

「基盤的調査観測対象断層帯の追加・補完調査」成果報告書 No.H17-8

## 山形盆地断層帯の活動性および活動履歴調査

平成 18 年 5 月

独立行政法人  
産業技術総合研究所

## 目 次

1 . 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究	1
2 . 調査結果	1
( 1 ) 大石田町横山地区	1
( 1 ) - 1 スキー場地点 ( トレンチ調査 )	2
( 1 ) - 2 里集落地点 ( トレンチ調査 )	5
( 2 ) 山辺町大寺地区 ( トレンチ調査 )	8
3 . まとめ	11
3 . 1 断層帯の位置及び形態	11
( 1 ) 断層帯を構成する断層	11
( 2 ) 断層面の位置・形状	11
( 3 ) 変位の向き	12
3 . 2 断層帯の過去の活動	12
( 1 ) 平均変位速度	12
( 2 ) 活動時期	12
( 3 ) 1 回の変位量	12
( 4 ) 活動間隔	13
( 5 ) 活動区間	13
文 献	14
図 表	15

## 1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

山形盆地断層帯は、山形県北村山郡大石田町から村山市、寒河江市、東村山郡山辺町を経て、上山市に至る南北約60kmの西傾斜の逆断層である。同断層帯は複数の断層から構成されており、断層帯北部ではこれらは並走して分布している。断層帯南部では地表では断続的に分布し、全体として杉形状に雁行分布する。

山形盆地断層帯の既存データとそれに基づく活動性については、推本（2002）の「山形盆地断層帯の評価」に要約されている。特に、同断層帯では平成9-11年度に山形県によって反射法地震探査、ボーリング、トレンチ調査が実施され、活動時期に関するデータが得られている。活動履歴に関する資料が得られた地点は、北部の大石田町横山地点、村山市山の内地点、中-南部の寒河江市高瀬山地点、山辺町大寺地点の4ヶ所である。横山地点における履歴を主として、総合的に評価した結果、同断層帯は過去約1万年間に少なくとも3回活動したとされ、活動間隔は約3千年とされている。最新活動時期は約6千年前以降から当該地域で地震記録が得られている約200年前の間とされている。また、北部での低位段丘面の変位量や横山地点・大寺地点での過去約1万年間の地層の対比により、おおむね1-2mm/年の上下変位速度を得ている。予想される地震の規模は、断層帯全体を一つの活動区間として、松田（1975）の経験式を用いマグニチュード7.8としている。

以上のように、山形盆地断層帯での現状の古地震データからも完新世に複数回の活動の証拠があり、条件付き確率の算定は可能である。しかしながら、最新活動時期・活動間隔ともに時間分解能、空間分解能ともに不十分であり、30年地震発生確率は「ほぼ0から7%」と幅広く算定されている（地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2002, 2005）。

このような背景のもと、今年度の補完調査では1)最新活動時期の絞り込み、2)より詳細な活動履歴の検出、3)これらのデータに基づく活動区間の検討、を目的としてトレンチ調査を実施した。掘削地点は、断層帯北端部の大石田町横山地区で2ヶ所、南部山辺町大寺地区1ヶ所、の2地区3ヶ所である（図1、表1）。両地区とも山形県によって調査が実施された地点（山形県, 1998, 1999, 2000）である。

## 2. 調査結果

### (1) 大石田町横山地区

大石田町横山地区は、山形盆地断層帯の北端付近に位置する（図1）。断層帯沿いの他の地点に比べ断層線の分散・並走が少なく、直線的で断層崖や地形面の変形が幅数百m以内に集中する。断層帯を代表して活動履歴を検出しているのに適している。

空中写真をみると、山地斜面末端と、その東約200-400mに並走する2条の断層崖が判読される(図2)。西側の断層は東側ほど明瞭ではなく既存のマップ類には描かれていないが、ボーリング調査によってもその存在が推定されている(山形県, 2000)。ボーリング調査では約7000年前の砂礫層に3.5mの落差が確認されている。東側に位置する断層線は、駒籠(こまごめ)・横山断層として記載(今泉・他, 2001)されていたもので、里集落付近では低位段丘と沖積低地の境界に位置している。

今回の調査では、地震履歴を漏れなく検出するために、並走する両断層崖でトレンチ掘削調査を行った。西側断層線については大石田町町営里山スキー場(以下、スキー場地点)で、東側断層線については横山地区里集落の休耕田(集落地点)で調査を実施した。

#### (1)-1 スキー場地点(トレンチ調査)

##### (1)掘削地点の概要

スキー場地点は西側の断層線上に位置する。断層線は1-1.5mの西上がりの低崖として判読される。リフト付近はほぼ斜面末端にあたるが、調査用地北側ではN25°Eの走向で斜面から離れる(図2b)。その低断層崖末端は数10cm程窪んでおり、現在は小規模な水路として利用されている。低断層崖付近の地形面は沖積低地面にあたり、数千年前以降の新时期堆積物の変形が期待できる。

この低断層崖をはさんで東西それぞれ約10mにわたりトレンチを掘削した。ただし、ここでは断層運動に伴う地質構造全体を把握する必要があるため、山地斜面末端部と盆地側にも小型のトレンチを掘削した(図2b, 図3)。ここでは、西側からトレンチA、トレンチB、トレンチCと称する。

##### (2)トレンチ壁面の地質

3ヶ所のトレンチのうち、断層運動による変形が認められたのはトレンチBのみである(図3, 図4, 写真1)。トレンチAでは、断層分岐の可能性が検討されたが、断層や変形構造は認められなかった。トレンチCでも地層の変形は認められず、トレンチBから連続する地層の未変形部分の性状が確認された。なお、トレンチBとトレンチC間にはスキー場リフト運行のための送電線が埋められており、連続掘削はできなかった。

ここではトレンチB壁面に露出する地層をその層相と連続性、年代などから、耕作土・埋め戻し土、A層、B層、C層、G層の大きく5層準に区分した。その後、可能な限りトレンチ間の地層の対比を行い、トレンチBをもとに統一したユニット名を用いた。トレンチBとトレンチCについてはほぼトレンチ間での地層対比が可能であったが、トレンチAとトレンチBについては一部対比が困難であり、推定のもとに層序を構築した。それぞ

れ詳細な層相に基づき、各層準をさらに細分した。以下に耕作・埋め戻し土を除き、上位層より記す。

最上位に位置するA層は主として黒色腐植土と未分解の褐色の腐植土を主体とする地層からなる。トレンチB南壁面の西側では層厚約5cmの白色細粒火山灰を挟む。ここではこの火山灰をA1tuff層と区分したが、年代や色調、層厚から十和田aテフラ（町田・新井，2003）に対比できる。<sup>14</sup>C年代測定の結果（表2）から、A層は約5000年前-1000年前に断続的に堆積した地層であることがわかった。

B層は主として未分解の木片・植物片濃集層とレンズ状の砂礫層の互層で特徴づけられる。A層とは整合関係にあるが、A層よりも断層崖直下周辺での層厚変化が著しく、断層崖よりも西側には分布しない。B層は上位よりB1-B6層に細分される（図4）。B層はB6層を除き約5000年前-約6000年前に堆積した地層であることがわかった。また、B層からは縄文時代前期の土器片や石器（大石田町教育委員会鑑定による）が数点産出し、年代測定結果と整合する。B6層は例外的に古く、約8000年前前後の年代を示す。B6層は変形帯凹地沿いの堆積物であり、C層と同時異相もしくはC層の再堆積が考えられる。

C層は変形帯から派生した低角逆断層より下位に分布する細粒堆積物である。上位からC1-C5層の5つのサブユニットに分けられる。

最下位のG層は黄褐色から灰褐色を呈す比較的しまりの良い細礫混じり泥質砂である。全体として無層理塊状であるが、一部有機質な部分を含み、成層する部分もある。C層には断層で接し、B層、A層に覆われる。特にB層との境界面は不規則に入り乱れ部分的に漸移関係にある。B層に含まれる粗粒堆積物はG層の再堆積によるものと考えられる。変形帯で乱れているものの、G層中の有機質部分の年代は約8000年前を示す。

### (3)断層変形構造とイベント層準

トレンチ内に認められる変形構造は、断層崖から予想されるような単純な西傾斜、西側隆起を示していない。全体としてB層以下の地層が断層崖直下に向かって下に凸状に吸い込まれるように変形している。明瞭な変位を伴う断層は変形帯の中心（北側壁面8-10m、南側壁面8-11m）から派生している（図4、赤線）。この断層はトレンチ底部では主としてB層とC層を境する層面すべりを呈し、上部に向かってさらに主に2条に分岐する。下方の断層は東に向かってほぼ水平になりB層・C層の層理面に吸収され変位が不明になる。この断層によって北側壁面に断片的に分布するC1a層は約1m変位している（北壁面12-14m）。一方、上方の断層はトレンチ中段まで追跡でき、B1e層下部まで明瞭に変位させて、B1a、B1b層に覆われる。このような、変形帯に向かって倒れ込む向斜状の変形と派生断層は、フラワー構造（flower structure）そのもので、通常横ずれ断層に典型的にみられる。単純な東西圧縮下では、通常、地層は断層運動によって自由表

面である地表に向かって盛り上がるはずである。上に開いたフラワー構造は変形帯下部に断層運動に伴う空隙が生じることにより生じる。したがって、スキー場トレンチBで観察された構造は単純な逆断層に伴う構造とは考えられない。顕著な横ずれ変位成分を含んでいることが考えられる。

このようなB層以下の構造は下位の地層ほど変形度が大きい。特に、断層崖直下に局所的に厚く分布する砂礫レンズ（A5層、B2-3層、B6層）を境にその上下の腐植層の変形度が異なる。したがって、ここでは砂礫レンズ直下の腐植層発達中に断層運動があり、その後凹地状に窪んだ部分に断層西側近傍の砂礫層（主としてG層起源）が再堆積したと解釈した。

A層についてはB層以下に見られる凹地をつくる変形は認められない。しかし、砂層A3層はトレンチB壁面5-8mにかけて緩く西に向かって傾斜している。A3層はトレンチCでも確認されるが、その高度はトレンチB西端部分よりも約1m低い。A3層は弱い平行葉裏を伴う淘汰の良い砂層で、堆積時に粘性が高かったとは考えられない。仮に、A3層堆積時に1m程度の高度差を持つ緩い斜面が存在した場合に、低下側を厚く埋めるはずである。また、平行葉裏はBトレンチ内で緩く傾斜した層理面に平行である。したがって、A3層堆積後にこれまでとは異なる長波長の変形が及んだ可能性が高い。

これらの観察事実と地震イベント認定基準に基づき以下の4回の地震イベント（S-I-S-IV）を検出した（図7）。<sup>14</sup>C年代測定結果とともに、各地震イベントの発生時期と特徴を示す。

