布するより細粒なB1層も同様に顕著に傾斜する。トレンチ西端付近でこれらの地層の傾斜は約20°になる。B2層のグリッド21付近には礫配列や砂層の不連続、オフセットを伴う明瞭な断層面が確認される。C1層内では断層による明瞭な剪断面は確認できないが、グリッド21付近で急激に西側が落ち込む変形構造が認められる。その上部でB2層およびB1層、A3層が断層で上下に変位している(第5図b)。最下位のE2層の中では礫の再配列、および砂薄層の変位によって断層面の連続が確認できる。この断層による上下変位量はA3層の基底、B1層、C1層およびE2層中の粗粒砂層のいずれでも50cm程度である。したがって、この明瞭な断層変位を伴うイベントはA3層の堆積時以降のみに生じた可能性が高い。

調査地点を横断する地形断面およびトレンチ壁面の模式スケッチを第6図に示す。明瞭な断層崖の比高は約3mであるが、断層崖よりも東側(上盤側)では約40mにわたって緩く傾斜した地形がある。これらがすべて断層変位に起因するものと仮定すると、その上下変位は約7～8mとなる。当地点では、糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ(2007)も8mの上下変位を計測している(第2図)。一方、トレンチで露出した範囲では、2つの断層による剪断変位に加えて、全体的に地層の傾斜や撓みが顕著である。すなわち、地形面の勾配は3～4°程度であるのに対し、トレンチ内に認められるB層以下の堆積物は全体として7～8°西に傾斜し、特に断層付近では最大25°程度まで撓み込む(ただし、Aトレンチ東端に露出した断層に向かってはE1層以下の地層は逆に東に緩く逆傾斜する)。A・Bトレンチ壁面内では、D1b層上面の比高はトレンチ壁面内で約9mに達する(第6図b)。堆積時の傾斜を扇状地面と同様に3～4°と仮定すると、トレンチ内に限ってもその上下変位量は7m程度と推定でき、地形計測による上下変位量の推定値に近い値となる。トレンチで確認できた断層変形および地層の傾動・撓曲変形には、複数の層準でイベントが生じたとする積極的な証拠は見当たらない。しかし、トレンチ内の地層に顕著な断層変形や傾動・撓曲の痕跡を残さないイベントが生じた可能性もあり、地形面に認められる7～8mの上下変位が上記のA3層堆積時以降に発生した断層活動のみによって形成されたかどうかは不明である。

## 2.3 明科トレンチ

当地点は池田中之郷地点に認められる低断層崖の南延長部にあたる。事前に実施した空中写真判読により、当地点は最低位段丘面上に位置し、南北に延びる比高約2mの低断層崖をともなっているものと解釈され(第7図のscarp 2)、新期の堆積物も期待された。トレンチ掘削にあたっては、当初推定した

断層崖から掘削を行ったが（明科 A トレンチ）、断層を確認できなかった。そのため、さらに東側に位置する 2 段の低崖（scarp 3 と 4）に追加掘削を行った（明科 B トレンチ、明科 C トレンチ、第 7 図）。

A トレンチ壁面には、段丘面を構成する円礫層（I1 層）とそれを覆うシルト層（G 層）、礫混じり砂質シルト（F 層）、腐植質シルト（E 層）、礫混じり砂質シルト層（D 層以上）が露出した。下位 3 層（I1～F 層）にはユニット境界面（層理面）やラミナが明瞭である。ラミナはわずかに西に傾斜しているものの、ほぼ水平であり、断層や変形を示唆する構造は確認できなかった。壁面で認められるこれらの堆積物はきわめて新鮮でルーズである。段丘構成礫層を直に覆う G 層から得られた年代は 1710～1820 cal yBP（AKAS-5）を示すため、地形面の形成は池田中之郷地点よりも新しいことがわかる。

その後掘削した B トレンチ、C トレンチにも水平に堆積した段丘構成礫層とそれを覆う礫混じりの砂層、シルト層が露出した。変形を示唆する構造は認められなかった（第 10 図）。したがって、現地地形面に確認できる 3 つの低崖（第 7 図の scarp 2, 3, 4）を含む約 40 m 区間においては各ユニットに傾動や段差は推定できない（第 10 図）。A トレンチで得られた年代を考慮すると、このトレンチ掘削範囲内においては、少なくとも約 1700 年前以降（1710～1820 cal yBP）断層変形は生じていない。したがって、これらの低崖は侵食崖であろう。

しかし、池田中之郷地点における顕著な断層変位がわずか 500 m の距離で消滅するとは通常考えにくいことから、断層がさらに東側の低崖（第 7 図 scarp 1）付近を通過している可能性を考えて、ボーリング掘削を実施した（AK-1, AK-2, AK-3 孔）。コア観察の結果、トレンチで確認した本流性の礫層である I 層はほぼ水平にボーリング AK-1 孔、AK-3 孔に連続することが確認された。また、その上位に分布する E 層、F 層、G 層と考えられる堆積物も AK-1 孔、AK-3 孔に連続している。一方で、AK-2 孔にこれらの砂礫層は連続していない。確認できる地層の層相が全く異なり、崖錐性の堆積物に変わっている。しかも、基盤の大峰層群への到達深度が AK-1 孔で標高 537.0 m、AK-3 孔で 537.5 m、AK-2 孔で 541.2 m となり、AK-3 孔と AK-2 孔間に 3.7 m の高度差がある。両孔の水平距離は約 7 m であることから、基盤上面の傾斜は単純計算で 28° となり、東側斜面傾斜（最大 10° 程度）よりも顕著に急である。これが断層によるものか、侵食による不整合なのかは今のところ判断はできないが、中之郷地区で確認した断層の地形的連続を考慮すると、AK-3 孔と AK-2 孔の間に断層が位置する可能性は高い。逆に、トレンチ掘削区間では断層活動終了後に新期の堆積物が被覆したわけではなく、断層そのものが通過していない可能性もある。

### 3. 地震イベント発生年代および議論

本調査において池田中之郷地点で確認された明瞭な古地震イベント層準は、池田中之郷 B トレンチで確認された断層に切断される A3 層とその断層を被覆する A2 層の関係により、A3 層堆積後、A2 層堆積前と認定される。A3 層の基底から 1740～1870 cal yBP（試料 IK-01）、上部から 1520～1610 cal yBP（試料 IKBN-04）の年代値が得られている（第 1 表）。地震イベント上限を制限する A2 層は比較的最近の土石流堆積物と判断されるが、年代測定試料は得られなかった。このことにより、この断層変位が生じた地震活動時期は、試料 IKBN-04 の堆積年代以降に発生したと解釈した。すなわち、池田中之郷地点における最新活動時期は暦年較正值で 1610 cal yBP 以降（西暦 340 年以降）に制約される（第 11 図）。