**イベントS-I：**イベント層準はA3層とA2層の境界で、当調査地点の最新イベントにあたる。緩く変形したA3層以下をわずかな傾斜不整合で覆うA1-A2層中には広域テフラ（A1tuff）が認められる。その上下の腐植層の年代値（試料YkB-N24とYkB-N25）からこのテフラは十和田a火山灰（町田・新井、2003）とみられ、同火山灰降下以降地震イベントはなかったものと考えられる。一方、断層で変形したA4層からは最も若い年代値として、2760-2360 calyBP（YkB-N15）が得られている。したがって、イベント年代は1390-2760 calyBPに制約される。なお、A3層の変形の状況から、古いイベントと異なる変形を被ったことは確実であり、東側のもう1条の断層線の運動に伴う広域変形によるものかもしれない。

**イベントS-II：**地震イベントは、断層運動による凹地形成（B1層以下）とその後の埋積（A5層）で説明できる。イベント年代は、A5層の最新年代値（試料YkB-S8）とB1層の最古年代値（試料YkB-N3）の間と考えられ、4440-4970 calyBPとなる。

**イベントS-III：**地震イベントは、断層運動による凹地形成（B2層以下）とその後の埋積（B2-3層）で説明できる。断層崖直下ではB2層と凹地埋積物（B2-3層）は腐植層が

同化しており，断層運動はB2層堆積中に発生した可能性が高い．また，変形帯から派生した逆断層の先端はB1e層まで変位させており，B1b層より上位に覆われる．さらに，下方の逆断層もこのイベント時に大きく変位した可能性が高く，断層沿いに少なくとも1 m以上変位したものと考えられる．またイベントS-IV直後の堆積物と考えられるB6層も断層崖直下から東側に移動した可能性がある．イベント年代は，B2a層の最新年代値（試料YkB-N4）とB3a層の最古年代値（試料YkB-N8）の間と考えられ，5300-5580 calyBPとなる．

イベントS-IV：ここではB6層が凹地を埋めたイベント直後の堆積物と解釈した．C層群の変形の大半は，前3つのイベントと変形様式（折れ曲がりの極）が異なるため，このイベント時に生じたものと判断した．B6層直上のB5c層と，C1層の年代（それぞれ試料YkB-N2とYkB-N6）から，イベント年代を5940-6440 calyBPに限定した．

活断層の地震履歴評価では，地震イベントが存在しなかった期間を明確にすることも重要である．当地点では上記イベント発生時期以外の期間には断続的ながら地層が堆積しており，その間は少なくとも明瞭な変形が及んでいない．さらに，最下位C層堆積中は断層運動は確認できない．C層の最古年代は7580-7950 calyBP（試料YkB-N28）であるため，イベントS-IV直前の6440-7580 calyBPは確実に地震イベントが発生していない時期といえる．

## （1）- 2 里集落地点（トレンチ調査）

### (1) 掘削地点の概要

当地点はスキー場地点から南南東約700mに位置する．明瞭な断層崖状の地形は，集落東端の農道に沿って南北に延びる．断層崖は林道によって改変されているものの，その比高は2-3mである．調査地点敷地内では平成10年度に山形県によってトレンチ調査が行われ，西に傾動した約1万年以降の細粒堆積物が確認されている．

今回の掘削地点は山形県トレンチから北約20-30mに位置する．また，断層崖をはさみ込むように上盤側にもトレンチを掘削した．上盤側（西側）をトレンチA，下盤側（東側）をトレンチBと称する（図2c）．

### (2) トレンチ壁面の地質

トレンチA，トレンチBにおいて，それぞれ完新世堆積物の背斜構造，その前縁の東に傾動した地層が露出した（図5，図6，写真2）．トレンチ壁面に露出する地層はトレンチA，Bで対比を行うとともに，平成10年度に山形県が実施したトレンチ調査と共通するユニット名を付した．ユニットは上位から，その層相や連続性，年代値などからA-E層に区分した．特に，砂礫層の堆積とその後の静穏な腐植層発達の繰り返しを1セットと

した．さらに各サブユニットに細分した．以下に耕作・埋め戻し土を除き，上位層より記す．

A層は下部の砂礫シルトの互層部分と上部の腐植土層よりなり，全てのサブユニット間は整合関係にある．A層はトレンチA西側とトレンチB東側で厚く，ほぼ現地地形面を形成している．そのうち最上位のA0層には一部遺構と思われるくぼみが存在する．A1a層とA1b層の間には層厚約5cmの十和田aテフラと考えられる火山灰(A1tuff)が挟まれる．A1層の大部分が旧耕作土の可能性が高く，奈良・平安時代以降の陶器片を多数含む遺構跡が少なくとも2箇所(トレンチAグリッド10-16m，およびトレンチBグリッド19-23m)で見つかった．<sup>14</sup>C年代測定の結果(表3)，A層は約5400年前以降の堆積物とわかった．

B層はA層に傾斜不整合で覆われ，C層以下を傾斜不整合に覆う．A層と同様に下部の砂礫シルトの互層部分と上部の腐植土層よりなる．層厚の変化が顕著で，下部の粗粒名部分は背斜軸部以西の上盤側では認められない．堆積年代は，約5700年-9000年前である．

C層はB層に傾斜不整合で覆われる．A層，B層と同様，上部は黒色のやや粘土化した強腐植層(C1a層)とシルト層(C1b層)，下部は成層した厚い細礫を含む粗粒砂-細粒砂層(C3層)からなる．堆積年代は，約9400年-10200年前である．

D層はトレンチAの背斜軸部と西端のみに露出している．露出部ではC層との関係は整合的に見える．最上部の黒色-暗灰色のシルト質腐植層(D1層)と厚いシルト・細粒砂・礫混じり粗粒砂層(D2層)からなる．山形県によるトレンチ調査では，断層崖より東側でも，背斜軸部と同様に，腐植層と砂礫の繰り返しを確認されている．D層の堆積年代は，約10200年-10600年前である．

E層は背斜軸部にわずかに露出する黒色腐植土層で詳細は不明である．

### (3)断層変形構造とイベント層準

トレンチAではA2a層以下の地層の褶曲が認められ，下位層ほど変形が著しい．西側より向斜，背斜と続き，背斜東翼がそのままトレンチBまで連続し，東に傾斜する単斜構造となる．トレンチBでは東に向かって傾斜を減じ，B1a層よりも上位の地層はほぼ水平となる．B1a層は顕著にその層厚を増す．

当調査地点では断層そのものは露出していないが，上記変形構造は複数回の断層運動によるものと考えられる．すなわち，地層の褶曲・傾動とその後の傾斜不整合(アバット)によってトレンチ壁面に3回の地震イベントを読み取ることができる．以下に各々の地震イベント層準とその発生時期(図7)を示す．

イベントT-I：最も若いイベント層準をA2層堆積後，A1層堆積前と判断した．A2層は層厚変化が小さく，平行葉理の発達が良い．そのことから，水平もしくは緩傾斜場に堆積したものと考えられる．しかし，トレンチBではA2層は東に約7-8°傾斜しており，ト

レンチAでも緩い背斜構造を示している。したがって、堆積後に変形を被ったことは明らかである。A2層を覆うA1層は土壌として発達した腐植層であるため、地層の傾斜だけでは堆積後の変形の有無を議論できない。しかし、A1層中の2箇所の遺構の底面は下位層の傾動にもかかわらず、水平であり変形したようには見えない。さらに、トレンチB北面グリッド16-17mにみられる小規模の凹地状の変形もこのイベントに関連する可能性が高いが、A1層以上には及んでいない。イベント年代は、A2a層の最新年代値（試料StA-S1）とA1a層の年代値（試料StA-S12）の間、すなわち、1530-3720 calyBPに制約される。

イベントT-II：イベント層準はB1層堆積後、A4層堆積前と判断される。B1a層は低湿地に発達した厚い腐植層とみられるが、トレンチAの背斜部では炭化・土壌化した痕跡があり、乾いた環境下で発達したものと思われる。そのため、もともとB1a層堆積中の地形面に若干の勾配が推測される。しかし、直下のB2層の葉理はほぼB1a層と平行で、B2層が欠落する背斜部とトレンチB東端を除いてはきわめて水平に近かったと考えられる。これに対して、トレンチB西側に露出しているように、A4b層以上の堆積物は明らかにB1a層にアバットしている。すなわち、この地震イベントを引き起こした断層運動は、B1a層を傾動させ、その後、A4b層以後の地層が低下部分を埋積したものと考えられる。B1a層の最新の年代値（試料StB-N8）とA4a層の年代値（試料StB-N14）から、この地震イベントの発生時期は5740-5870 calyBPの狭い範囲に絞られる。

イベントT-III：この地震イベントはC1層堆積後、B4層堆積前に発生したと判断される。C1a層に挟在するシルト層は弱い営力下で堆積したと考えられる。また、直下のC3層は砂礫中に平行葉理が発達するとともに、トレンチ内に露出している範囲では層厚変化が少ない。このことから、C層はほぼ水平な環境で堆積し、その後傾動したものと判断される。一方、B3b層はC1層にアバットして堆積している。しかもB3b層はトレンチBグリッド3-19mのみにレンズ状に露出し、当時の低下部を埋積したようにみえる。また、グリッド11-13mでは一部削り込みも見られる。以上のことから、この地震イベントはC層堆積後、B層堆積前、すなわち8790-9500calyBP（C1a層は試料StB-N19、B4a層は試料StB-N23）に発生したものと考えられる。

なお、当調査地点では顕著な地層の侵食は認められない。したがって、上記イベント以外の時期に断層運動が発生していた可能性はきわめて低い。また、限定的な露出であるが、背斜部でのC層とD層にも顕著な変形差は認められない。この間に地震イベントがあった可能性は低い。D層で最も古い年代値は10590-10490 calyBP（試料StB-N21）を示す。このことから、10490-9500 calyBPの少なくとも約1000年間は静穏だったと考えられる。

#### (4) 平均変位速度

トレンチ内の限られた露出から，上下変位量を復元することは容易ではない．ましてや上盤側での背斜構造も考慮に入れることはきわめて難しい．山形県（2000）では反射法地震探査記録とトレンチ壁面スケッチを重ね合わせることによって，地層の傾動度合いから上下変位量の推定を試みている．ここではC層堆積面の上下変位量を約12mとし，C層上部の年代約9300-9900年前の年代から，1.2-1.3mm/年としている．しかし，B層上面が本調査トレンチB東部ですでにほぼ水平になっていることから，山形県（2000）で検討されたC層傾動の未確認部分への外挿は明らかに過大評価と考えられる．また，上盤側のトレンチAでは背斜軸西翼では現地地形面よりも深く落ち込んでおり，山形県（2000）での上盤側の対比基準高度は高すぎる可能性がある．今回の調査では，模式断面図におけるC層上面の累積変位量は7-8mである（図5のCD-CD'間）．C層は約1万年前の堆積物であることから，トレンチ掘削から推定される範囲では上下変位速度は約0.7-0.8mm/年と推定される．また，単純に3回のイベントでこの累積変位量を割ると，地震時変位量は約2-3mであったと考えられる．

### (2) 山辺町大寺地区（トレンチ調査）

#### (1) 掘削地点の概要

山辺町大寺地区は山形盆地断層帯の南部に位置する（図1）．調査地点から北に約3kmにかけては断層は低位段丘面の東端に位置し（例えば，八木・他，2001），断層運動自体が低位段丘面の離水に影響している可能性がある．また，断層に沿って幅100m前後の段丘面の撓曲を伴う特徴がある．断層は複数並走する区間があるものの，掘削地点周辺では単一の断層崖（撓曲崖）のみである（図8）．

山形県（1999）や推本（2002）によると，この撓曲崖の比高は12-14m，幅は100-200mで，撓曲崖をつくる地形面の形成年代を約1万年としている．さらに，ボーリング掘削により下盤側で同地形面が約6m地下に埋没していることから，大寺地区での平均鉛直変位速度を1.8-2mm/年もしくはそれ以下と評価した．

このように断層運動に関連する変形は幅広いと予想されるが，内部に剪断をともなっていることもこれまでの調査から確認されている．今回の調査では，山形県が掘削した5つのトレンチのうち，壁面末端に断層が認められたトレンチに近接して掘削を行った（図8）．最初に，断層と砂礫層の変形構造の全体像を把握するために，山形県のトレンチ北西側に長さ14m，深さ4mのトレンチを掘削した（トレンチA）．断層確認後，最新活動時期を明確にするために，断層上端の切断・被覆関係を確認するための小規模なトレンチ（トレンチB）を南側に追加掘削した．

## (2) トレンチ壁面の地質

トレンチA, トレンチBともに厚い砂礫層を切る西傾斜西上がりの逆断層が露出した(図9, 図10)。トレンチ壁面に露出する地層はトレンチA, B間で対比を行った。さらに, 平成10年度に山形県が実施したトレンチ調査結果とも対比し, できる限り共通するユニット名を付した。ユニットは上位から, その層相や連続性, 年代値などからA-D層に区分し, さらに各々細分した。以下に上位層よりその特徴を記す。

A層は黒色-黒褐色の耕作土および表層土壌, 盛土である。トレンチA中央部の段差約1mは用地区画によるものであるが, トレンチ西端と東端のA層の厚さは同程度である。このことから, A層および現地地形面は, 用地整備前はB層の傾斜と同様に緩く東に傾斜していたとみられる。

B層はトレンチ下半部にみられる砂礫層を覆う厚い腐植層である。C層とは全体構造として傾斜不整合関係にある。特に南壁面でその関係が顕著に観察される。ただし, C層と整合的に見える部分もある(B3層)。B層は色調および組成からB1-B4層の4枚に区分される。B1層基底部には局所的に人為的な凹凸や溝の断面が観察された。B1層は約4000年前の腐植層である(表4, 試料0dA-N3)。土器・石器は出土していないものの, 縄文人の活動による可能性がある。B3層は黒色の細礫混じり腐植層で, 分布が断層周辺に限定される。ただし, トレンチBではB2層に傾斜不整合的に覆われる。ユニット上部もしくは頂面は, B1層同様, 人為的な改変によって平坦になっている部分や, 小規模な溝跡が認められる。トレンチA, トレンチBともにB3層は断層によって切られていることが確認された。

C層は主として変形した砂礫層からなる。一部比較的淘汰の良い粗粒砂層を含む。粒径と組成を考慮して, 砂礫層部分をC1b層, 層厚20-40cmの砂層部分をC1a層に区分した。C層主部であるC1b層は最大径30cmの礫を含み, 基質はシルト-粗粒砂, 亜円-亜角礫が主体の砂礫層である。礫種は, 凝灰岩礫, 泥岩礫がほとんどである。円磨度や淘汰の悪さから, 支流性の堆積物である可能性が高い。全体の層厚は1m程度である。C層は下盤側ではほぼ水平であるのに対し, 上盤側では顕著な撓曲構造(トレンチA南壁面)や断層沿いの引きずり構造(トレンチB北壁面)を示す。また, トレンチB西壁面では北東へ15-20°傾斜し, B0層以上の地層と明らかに傾斜が異なる。ただし, トレンチA北壁面ではB3層による擾乱の影響もあるが, 見かけ上著しい上方への湾曲はみられない。

トレンチA内には, C層下位に, 比較的連続する砂層(D1a層)と巨礫を含む砂礫層(D1b層)が互層状に露出した。C層とD層は整合関係にあり, 断層沿いの変形度も変わらない。D1a層は葉理の発達する細粒-中粒砂層であり, 北側壁面で厚く, 南側壁面では礫層中に挟まれる細粒-粗粒砂層となっている。砂層中には炭化物や植物片からなる薄層が一部

連続する。D1層中にはまれに斜交葉理も観察される。礫種、特に巨礫には白鷹山を後背地とする安山岩が多い。D1層堆積には近傍の須川による影響が大きいと考えられる。内部堆積構造を考慮すると、D層堆積時には堆積頂面はほぼ水平であったと推定される。

### (3)断層変形構造とイベント層準

トレンチA、トレンチBともに西に25°前後で傾斜する低角逆断層が確認された。一部に分岐や傾斜の変化も認められる。断層はB3層以下の地層に変位を与え、トレンチAではB1層に、トレンチBではB2層にそれぞれ覆われる。確認できる断層面沿いの変位量はトレンチA南壁面D1a層で約40cmである。ただし、上方に向かって変位量が徐々に変位量が小さくなり、C1a層の変位量は約10cmとなる。典型的な断層変位の上方せん滅化(Dieout up: Bonilla and Lienkaemper, 1991)を示す。

一方で、トレンチA南壁面では断層に切られる砂礫層(D1a, D1b, C1b層)の顕著な撓曲変形が上盤側で認められる。したがって、上記の断層沿いの変位は変形の一部にしかすぎない。トレンチA南壁面に露出するD1a層の西端と東端の比高差から、基盤の断層変位は鉛直2m以上であった可能性がある。北壁面では上盤側の撓曲変形は小さく、緩い傾動のみにとどまっているが、同様の上盤側の塑性変形はトレンチBでも確認できる。トレンチBでは断層上盤でC1a層がほぼ直立している。これは断層沿いの引きずり構造を示していると考えられ、変形様式はトレンチA南壁面と同じである。

断層に切断される複数の砂礫層ユニット間には変形の差は認められない。D層、C層内に認められるサブユニットの層理面・平行葉理・礫配列ともにトレンチAでは同様の撓曲構造を示す。D層内には2-4枚の腐植土化した細粒部分が挟まることから、サブユニット間の堆積間隙が推定されるが、明らかな変形差や不整合は認められない。したがって、これらの断層運動は一回の地震イベントで生じたものと考えられる。

以上のことから、当地点では唯一のイベント層準がB2層とB3層間に推定される。断層に切られる腐植層B3層の最古の年代値(試料0dA-N4)と、断層を覆うB2a層の最新の年代値(試料0dA-N1)から、地震発生時期は5460-4230 calyBPに制約される(図11)。

平成10年山形県トレンチでは、本稿トレンチBと同様の構造が記録されている(山形県, 2000)。ただし、当時のトレンチでは断層主部の露出が限られ、変形構造全体が把握されていなかった。そのため、断層運動に前後する地層のユニット区分が曖昧で、断層上端付近の多数の年代測定にもかかわらず、イベント年代の絞り込みに採用されていない。今回の調査で断層主部から上端の構造が明確になったことから、既存の年代測定値を再評価することが可能となった。その結果、地震発生時期はさらに5040-4230 calyBPに絞り込まれる(図11)。

なお、山形県(2000)では、トレンチおよびボーリング調査に基づく断面図(図12)

から傾斜不整合を考え、約9000年前に「ほぼ確実なイベント」、約13,000年前-10,000年前に「確実性の低いイベント」を推定している。しかし、D1a層からB3層堆積中には地震イベントや明瞭な不整合の痕跡は認められない。したがって、12180-5040 calyBPの約7000年間は少なくとも地表変位を伴う地震は発生しなかったと考えられる。これは、断層帯南部での活動間隔の最小値とみることでもできる。山形県報告書の年代値は暦年較正なしで報告されていることから1割程度古くなる可能性があり、後者のイベントの有無は否定できない。特に、図12の地質断面において、11,000年-15,000年前の地層の基底は鉛直変位が10m程度あり、最新活動以外の地震イベントが発生していた可能性はきわめて高い。これらのことから、大寺地区での山形盆地断層帯の活動間隔は、約7000年-10000年程度と考えられる。

### 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

山形盆地断層帯は、駒籠-横山断層、富並断層、高森山断層、湯野沢断層、寒河江-山辺断層、材木沢断層、上山断層（活断層研究会、1991）で構成される。今回の調査の結果、北部の大石田町横山地区と南部の山辺町大寺地区で異なる活動履歴が得られたことから、大地形および断層分布の連続性を考慮して、寒河江付近を境にして北部（駒籠-横山断層、富並断層、高森山断層、湯野沢断層）および南部（寒河江-山辺断層、材木沢断層、上山断層）に大きく区分されることが考えられる。なお、上山断層については、吉岡ほか（2005）では別起震断層とされている。

##### (2) 断層面の位置・形状

寒河江川以北の断層帯北部は、断層西側にそびえる鮮新世後期-更新世前期の安山岩からなる葉山を中心として、東に凸の弧状の分布を示す。さらに、中央部では幅約5kmにわたって複数の断層が並走し、逆向き低崖やマップスケールでのバルジで特徴づけられる。すなわち、地下浅部での分岐が疑われる。このような全体としての弧状形態や浅部分岐は、比較的低角の逆断層の証拠であり、中央部に集中する断層分岐は断層帯北部区間の中央部で変位量が大きくなることを示唆している。これに対して、寒河江市以南ではやや杉型に雁行する直線的な分布を示し、白鷹山から南北に細長く延びる山地地形と調和的に分布する。また、それぞれ上盤側（西側）の地質構造が影響し、北部では新庄複向斜、南部では白鷹複背斜に支配されている。南北の境界を胴切りする寒河江川も

この2つの隆起モードの谷間に発達したものとも考えることもできる。

### (3) 変位の向き

トレンチでの断層露頭や地形から、西側隆起の逆断層と考えられる。

## 3.2 断層帯の過去の活動

### (1) 平均変位速度

#### 断層帯北部

里集落地点でのC層上面の累積変位量は7-8mである(図5のCD-CD'間)。C層は約1万年前の堆積物であることから、トレンチ掘削から推定される範囲では上下変位速度は約0.7-0.8mm/年と推定される。スキー場地点での上下変位も考慮すると、断層帯北部の平均変位速度はさらに大きくなると考えられる。