松本盆地東縁断層群における古地震イベントは、奥村ほか（1998）によって大町市三日町地区（以下大町トレンチ）、および当調査地点から約 15 km 北に位置する池田町堀之内地区（以下池田トレンチ）のトレンチ調査により報告されている（第 1 図）。それぞれ最新活動時期は紀元 6～7 世紀以降（平安時代かそれ以前）と紀元 3～4 世紀以降と推定されている。今回得られた当地点での活動時期はこれらの調査結果と矛盾しない。断層線の連続性や変位センスを考慮して区分された「松本盆地東縁断層群（下川ほか、1994）」全体が同時に変位した可能性がある。ただし、A3 層基底の上下変位量は 50 cm 程度と小さく、仮にそれが複数回のイベントで生じたとしてもトレンチ掘削調査による検出は難しい。したがって、上記イベントが当地点での最新活動かどうかは明確な判断はできない。

また、上記地震イベント以外に、明確な断層変位や崩落性堆積物（colluvial wedge）を伴うイベントは、約 11000 年前の年代を示す D2 層堆積以降 A3 層堆積時まで認められない。これに関しても、明瞭な剪断変形をとまわず、撓曲や傾動変形に寄与したイベントが発生した可能性は否定できないことから、D2 層と A3 層の年代ギャップによって活動間隔の検討を行うべきではない。

ところで、奥村ほか（1998）による池田町堀之内地区での壁面スケッチでは、断層上盤側で引きずり褶曲によって堆積物がほぼ直立しており、後期更新世末期（1～3 万年前）以降きわめて大きな変位量が推定されている。今回の池田町中之郷付近の推定上下変位 8 m を示す地形面は、約 1～2 万年の低位段丘 1 面（L1 面）とされており（糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ、2007）、実際にトレンチでは約 1 万年前の礫層が露出している。堀之内地区のような直立するほど局所的な大変形は認められなかったものの、一部に断層変位を伴う幅約 30 m 以上の変形帯が確認された。したがって、約 8 km 離れた

堀之内地区と中之郷地区で、上下変位速度に顕著な違いがあるようにはみえない。

当調査地点は松本盆地の東縁に位置すると推定されている断層線（下川・他，1994；東郷・他，1999）よりも200～300 m 東側に並走しており、分岐断層の可能性が高い。したがって、当地点で明確な断層運動が確認されなかった期間（約1万年前以降，1600年前以前，第11図）をもって松本盆地東縁断層群の顕著な活動が発生しなかったと結論づけることはできない。また、上記期間は活動間隔を推定する情報にもならない。また、仮に中之郷地区の推定累積上下変位量7～8 mをL1面形成年代の1～2万年で割ると0.4～0.8 mm/yrとなり、小口（1999）の約3 mm/yrに比較して有意に小さくなるため、上記盆地東縁の主断層沿いにも活動があった可能性は高い。主断層の活動間隔についても、これまでの研究（奥村・他，1998）ではデータが得られておらず、今後の課題である。

**謝辞** 本調査は平成19年度文部科学省・東京大学地震研究所委託による「糸魚川－静岡構造線断層帯における重点的な調査観測」の一環として実施したものである。本調査を実施するにあたり、東京大学地震研究所の岩崎貴哉教授、井崎由子氏にお世話になった。広島大学奥村晃史教授、電力中央研究所三浦大助博士、活断層・地震研究センターの近藤久雄博士には上記研究委託テーマ分担者として有益な助言を頂いた。アイエーエス地質の岩崎孝明氏には壁面スケッチに参加していただき、地質構造に関して有益なコメントを頂いた。活断層・地震研究センターの栗田泰夫主幹研究員には本稿を丁寧に査読して頂き、具体的な改善案を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表します。

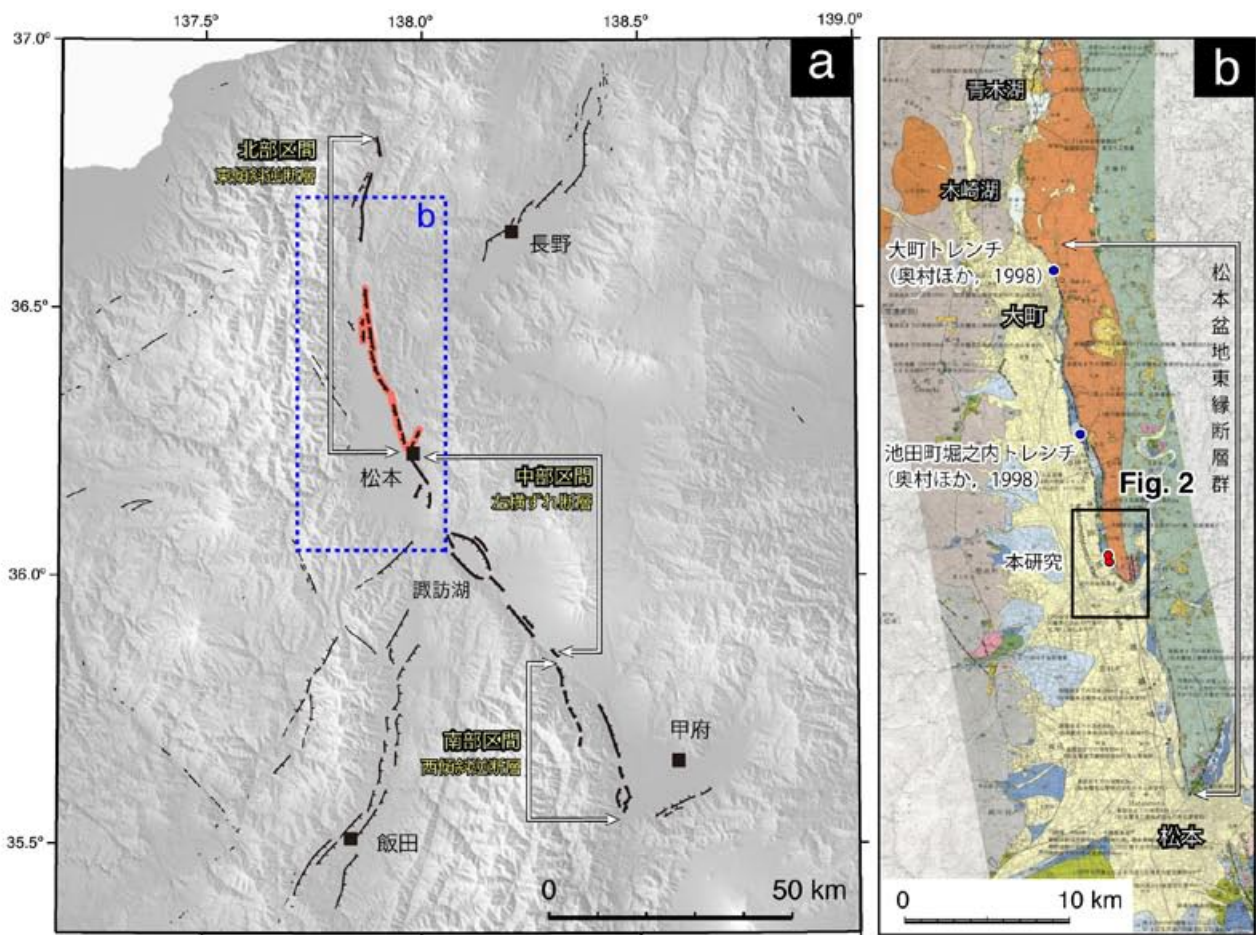
## 文 献

- 糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ（2007）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.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（1996）糸魚川－静岡構造線断層系の調査結果と評価について，<http://www.jishin.go.jp/main/chousa/96augit/index.htm>（2009年8月25日参照）。
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）「全国を概観した地震動予測地図」報告書，121p.
- 活断層研究会（1991）新編日本の活断層－分布図と資料－，東京大学出版会，437p.
- 近藤久雄・遠田晋次・奥村晃史・高田圭太（2006）糸魚川－静岡構造線活断層系・松本盆地東縁断層南部に沿う左横ずれ変位地形，地学雑誌，115，208-220.
- 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2，28，269-283.
- McCalpin, J. P. (1996) Application of paleoseismic data to seismic hazard assessment and neotectonic research, Chapter 9 in Paleoseismology (McCalpin, eds), Academic Press, 439-493.
- 三浦大助・幡谷竜太・阿部信太郎・宮腰勝義・井上大榮・二階堂学・橋 徹・高瀬信一（2002），糸魚川－静岡構造線活断層系市之瀬断層群の最近の断層活動－中野地区トレンチ調査－，地震2，55，33-45.
- 三浦大助・幡谷竜太・宮腰勝義・井上大榮・小俣雅志・佐々木俊法・川崎泰照・佐藤 賢・宮脇明子・田中竹延・宮脇理一郎（2004），糸魚川－静岡構造線活断層系南部，白州断層の活動履歴の再検討－横手地点トレンチ調査－，地質学雑誌，110，255-270.
- 宮腰勝義・上田圭一・幡谷竜太・阿部信太郎・三浦大助・濱田崇臣・青柳恭平・井上大榮（2004）地震規模評価のための活断層調査法・活動性評価法，電力中央研究所報告，総合報告：U46，189p.
- 小口 高（1990）松本盆地中部における活断層の垂直変位速度，活断層研究，8，15-21.
- 奥村晃史，下川浩一・山崎晴雄・佃 栄吉（1994）糸魚川－静岡構造線活断層系の最近の断層活動－牛伏寺断層・松本市並柳地区トレンチ発掘調査－，地震2，46，425-438.
- 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（1998）糸魚川－静岡構造線活断層系北部の最近の活動－神城断層・松本盆地東縁断層トレンチ発掘調査－，地震2，50，35-51.
- 下川浩一・水野清秀・井村隆介・奥村晃史・杉山雄一・山崎晴雄（1995）糸魚川－静岡構造線活断層系ストリップマップ，地質調査所.
- 遠田晋次・三浦大助・宮腰勝義・井上大榮（2000）糸魚川－静岡構造線活断層系南部の最近の断層活動－白州断層・下円井断層・市之瀬断層群トレンチ調査－，地震2，52，445-468.
- 東郷正美・池田安隆・今泉俊文・澤 祥・松多信尚（1999）1:25,000都市圏活断層図「信濃池田」，国土地理院技術資料 D-1-No.368.
- 吉岡敏和・栗田泰夫・下川浩一・杉山雄一・伏島祐一郎（2005）全国主要活断層活動確率地図説明書，構造図（14），産総研地質調査総合センター，127p.

（受付：2009年8月26日，受理：2009年10月7日）

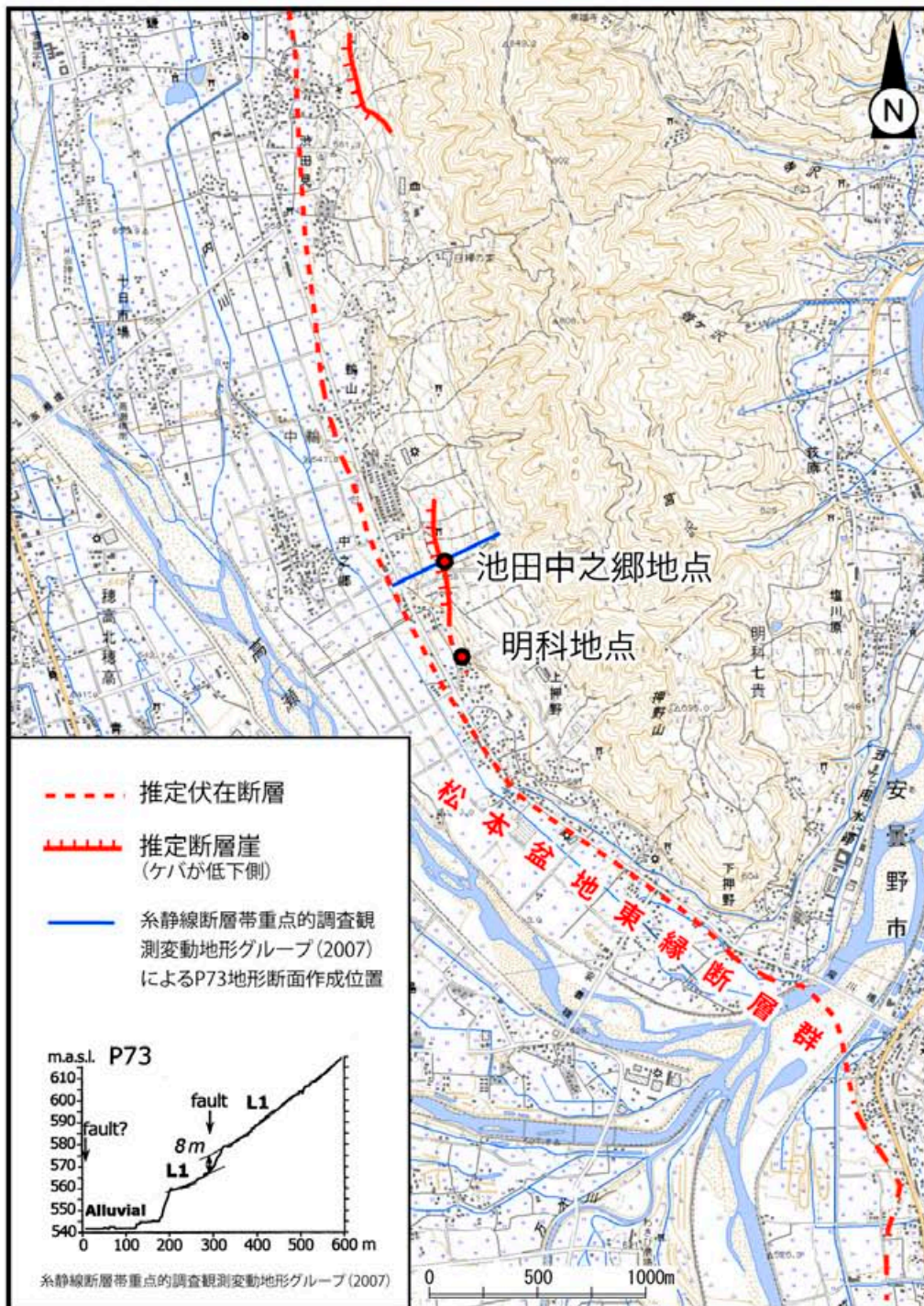
第1表. 松本盆地東縁断層群, 池田中之郷地点および明科地点における放射性炭素同位体年代の測定結果.  
Table 1. Radiocarbon analyses of samples from trenches at Ikeda-Nakanogo and Akashina sites across the Matsumoto-bonchi-toen faults.