#### 断層帯南部

直接的なデータは得られていない。

### (2) 活動時期

#### 断層帯北部

大石田町横山地区では、過去1万年間に西側断層線上のスキー場地点で4回、東側断層線上で3回の地震イベントが検出された。そのなかで、イベントSIとTI、すなわち両地点での最新活動時期のみ、イベント発生拘束幅が重なる(図7)。並走する2条の断層線上では、大地震時に少なくともどちらかに変位が生じる。したがって、過去約1万年間に7回もしくは6回の地震イベントが発生したことになる(表5、それぞれケース1、ケース2)。最新活動時期は、ケース1では1450-2816年前、ケース2では1586-2816年前となる。

#### 断層帯南部

山辺町大寺地区のトレンチから、断層の最新活動時期は5460-4230 calyBPと推定され、さらに既存のボーリング調査断面を考慮すると、5040-4230 calyBPに絞り込まれる。

### (3) 1回の変位量

#### 断層帯北部

里集落地点での上下変位量を3回分の変位量として、1回の変位量は約2-3mと求め

られる。

断層帯南部

直接的なデータは得られていない。

#### (4) 活動間隔

断層帯北部

最古のイベント(TIII)直前約1000年間(最短990年,最長1700年)と最新活動後の経過時間も間隔の1つとして考慮に入れると,平均活動間隔はケース1では約1400年,ケース2では約1500年と見積もられる。

断層帯南部

既存のボーリング調査断面を考慮すると,活動間隔は約7,000-10,000年程度と考えられる。

#### (5) 活動区間

少なくとも断層帯北部と断層帯南部の2区間に区分される。

(調査担当 遠田晋次)

## 文 献

- Bonilla, M. G., and Lienkaemper, J. J., 1991, Factors affecting the recognition of faults exposed in explatratory trenches, U.S. Geol. Surv. Bull., 1947, 54pp.
- 町田 洋・新井房夫, 2003, 新編火山灰アトラスー日本列島とその周辺, 東京大学出版会, 336pp .
- 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 .
- 今泉俊文・澤 祥・佐藤比呂志・松多信尚・越後智雄・丹羽俊二, 2001, 1:25,000都市圏活断層図「村山」, 国土地理院技術資料D・1-No. 388 .
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2002, 山形盆地断層帯の評価 .
- 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, 121pp .
- 八木浩司・今泉俊文・佐藤比呂志・後藤秀昭・松多信尚・越後智雄・丹羽俊二, 2001, 1:25,000都市圏活断層図「山形」, 国土地理院技術資料D・1-No. 388 .
- 山形県, 1998, 平成 9 年度地震関係基礎調査研究交付金山形県活断層調査成果報告書, 山形県, 158pp .
- 山形県, 1999, 平成10年度地震関係基礎調査研究交付金山形県活断層調査成果報告書, 山形県, 153pp .
- 山形県, 2000, 平成11年度地震関係基礎調査研究交付金山形県活断層調査成果報告書, 山形県, 193pp .

## 図 表

表1 山形盆地断層帯のまとめ

表2 大石田町横山地区スキー場地点トレンチにおける<sup>14</sup>C年代測定結果

表3 大石田町横山地区里集落地点トレンチにおける<sup>14</sup>C年代測定結果

表4 山辺町大寺地区トレンチにおける<sup>14</sup>C年代測定結果

表5 断層帯北部大石田町における活動履歴の解釈および平均活動間隔

図1 山形盆地断層帯および近傍の主要な活断層の分布（推本，2002に基づく）

太線は山形盆地断層帯の分布位置を示す．矢印は2ヶ所の補完掘削調査地点を示す．

図2 a) 山形盆地断層帯北部大石田町における断層崖の分布とトレンチ掘削地点（四角囲み）

国土地理院発行1/25,000地形図，海谷，尾花沢，延沢，富並を使用．b) 大石田町横山地区里山スキー場地点のトレンチの配置と測量図．c) 大石田町横山地区里集落地点のトレンチの配置と測量図．

図3 大石田町スキー場地点における東西模式地質断面

ラベルA～Gはユニット名，ユニット中の黒四角と付属した四角囲みは<sup>14</sup>C年代測定の試料番号と暦年較正年代値（1幅）を示す．断層および地層の変形はトレンチBのみに認められた．

図4 大石田町スキー場地点のトレンチ壁面スケッチ

aは北側壁面，bは南側壁面の反転．各地層中のラベルは細分されたユニット名を示す．ユニット上の黒四角は<sup>14</sup>C試料のサンプル地点を，それに付属した四角囲みは<sup>14</sup>C年代測定の試料番号と暦年較正年代値（1幅）をそれぞれ示す．灰色星印は縄文土器片出土地点，黒色星印は石器出土地点を表す．

図5 大石田町里集落地点における東西模式地質断面

ラベルA～Eはユニット名，No.5-7は対比確認のための簡易ボーリング柱状図を示す．  
CD，CD'は上盤側でのC層上面高度と下盤側での最深C層上面高度を示す．

図6 大石田町里集落地点のトレンチ壁面スケッチ

aはトレンチAの南側壁面，bはトレンチBの南側壁面，cはトレンチBの北側壁面の反転．  
各地層中のラベルは細分されたユニット名を示す．ユニット上の黒四角は<sup>14</sup>C試料のサ  
ンプル地点を，それに付属した四角囲みは<sup>14</sup>C年代測定の試料番号と暦年較正年代値  
(1幅)をそれぞれ示す．青実線は遺構底面を示す．

図7 断層帯北部大石田町における古地震イベントダイアグラム

a) スキー場地点での4回の地震イベント(SI, SII, SIII, SIV)．b) 里集落地点で  
の3回の地震イベント．縦実線はダイアグラム下部に示した各ユニット中の測定試料  
の暦年較正值(1幅)を表し，そのうち試料名を実線で囲んだものはイベント制約  
に関わるものを示す．灰色横バーは各古地震イベントの発生年代範囲を示す．

図8 a) 山形盆地断層帯南部山辺町における断層崖の分布とトレンチ掘削地点(四角囲  
み)

国土地理院発行1/25,000地形図，山形北部を使用．b) 山辺町大寺地点のトレンチの  
配置と測量図．

図9 山辺町大寺地点のトレンチA壁面スケッチ展開図

各地層中のラベルは細分されたユニット名を示す．ユニット上の黒四角は<sup>14</sup>C試料のサ  
ンプル地点を，それに付属した四角囲みは<sup>14</sup>C年代測定の試料番号と暦年較正年代値  
(1幅)をそれぞれ示す．赤実線は断層．

図10 山辺町大寺地点のトレンチB壁面スケッチ展開図

各地層中のラベルは細分されたユニット名を示す．ユニット上の黒四角は<sup>14</sup>C試料のサ  
ンプル地点を，それに付属した四角囲みは<sup>14</sup>C年代測定の試料番号と暦年較正年代値  
(1幅)をそれぞれ示す．赤実線は断層．

図11 断層帯南部山辺町における古地震イベントダイアグラム

縦実線はダイアグラム下部に示した各ユニット中の測定試料の暦年較正值（1 幅）を表し，そのうち試料名を実線で囲んだものはイベント制約に関わるものを示す．灰色横バーは古地震イベントの発生年代範囲を示す．破線より左側は今回のトレンチ調査によるイベント年代の拘束，右側は山形県トレンチの年代測定結果の再検討によるもの．

図12 山辺町大寺地点における推定模式地質断面図

山形県（2000）に加筆．ラベルodI～od VIは山形県（2000）によるユニット区分．

写真1 大石田町里山スキー場地点における断層崖とトレンチ壁面

写真2 大石田町里集落地点にみられる断層上盤側の背斜構造

表 1 山形盆地断層帯のまとめ.

	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	駒籠-横山断層, 富並断層, 高森山断層, 湯野沢断層, 寒河江-山辺断層, 材木沢断層, 上山断層	駒籠-横山断層, 富並断層, 高森山断層, 湯野沢断層(断層帯北部), 寒河江-山辺断層, 材木沢断層, 上山断層(断層帯南部)	
(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) 長さ 地下における断層面の位置・形状 上端の深さ 一般走向 傾斜 幅	(北端)北緯38° 39', 東経140° 20' (南端)北緯38° 08', 東経140° 16' 約60km 地表での長さ・位置と同じ 0km N10° E 西傾斜 不明	(北端)北緯38° 39', 東経140° 20' (南端)北緯38° 08', 東経140° 16' 約60km (北部:30km, 南部:30km) 地表での長さ・位置と同じ 0km N10° E 西傾斜 不明	変更なし 変更なし 変更なし 変更なし 変更なし
(3)断層のずれの向きと種類	西側隆起の逆断層	西側隆起の逆断層	変更なし
2. 断層の過去の活動 (1)平均的なずれの速度	概ね1-2m/千年(上下成分)	断層帯北部 約0.7-0.8m/千年以上(上下成分) 断層帯南部 不明	里集落地点で推定した値
(2)過去の活動時期	活動1(最新活動) 約6000年前以後 活動2(1つ前活動) 約7100年前以後, 約1500年前以前 活動3(2つ前活動) 約9300年前以後, 約7100年前以前 19世紀初頭以降にこの断層帯から発生したと考えられる被害地震は知られておらず, 最近約200年間は活動していないと考えられる.	断層帯北部(ケース1の場合) 活動1(最新活動) 約2800年前以後, 約1400年前以前 活動2(1つ前活動) 約3800年前以後, 約1600年前以前 活動3(2つ前活動) 約5000年前以後, 約4500年前以前 活動4(3つ前活動) 約5600年前以後, 約5400年前以前 活動5(4つ前活動) 約5900年前以後, 約5800年前以前 活動6(5つ前活動) 約6500年前以後, 約6000年前以前 活動7 約9600年前以後, 約8800年前以前 断層帯南部 活動1(最新活動) 約5100年前以後, 約4300年前以前 それ以前の約7000年間に活動はない.	ケース2の場合は, 活動1が約2800年前以後, 約1600年前以前, 活動2はケース1の活動3, 以下1つずつ繰り上げとなる.
(3)1回のずれの量と平均活動間隔 1回のずれの量 平均活動間隔	4-5m程度(上下成分) およそ3000年	断層帯北部:2-3m程度(上下成分) 断層帯南部:2-3m程度(上下成分) 断層帯北部:約1400-1500年 断層帯南部:約7000-10000年程度	里集落地点で推定した値 断層帯南部の長さ(30km)から推定
(4)過去の活動区間	断層帯全体で1区間	断層帯北部と断層帯南部の2区間に分かれて活動したことがある.	

表 2 大石田町横山地区スキー場地点トレンチにおける  $^{14}\text{C}$  年代測定結果.

Sample No.	Lab. No.	Unit	Material	$^{14}\text{C}$ age (1 $\sigma$ )	$\delta^{13}\text{C}$	Cal y.B.P (1 $\sigma$ )
YkA-S1	Beta-208991	-	organic sediment	4020 $\pm$ 50	-22.7	4780-4400
YkA-S9	Beta-210147	-	organic sediment	2600 $\pm$ 60	-23.2	2790-2500
YkB-N1	Beta-208992	A4a	organic sediment	3790 $\pm$ 50	-24.0	4350-3990
YkB-N2	Beta-208993	B4b	wood	5330 $\pm$ 60	-27.8	6280-5940
YkB-N3	Beta-209361	B1b	peat	4310 $\pm$ 50	-27.7	4970-4830
YkB-N4	Beta-209362	B2a	organic sediment	4660 $\pm$ 50	-26.1	5580-5300
YkB-N5	Beta-209363	B3b	wood	5080 $\pm$ 110	-28.0	6010-5600
YkB-N6	Beta-209364	C1a	organic sediment	5570 $\pm$ 50	-26.9	6440-6280
YkB-N7	Beta-210132	A4a	organic sediment	3820 $\pm$ 50	-26.4	4400-4080
YkB-N8	Beta-210133	B2a	organic sediment	4650 $\pm$ 60	-27.6	5580-5290
YkB-N9	Beta-210134	B3b	peat	4910 $\pm$ 50	-27.5	5730-5590
YkB-N10	Beta-210135	C1b	organic sediment	5750 $\pm$ 50	-26.5	6660-6420
YkB-N11	Beta-210136	C2a	peat	6120 $\pm$ 50	-26.0	7170-6860
YkB-N15	Beta-210137	A4a	organic sediment	2510 $\pm$ 60	-27.5	2760-2360
YkB-N16	Beta-210138	A4a	organic sediment	3140 $\pm$ 60	-26.9	3470-3230
YkB-N17	Beta-210139	A5a	organic sediment	3880 $\pm$ 60	-25.7	4440-4100
YkB-N18	Beta-210140	A5b	organic sediment	3980 $\pm$ 70	-26.0	4780-4240
YkB-N23 <sup>‡</sup>	Beta-210141	C4a	nutshell	6120 $\pm$ 40	-23.0	7160-6880
YkB-N24	Beta-210142	A1	organic sediment	1230 $\pm$ 60	-20.7	1280-990
YkB-N25	Beta-210143	A1	organic sediment	1630 $\pm$ 60	-24.4	1690-1390
YkB-N27	Beta-210148	B6	organic sediment	6930 $\pm$ 100	-23.1	7950-7590
YkB-N28	Beta-210149	C1b	organic sediment	6920 $\pm$ 100	-22.2	7950-7580
YkB-N29	Beta-210150	C1b	organic sediment	6000 $\pm$ 60	-24.9	6990-6680
YkB-S2	Beta-210144	B1e	organic sediment	4620 $\pm$ 50	-25.4	5470-5150
YkB-S2	Beta-210415	B1e	peat	4700 $\pm$ 60	-27.1	5590-5310
YkB-S4	Beta-210145	B3a	organic sediment	4830 $\pm$ 70	-28.6	5670-5340
YkB-S4	Beta-210416	B3a	peat	4880 $\pm$ 50	-29.0	5710-5490
YkB-S8	Beta-210146	A5b	organic sediment	4100 $\pm$ 50	-24.8	4820-4440
YkB-S9	Beta-210151	B6	organic sediment	7170 $\pm$ 80	-22.6	8160-7830

<sup>‡</sup>Sample analyzed by AMS method

表 3 大石田町横山地区里集落地点トレンチにおける  $^{14}\text{C}$  年代測定結果.

Sample No.	Lab. No.	Unit	Material	$^{14}\text{C}$ age ( $1\sigma$ )	$\delta^{13}\text{C}$	Cal y.B.P ( $1\sigma$ )
StA-S1	Beta-210054	A2b	organic sediment	3420 $\pm$ 60	-20.4	3720-3600
StA-S2	Beta-210055	B1a	organic sediment	5710 $\pm$ 60	-17.8	6560-6420
StA-S3	Beta-210056	E1	peat	9190 $\pm$ 80	-27.8	10480-10230
StA-S4	Beta-211781	A3c	charred material	4600 $\pm$ 50	25.2	5440-5300
StA-S6	Beta-211782	E1	organic sediment	9470 $\pm$ 120	-26.8	11070-10540
StA-S8	Beta-211783	D1	organic sediment	9040 $\pm$ 80	-28.1	10240-10170
StA-S9	Beta-211784	D1	organic sediment	9200 $\pm$ 60	-26.9	10430-10240
StA-S12	Beta-211785	A1a	organic sediment	1700 $\pm$ 70	-19.7	1700-1530
StA-S13	Beta-211786	B1a	organic sediment	5160 $\pm$ 50	-19.1	5940-5900
StB-N8	Beta-211787	B1a	organic sediment	4970 $\pm$ 70	-23.0	5850-5610
StB-N9	Beta-211788	B1a	organic sediment	5560 $\pm$ 70	-17.8	6410-6290
StB-N12 <sup>‡</sup>	Beta-211790	A2a	organic sediment	3980 $\pm$ 40	-23.4	4510-4410
StB-N13	Beta-211791	A3a	organic sediment	5070 $\pm$ 90	-24.8	5920-5710
StB-N14	Beta-211792	A4a	organic sediment	5140 $\pm$ 110	-20.9	5990-5740
StB-N15	Beta-211793	B1a	organic sediment	5370 $\pm$ 80	-21.0	6280-6010
StB-N19	Beta-211794	C1a	organic sediment	8430 $\pm$ 50	-23.4	9500-9440
StB-N21	Beta-211795	D1	organic sediment	9340 $\pm$ 60	-28.1	10590-10490
StB-N23 <sup>‡</sup>	Beta-211796	B4a	organic sediment	8010 $\pm$ 40	-28.0	9000-8790
StB-S1	Beta-211797	C	wood	8900 $\pm$ 50	-30.6	10170-9920

<sup>‡</sup>Sample analyzed by AMS method

表 4 山辺町大寺地区トレンチにおける  $^{14}\text{C}$  年代測定結果.

Sample No.	Lab. No.	Unit	Material	$^{14}\text{C}$ age ( $1\sigma$ )	$\delta^{13}\text{C}$	Cal y.B.P ( $1\sigma$ )
OdA-S1	Beta-213794	B3	organic sediment	7440 $\pm$ 60	-19.4	8340-8180
OdA-W1	Beta-210662	D1a	organic sediment	10570 $\pm$ 120	-25.9	12910-12180
OdA-W2	Beta-210663	D1a	peat	9740 $\pm$ 80	-23.7	11210-11130
OdA-W3	Beta-211046	D1a	organic sediment	10490 $\pm$ 40	-24.0	12820-12180
OdB-N1	Beta-210665	B2a	organic sediment	3880 $\pm$ 60	-20.5	4410-4230
OdB-N2	Beta-210664	B3	organic sediment	7230 $\pm$ 70	-19.7	8140-7960
OdB-N3	Beta-211047	B1	organic sediment	3720 $\pm$ 40	-20.0	4140-3990
OdB-N4	Beta-211048	B3	organic sediment	4660 $\pm$ 40	-19.6	5460-5320
OT1-S2 <sup>†</sup>	Beta-124859	B2	organic sediment	3480 $\pm$ 60	-20.4	3840-3670
OT1-S3 <sup>†</sup>	Beta-124860	B2	organic sediment	3890 $\pm$ 50	-20.1	4410-4240
OT1-S4 <sup>†</sup>	Beta-124861	B3	organic sediment	4400 $\pm$ 50	-19.6	5040-4870
OT1-S5 <sup>†</sup>	Beta-124862	B3	organic sediment	6550 $\pm$ 90	-20.2	7550-7410

<sup>†</sup>Sample yielded from the trench excavated by Yamagata Prefecture in 1998

表 5 断層帯北部大石田町における活動履歴の解釈および平均活動間隔.

Interpretation	Event					Intervals		
	Location	No.	Sequence	Younger bound (Calib.y.B.P.)	Older bound (Calib.y.B.P.)	Shortest (Year)	Longest (Year)	Average $\pm$ S.D. (Year)
Case 1 <sup>†</sup>	Ski area	SI	1/2	1390	2760	1446	2816	1400 $\pm$ 1180
	Sato	TI	2/1	1530	3720	0	2330	
	Ski area	SII	3	4440	4970	720	3440	
	Ski area	SIII	4	5300	5580	330	1140	
	Sato	TII	5	5740	5870	160	570	
	Ski area	SIV	6	5940	6440	70	700	
	Sato	TIII	7	8790	9500	2350	3560	
						990	1700	
Case 2 <sup>‡</sup>	Ski area + Sato	SI + TI	1	1530	2760	1586	2816	1500 $\pm$ 1170
	Ski area	SII	2	4440	4970	1680	3440	
	Ski area	SIII	3	5300	5580	330	1140	
	Sato	TII	4	5740	5870	160	570	
	Ski area	SIV	5	5940	6440	70	700	
	Sato	TIII	6	8790	9500	2350	3560	
						990	1700	

<sup>†</sup>A case in which SI and TI are different events.

<sup>‡</sup>The other case in which SI and TI are an identical event.