Trench	Stratigraphic unit	Sample No.	Lab. No.	14C age (1σ)	Method	Material	Cal y.B.P (1σ)	Cal y.B.P. (2σ)
Akashina trench A	G	AKAS-5	Beta-240883	1830 ± 40	AMS	organic sediment	1710 - 1820	1640 - 1870
Akashina trench A	C2	AKAE-2	Beta-240884	210 ± 40	Beta	wood	0 - 300	0 - 310
Ikeda-Nakanogo trench B	A3	IKBN-04	Beta-242102	1650 ± 60	Beta	organic sediment	1520 - 1610	1400 - 1700
Ikeda-Nakanogo trench B	A3	IK-01	Beta-241064	1870 ± 40	AMS	organic sediment	1740 - 1870	1710 - 1890
Ikeda-Nakanogo trench B	A3	IK-02	Beta-241065	5290 ± 40	AMS	organic sediment	5990 - 6180	5940 - 6190
Ikeda-Nakanogo trench B	D2	IK-03	Beta-241066	9620 ± 60	AMS	organic sediment	10790 - 11160	10740 - 11190



第1図. a) 糸魚川－静岡構造線活断層系 (以下, 糸静線) の分布および松本盆地東縁断層群の位置. 太実線が糸静線の分布. 赤線は松本盆地東縁断層群を示す. 青破線は第1図bの範囲を示す. 糸静線およびその周辺の断層分布は下川ほか (1994) に基づく. b) 松本盆地東縁断層群の詳細分布とトレンチ調査地点. 基図は下川ほか (1994) の「糸魚川－静岡構造線活断層系ストリップマップ」. 青点は奥村ほか (1998) による調査地点. 赤点は本研究による調査地点. 詳細は第2図を参照.

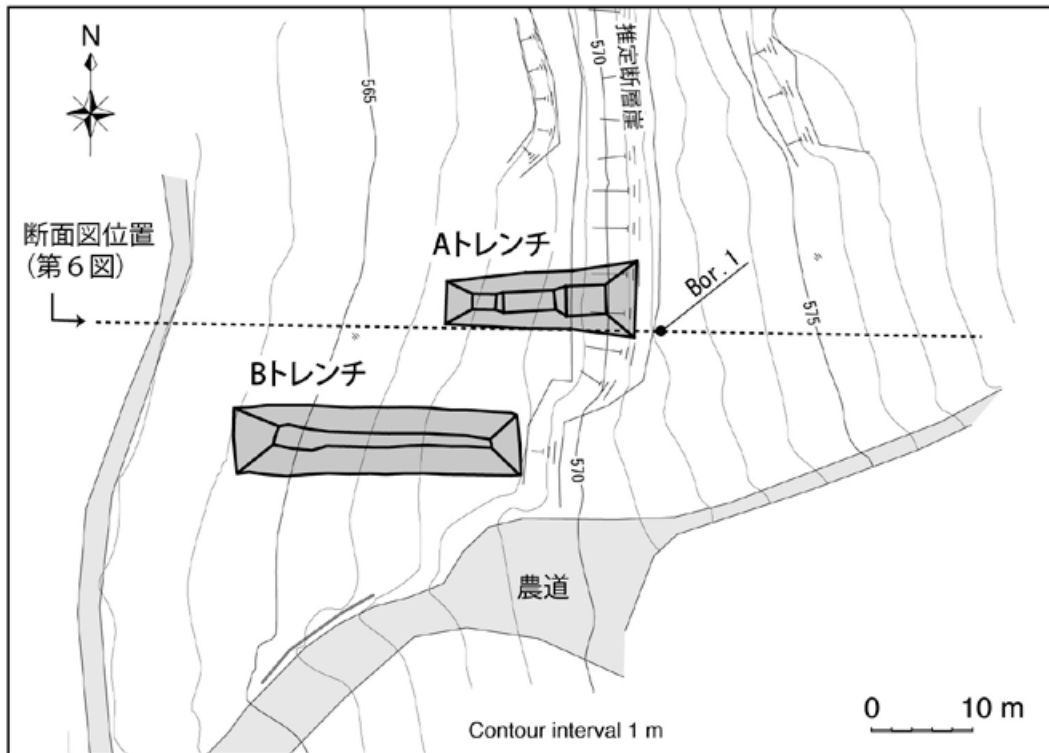
Fig. 1. a) Distribution of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system (ISTL, Shimokawa *et al.*, 1994). Black bold lines are faults composed of the ISTL. Red lines denote the Matsumoto-bonchi-toen faults. B) Detail distribution of the Matsumoto-bonchi-toen faults from “Strip map of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line active fault system” (Shimokawa *et al.*, 1994). Blue dots are sites of paleoseismic trenches performed by Okumura *et al.* (1998), whereas red dots are sites of this study. See the detail map of our study area in Fig. 2.



第2図. 松本盆地東縁断層群池田中之郷地区および明科地区調査地点位置図(赤点). 基図は国土地理院発行1/25000地形図「明科」, 推定断層位置図は東郷・他(1999)の1/25000都市圏活断層図「信濃池田」に基づく. 青線は糸静線断層帯重点調査観測変動地形グループ(2007)による地形断面作成位置(断面図を左隅に示す).

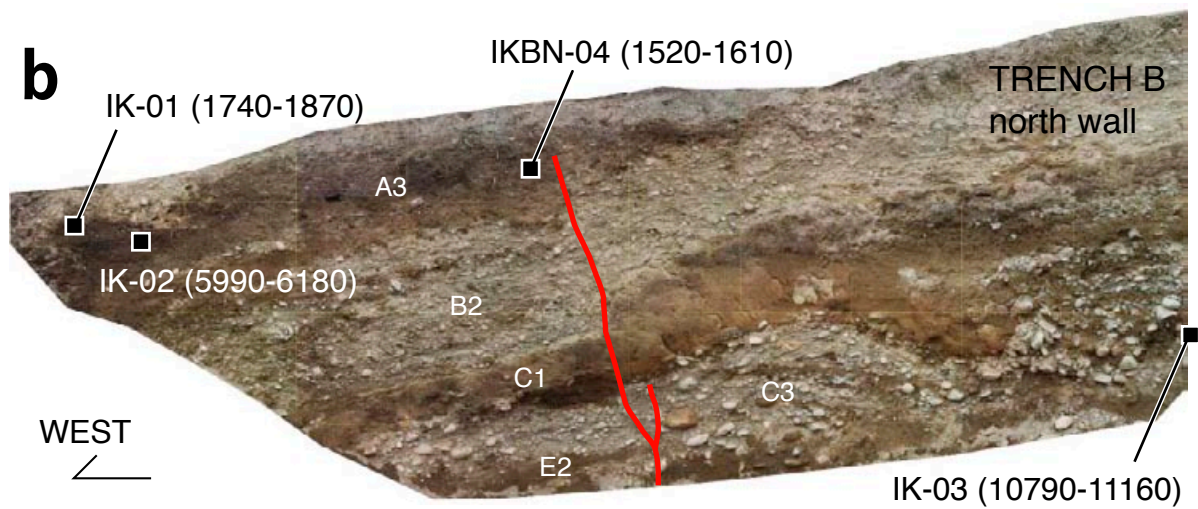
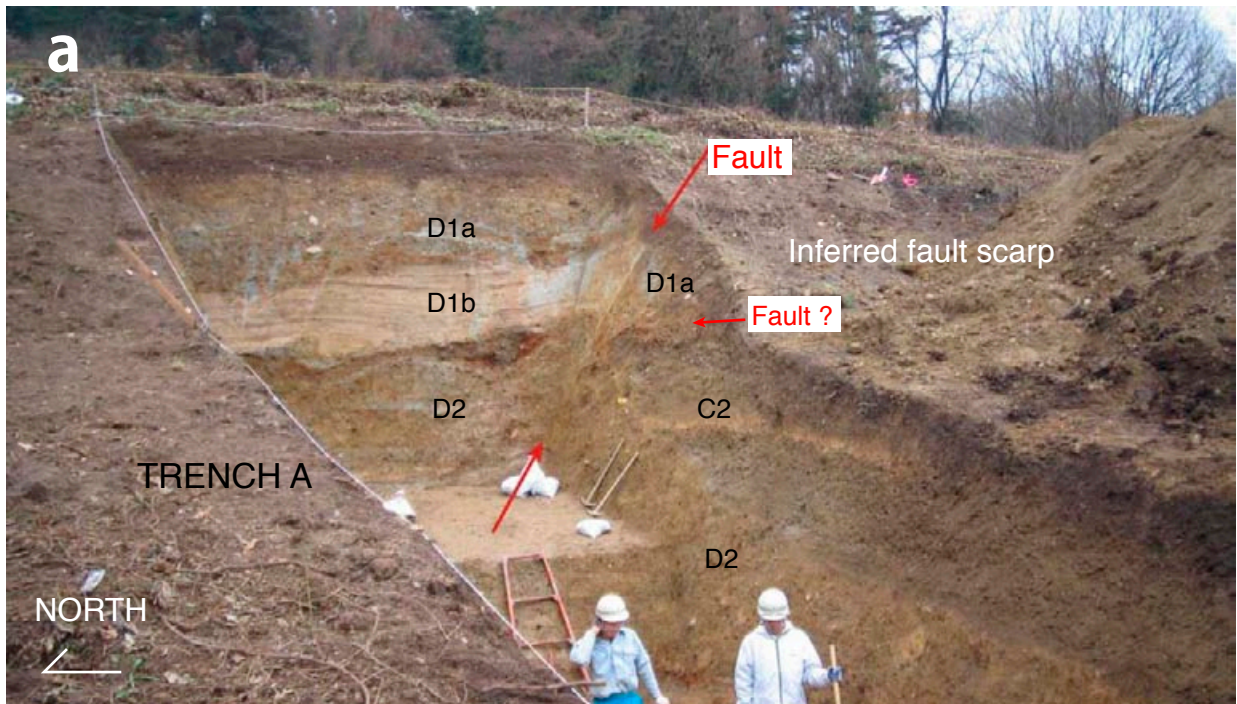
Fig. 2. Central part of the Matsumoto-bonchi-toen faults and locations of the trench sites, Ikeda-Nakanogo and Akashia (red dots). Red solid line and dashed line denote the inferred fault scarp on the lower river terrace (L1 surface) and inferred blind main fault strand respectively. The topographic base map is from 1:25,000 Akashina published by Geographical Survey Institute. Inferred fault traces are after Togo *et al.*, 1999. The blue line across the fault scarp indicates the location of the measured topographic cross section shown in the left-bottom corner of the figure (ISTL-jutenteki-chosa-kansoku active landform research group, 2007).