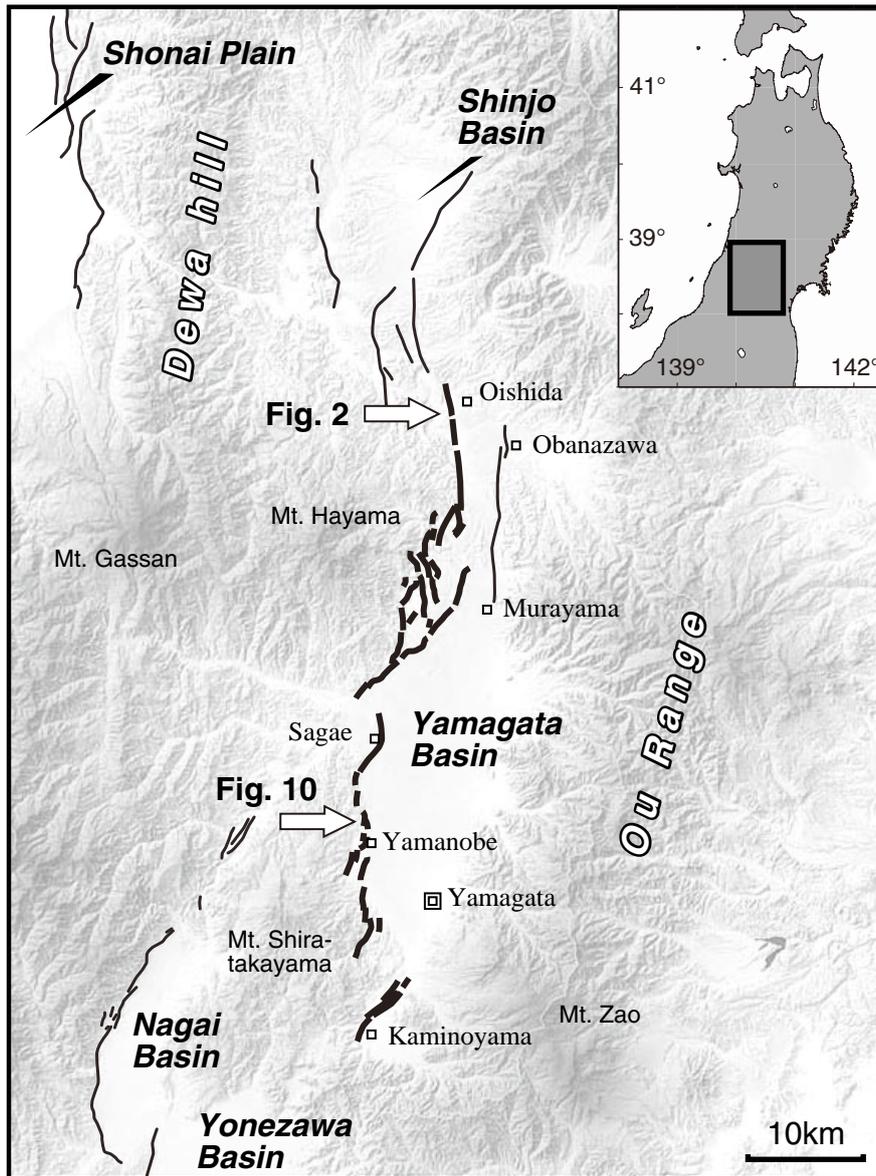


図1 山形盆地断層帯および近傍の主要な活断層の分布（推本，2002に基づく）。太線は山形盆地断層帯の分布位置を示す。矢印は2ヶ所の補完掘削調査地点を示す。

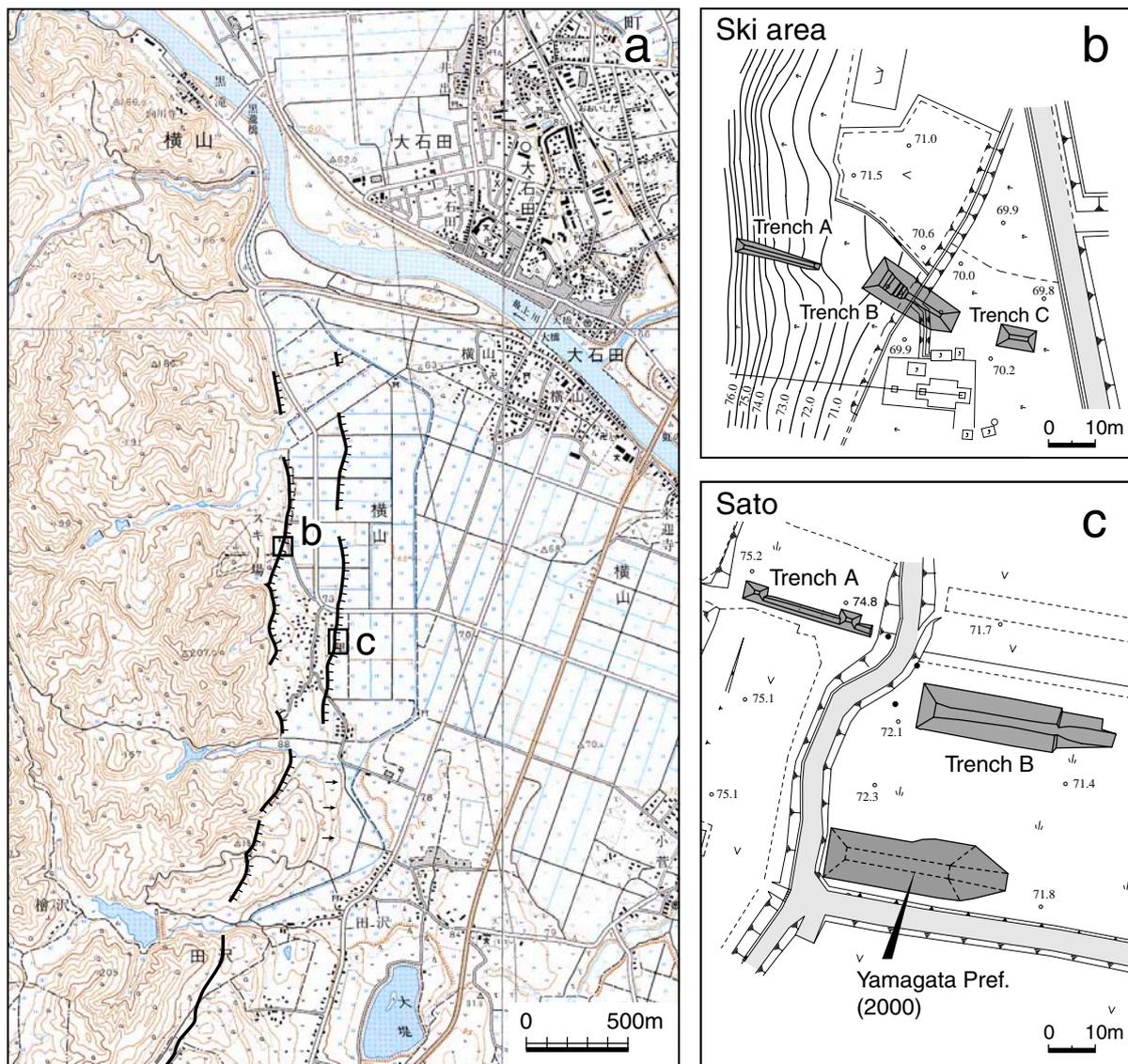


図2 a) 山形盆地断層帯北部大石田町における断層崖の分布とトレンチ掘削地点（四角囲み）。国土地理院発行 1/25,000 地形図，海谷，尾花沢，延沢，富並を使用。b) 大石田町横山地区里山スキー場地点のトレンチの配置と測量図。c) 大石田町横山地区里集落地点のトレンチの配置と測量図。

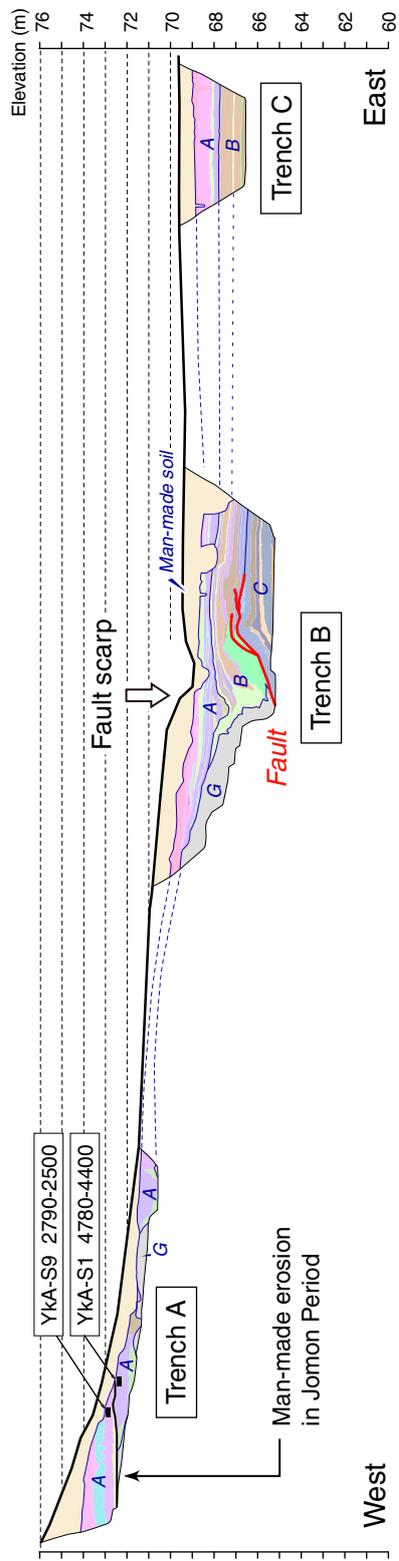


図3 大石田町スキ一場地点における東西模式地質断面。ラベルA~Gはユニット名、ユニット中の黒四角と付属した四角囲みは<sup>14</sup>C年代測定を試料番号と暦年較正年代値(1σ幅)を示す。断層および地層の変形はトレンチBのみに認められた。

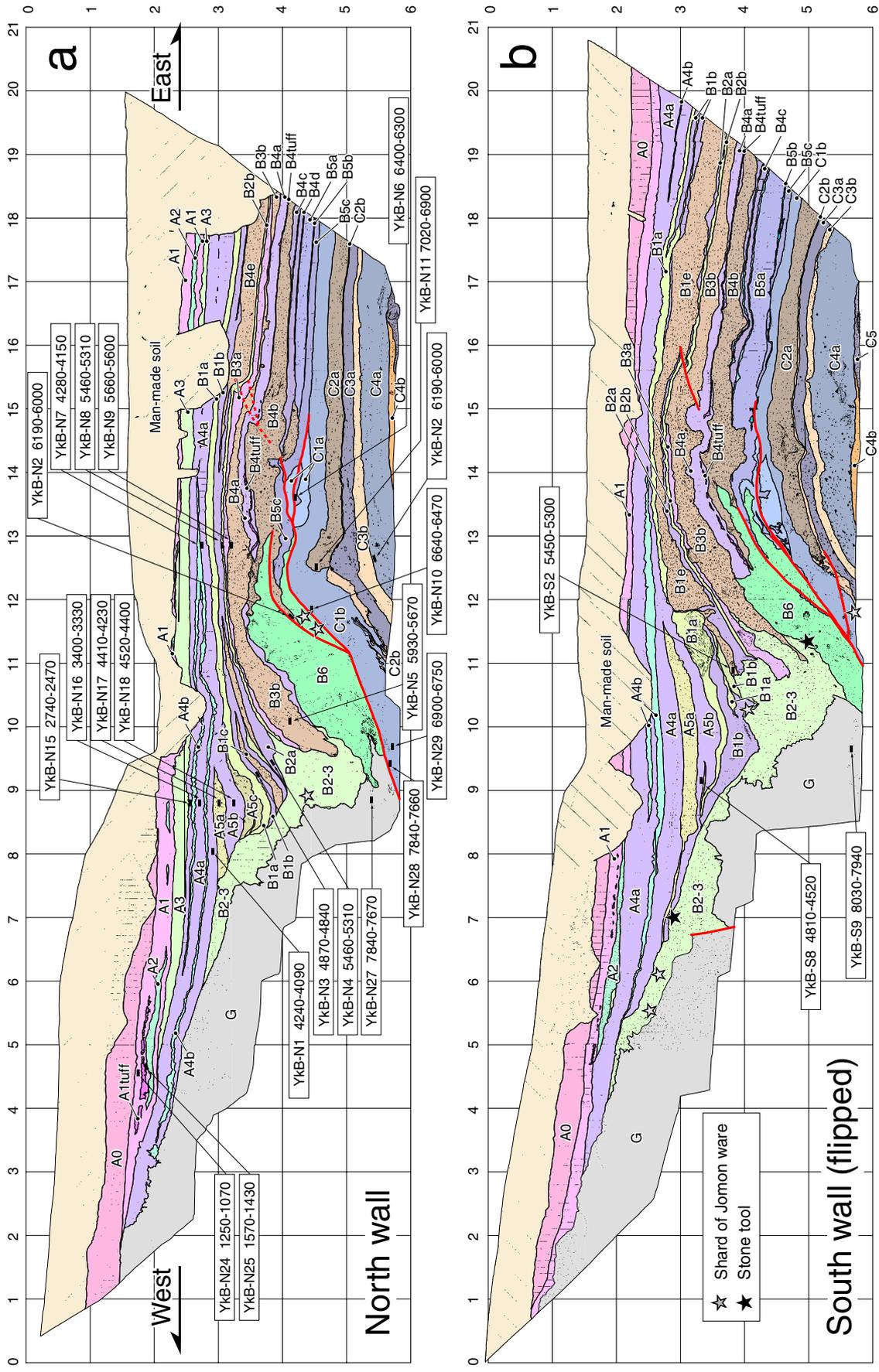


図4 大石町スキーマ場地点のトレンチ壁面スケッチ。aは北側壁面、bは南側壁面の反転。各地層中のラベルは細分されたユニット名を示す。ユニット上の黒四角は<sup>14</sup>C試料のサンプル地点を、それに付属した四角囲みは<sup>14</sup>C年代測定の日付番号と暦年較正年代値(1σ幅)をそれぞれ示す。灰色星印は縄文土器片出土地点、黒色星印は石器出土地点を表す。

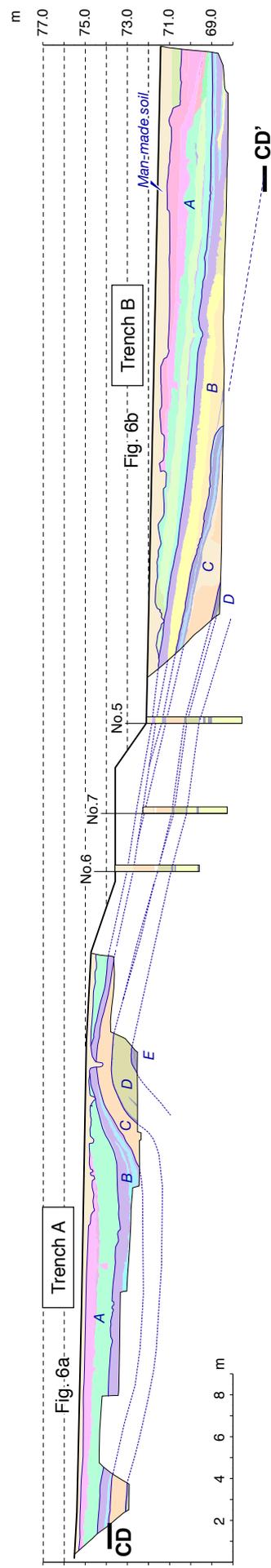


図5 大石田町里集落地点における東西模式地質断面。ラベルA～Eはユニット名，No.5-7は対比確認のための簡易ボーリング柱状図を示す。CD, CD'は上盤側でのC層上面高度と下盤側での最深C層上面高度を示す。

South wall in trench A

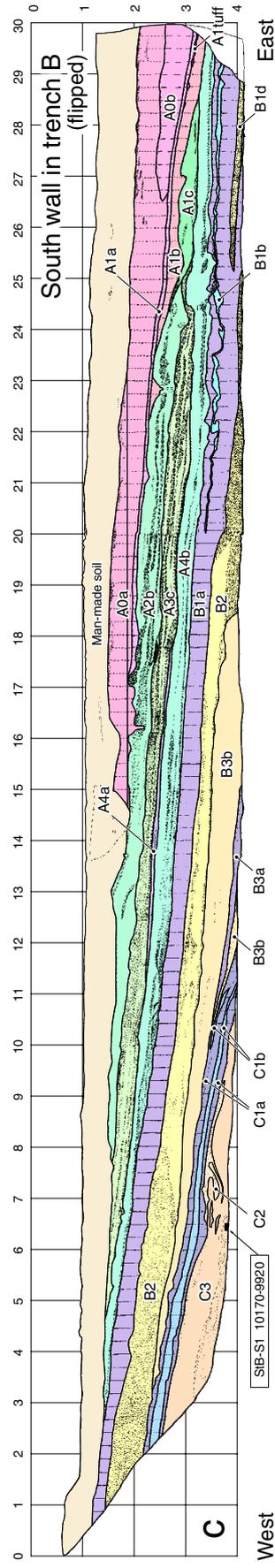
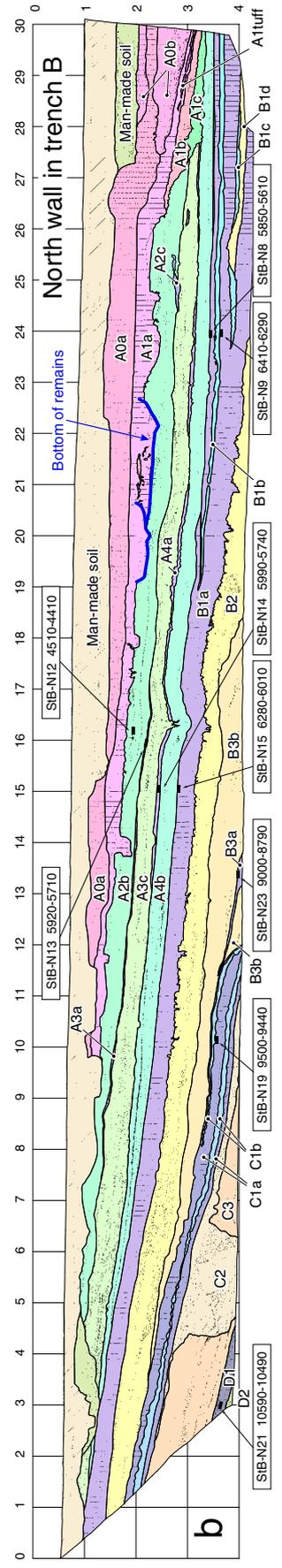
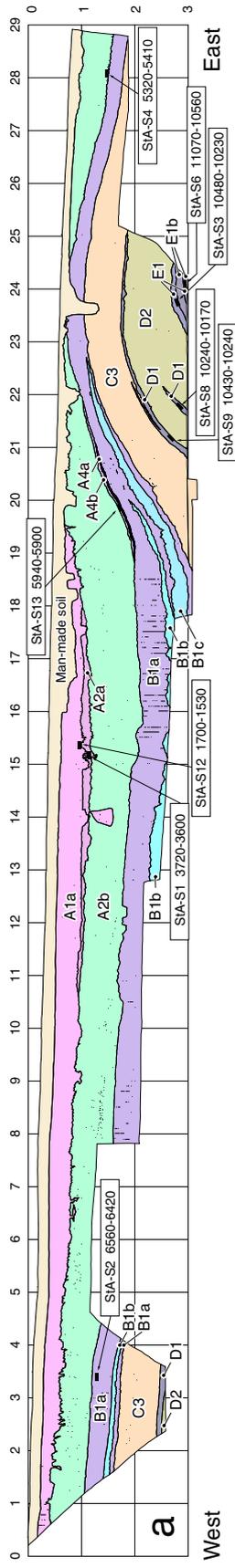


図6 大石田町里集落地点のトレンチ壁面スケッチ。aはトレンチAの南側壁面、bはトレンチBの南側壁面、cはトレンチBの北側壁面の反転。各地層中のラベルは細分されたユニット名を示す。ユニット上の黒四角は<sup>14</sup>C試料のサンプル地点を、それに付属した四角囲みは<sup>14</sup>C年代測定の日付と暦年較正年代値(1σ幅)を示す。青実線は遺構底面を示す。

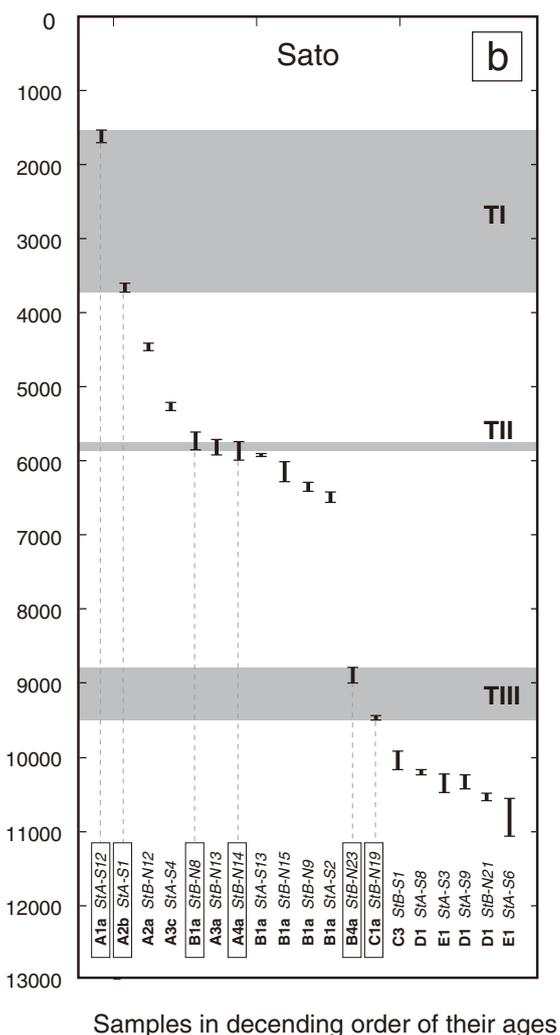
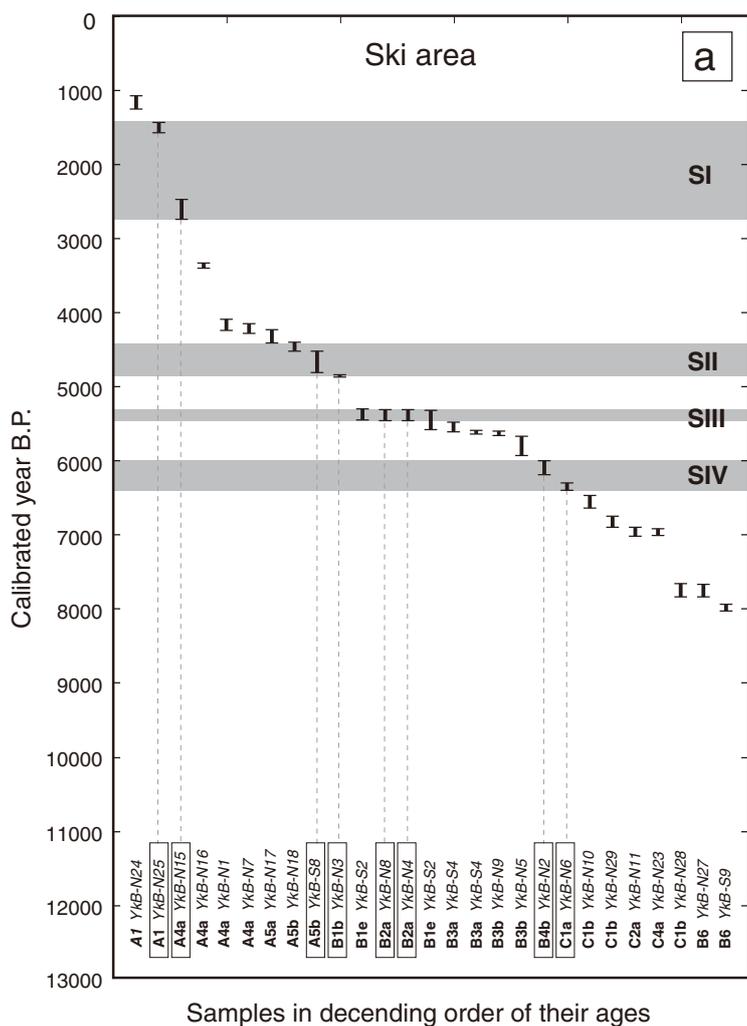