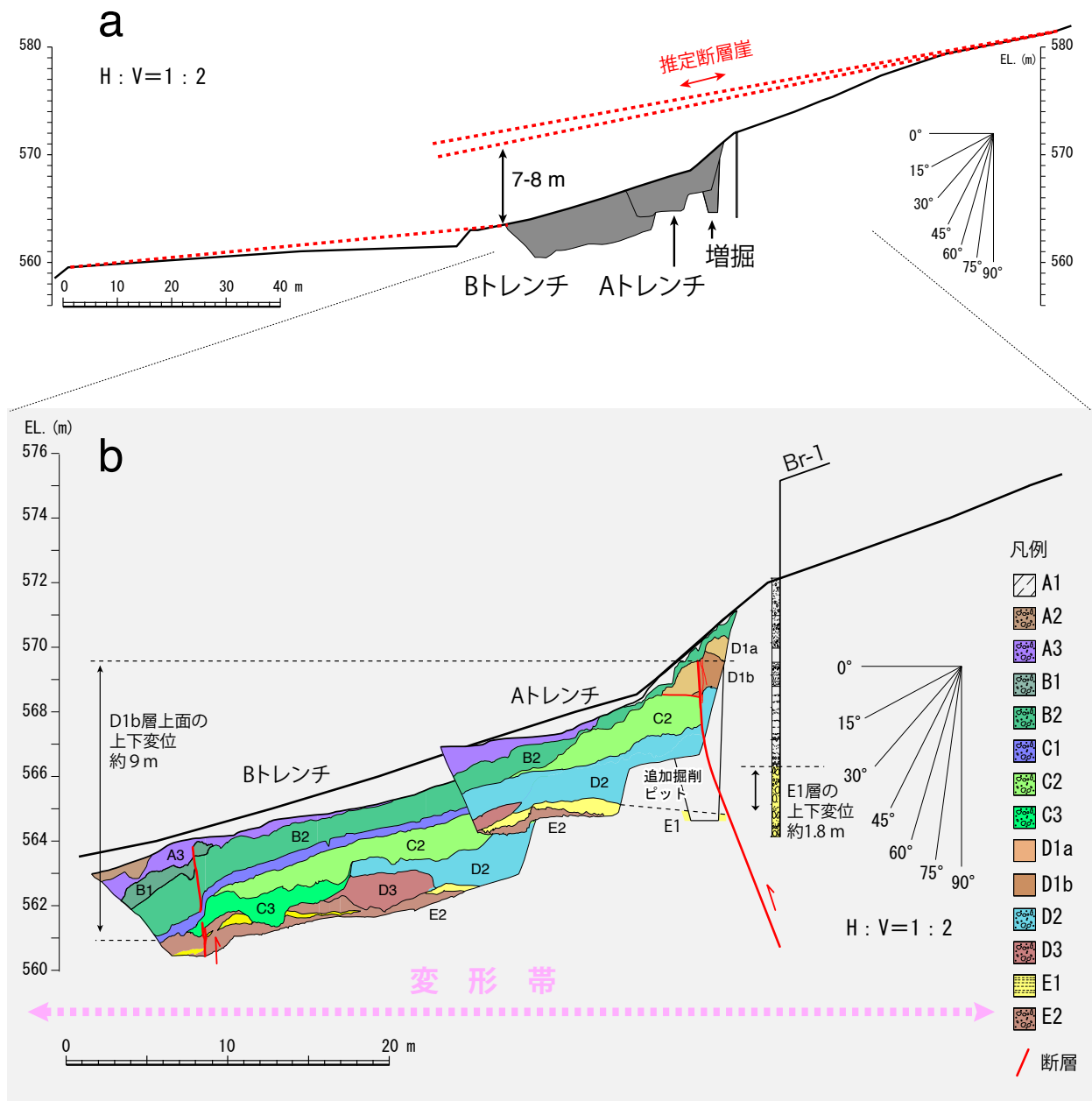


第3図. 池田中之郷地区トレンチ掘削地点の詳細地形平面図. Bor.1はボーリング掘削位置を示す.  
Fig. 3. Detail topographic map and trench positions at Ikeda-Nakanogo on the inferred fault scarp of the Matsumoto-bonchi-toen faults. "Bor.1" on the map indicates the position of the drill hole.



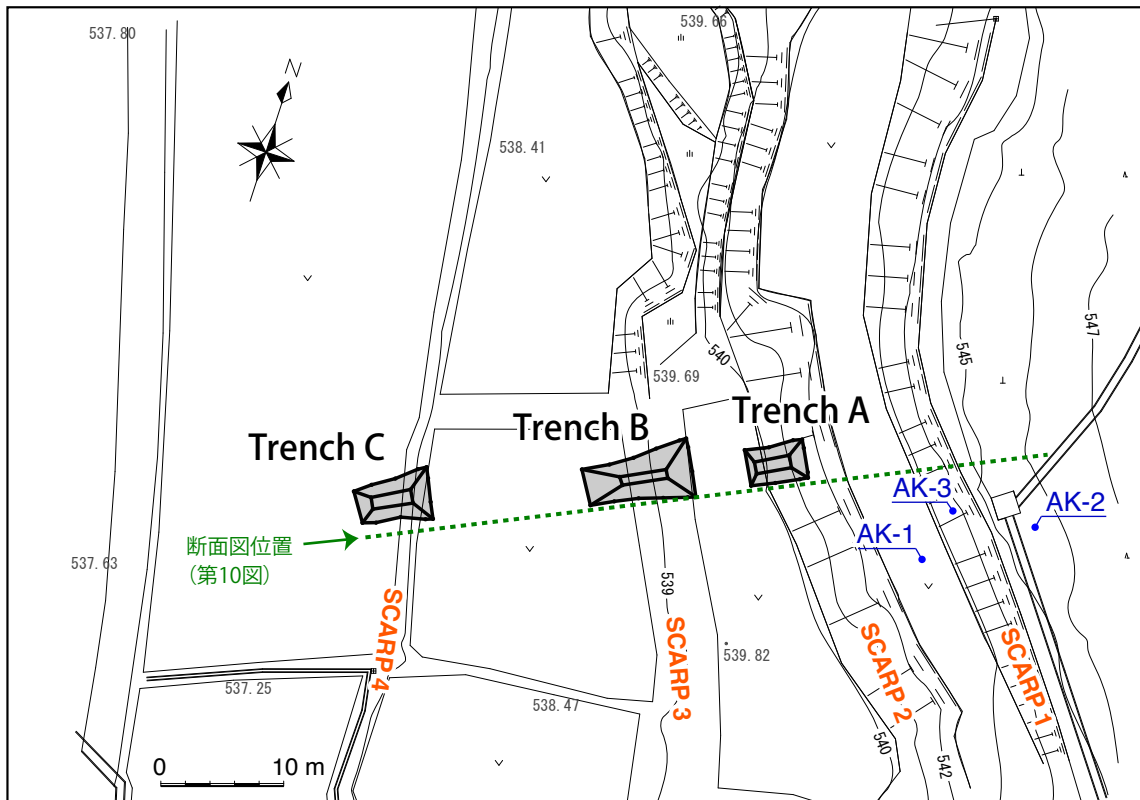


第 5 図. 池田中之郷地区トレンチの写真. (a) A トレンチの東および南壁面, (b) B トレンチの北壁面の断層露出部. 赤実線は断層, 黒四角は  $^{14}\text{C}$  年代測定試料採取地点と試料名, その年代 (cal yBP,  $1\sigma$ ) を示す.  
 Fig. 5. Photos showing faulted strata on the trench walls exposed at Ikeda-Nakanogo. (a) East and south walls of trench A. (b) A fault zone and deformed layers on the north wall of trench B. Solid red line indicates fault. Solid square denotes sampling point, sample name and its age of the radiocarbon dating (cal yBP, 1-sigma range).



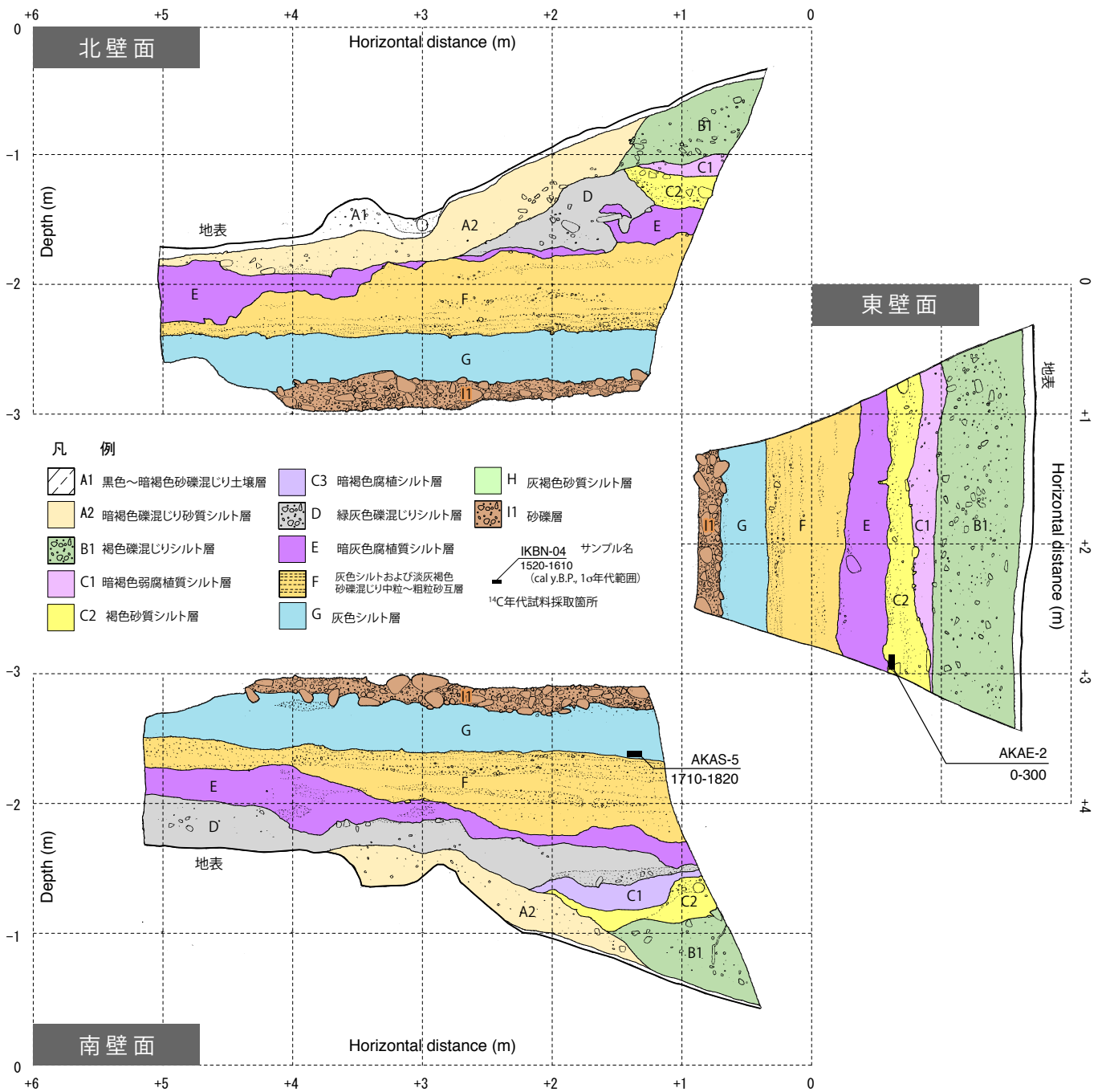
第6図. 池田中之郷地区における地形地質断面図. 断面図作成位置は第3図を参照. 縦横比は2:1. 個々の断層変位量は小さいものの, 全体として70 m以上の変形帯を形成し, 全体として上下変位量は7~8 mにおよぶ.

Fig. 6. Cross sections of topography and composite trench geology at Ikeda-Nakanogo. The position for the section is on the map in Fig. 3. Vertical exaggeration is double. Red dashed lines are extrapolations from measured topography to the trench positions for measuring amount of vertical separation. About 70-meter-wide fault deformation zone is exposed on the trench walls. Seven-to-eight-meter throw of the youngest sedimentary units and surface topography is measured.



第7図. 明科地区トレンチ掘削地点の詳細地形平面図. 地形判読による推定低断層崖はAトレンチ掘削地点の低崖にあたる. Aトレンチ内の地層に変形構造が認められなかったため, 西に位置する2段の低崖にB, Cトレンチを掘削した. AK-1, AK-2, AK-3はボーリング孔の位置を示す.

Fig. 7. Detail topography and trench positions at Akashina. One of four scarps, scarp 1 is highly likely, might be the fault trace continuous from the Ikeda-Nakanogo site. AK-1, AK-2, and AK-3 are drilling holes extracted 6-10-meter soil and rock samples.



第 8 図. 明科トレンチ A のスケッチ展開図. 黒四角は  $^{14}\text{C}$  年代試料採取箇所とそのサンプル名,  $1\sigma$  の暦年較正值 (cal yBP) を示す. 断層運動を示唆する変形構造は認められない.

Fig. 8. Unfolded log map of the walls of trench A at Akashina. Tiny black squares in the logs indicate sampling points for radiocarbon dating. One-sigma range of calibrated years B.P. is shown with each sample name. No evidence for paleoearthquake is exposed on the walls.

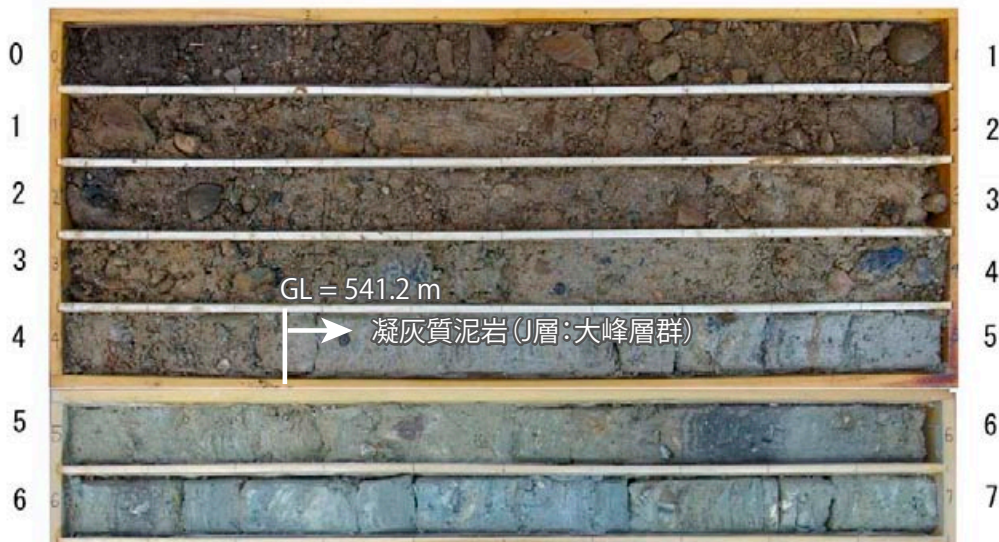
ボーリングコア試料 AK-1

GL = 542.68 m



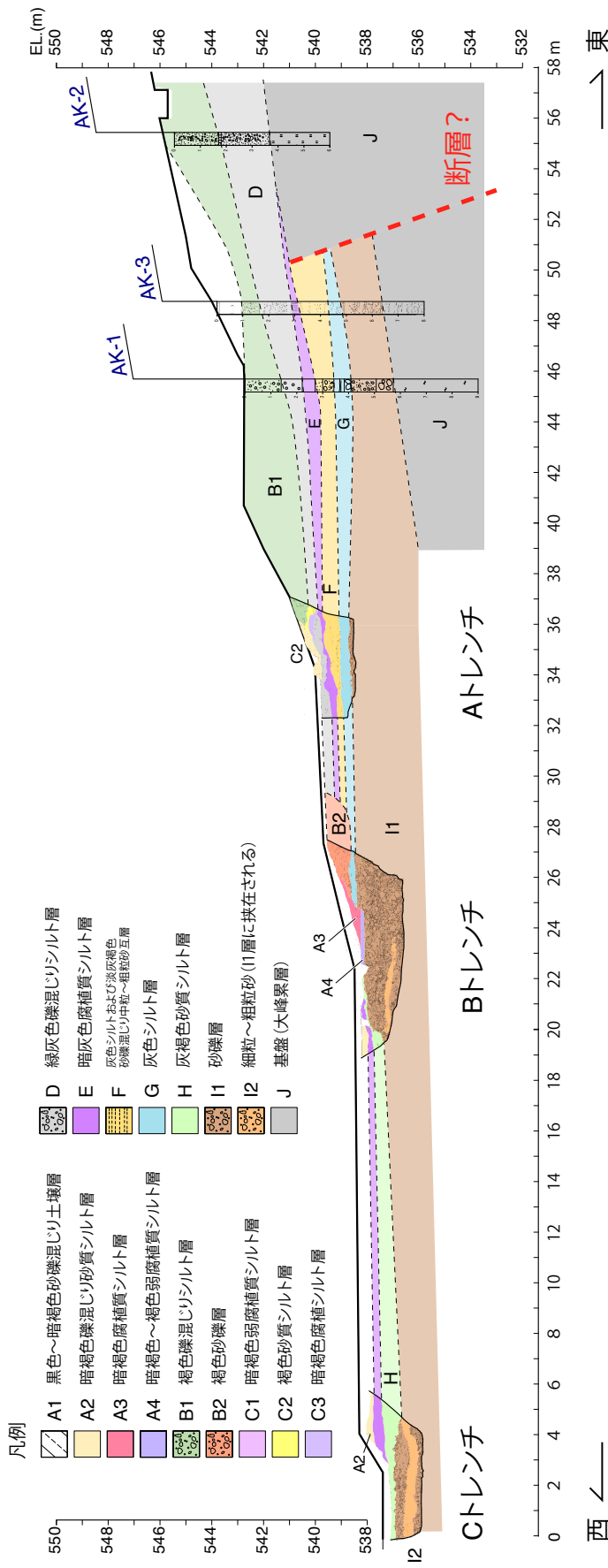
ボーリングコア試料 AK-2

GL = 545.46 m



第9図. 明科地区におけるボーリングコア試料の写真. 上段は AK-1 地点からのコア, 下段は AK-2 地点からのコアを示す. 0 は地表面を表し, 横幅は 1 m 長で, 数字はコアの深度 (m) を示す. コア採取位置は第7図を参照.

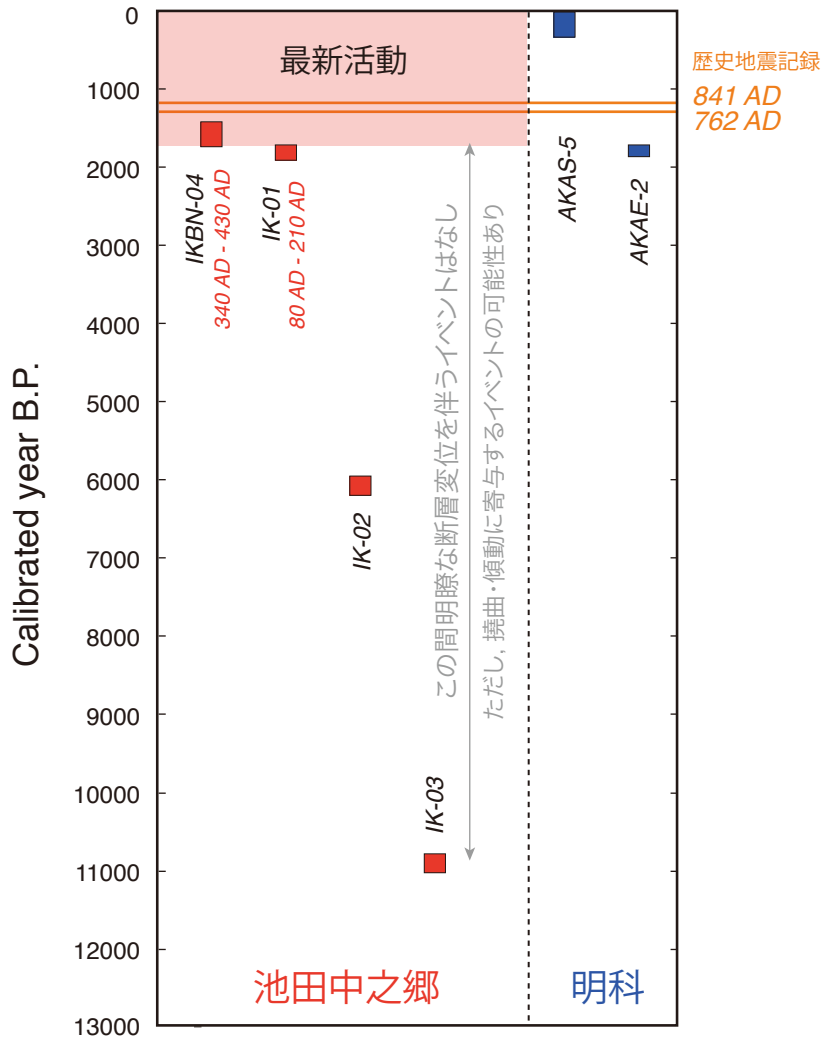
Fig. 9. Photo showing soil and rock samples extracted from the drill holes of AK-1 and AK-2. Numbers are meters below the Earth's surface. See Fig. 7 for the drilling positions.



第10図. 明科地区における地形地質断面図. 3箇所の特レンチ内に露出した地層はいずれも水平で変形構造は認められない. ボーリング調査結果も考慮すると, 池田中之郷地区で確認された断層はAK-3孔とAK-2孔の間に連続する可能性が高い.

Fig. 10. Exposed and inferred EW geologic section at Akashina. Refers to Fig. 7 for the map position of the section. No evident deformation is exposed on any walls of trench A, B, and C. The fault trace from Ikeda-Nakanago might be located between the boreholes AK-3 and AK-2 due to the significant bedrock throw.





第 11 図. 松本盆地東縁断層群の古地震イベントダイアグラム. 各縦棒は  $^{14}\text{C}$  暦年較正年代の 1-sigma 範囲に相当する. 各記号は年代測定試料番号を示す. 池田中之郷地点では, 最新活動時期は西暦 340 年以降に発生したことがわかった. 牛伏寺断層の活動に対応する可能性のある西暦 762 年, 841 年の地震もこの間に含まれる.

Fig. 11. Diagram showing timing of the surface rupturing earthquake at Ikeda-Nakanogo and Akasina on the Matumoto-bonchi-toen faults. Each bar with sample name corresponds to one-sigma range of the calibrated radiocarbon date. The most recent event at Ikeda-Nakanogo might have occurred anytime after 340 AD, which includes historically documented 762 and 841 AD earthquakes.