図7 断層帯北部大石田町における古地震イベントダイアグラム。a) スキー場地点での4回の地震イベント(SI, SII, SIII, SIV)。b) 里集落地点での3回の地震イベント。縦実線はダイアグラム下部に示した各ユニット中の測定試料の暦年較正值(1σ幅)を表し、そのうち試料名を実線で囲んだものはイベント制約に関わるものを示す。灰色横バーは各古地震イベントの発生年代範囲を示す。

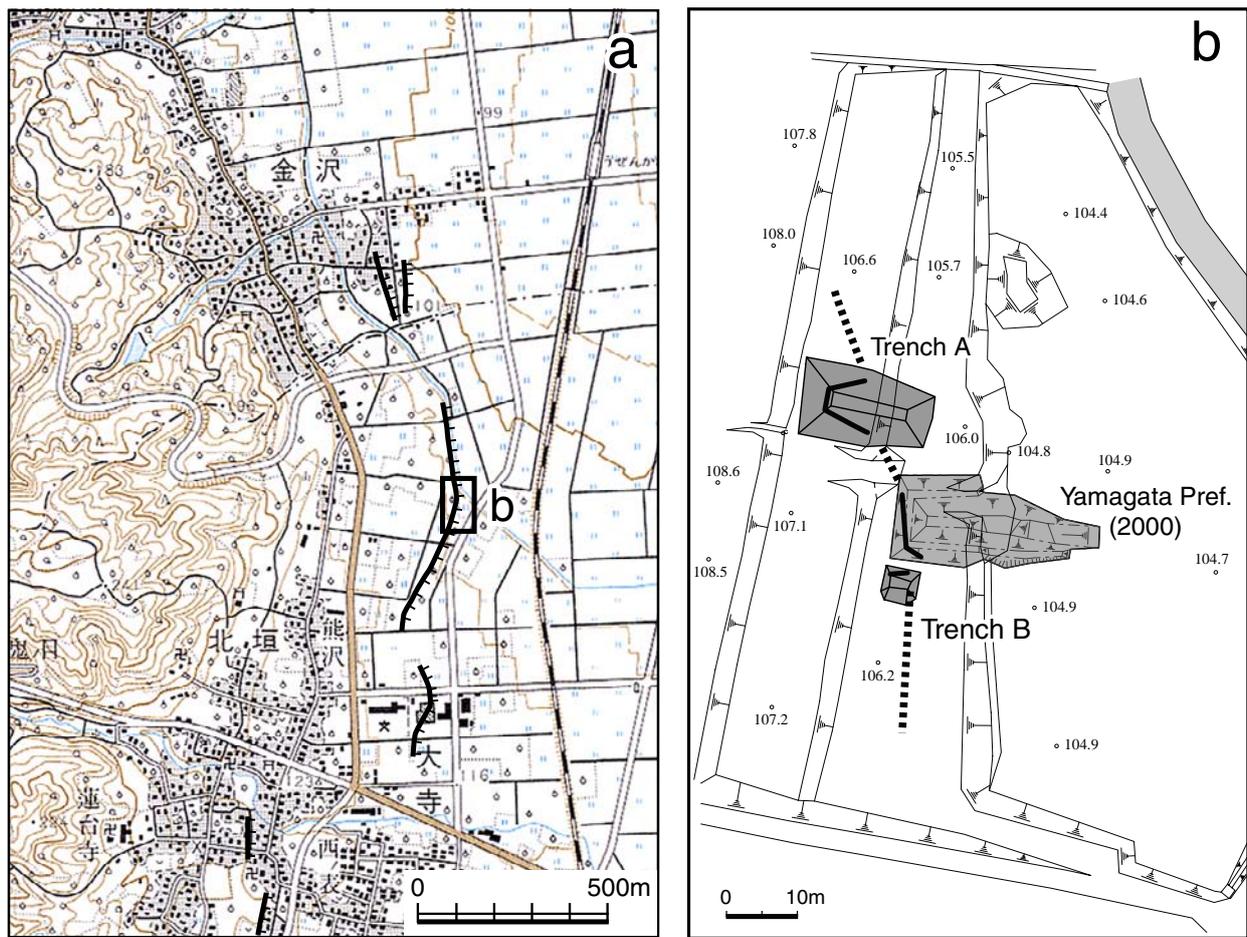


図8 a) 山形盆地断層帯南部山辺町における断層崖の分布とトレンチ掘削地点(四角囲み)。国土地理院発行1/25,000地形図, 山形北部を使用。b) 山辺町大寺地点のトレンチの配置と測量図。

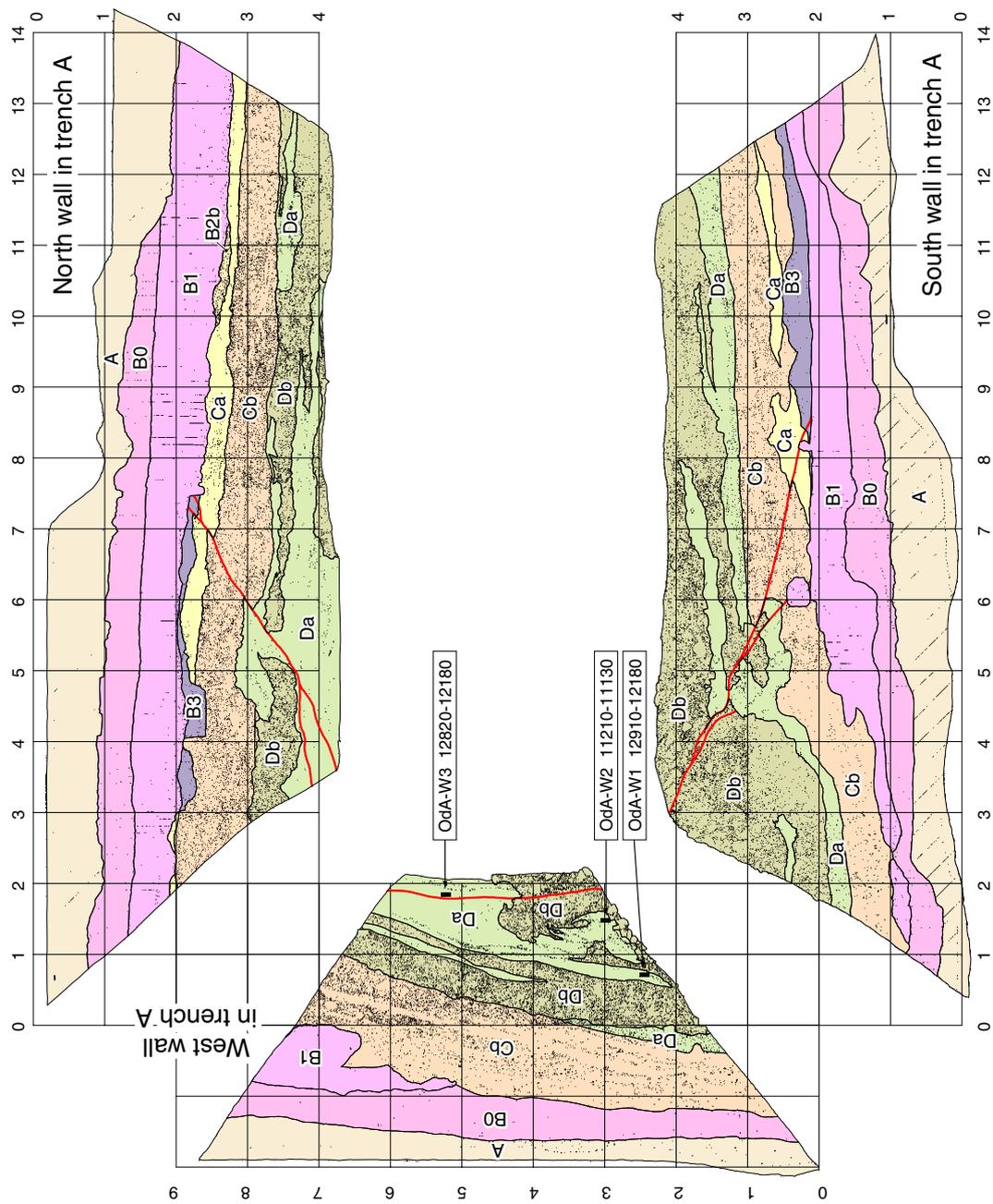


図9 山辺町大寺地点のトレンチ A 壁面スケッチ展開図。各地層中のラベルは細分されたユニット名を示す。ユニット上の黒四角は  $^{14}\text{C}$  試料のサンプル地点を、それに付属した四角囲みは  $^{14}\text{C}$  年代測定試料番号と暦年較正年代値 (1 $\sigma$ 幅) をそれぞれ示す。赤実線は断層。

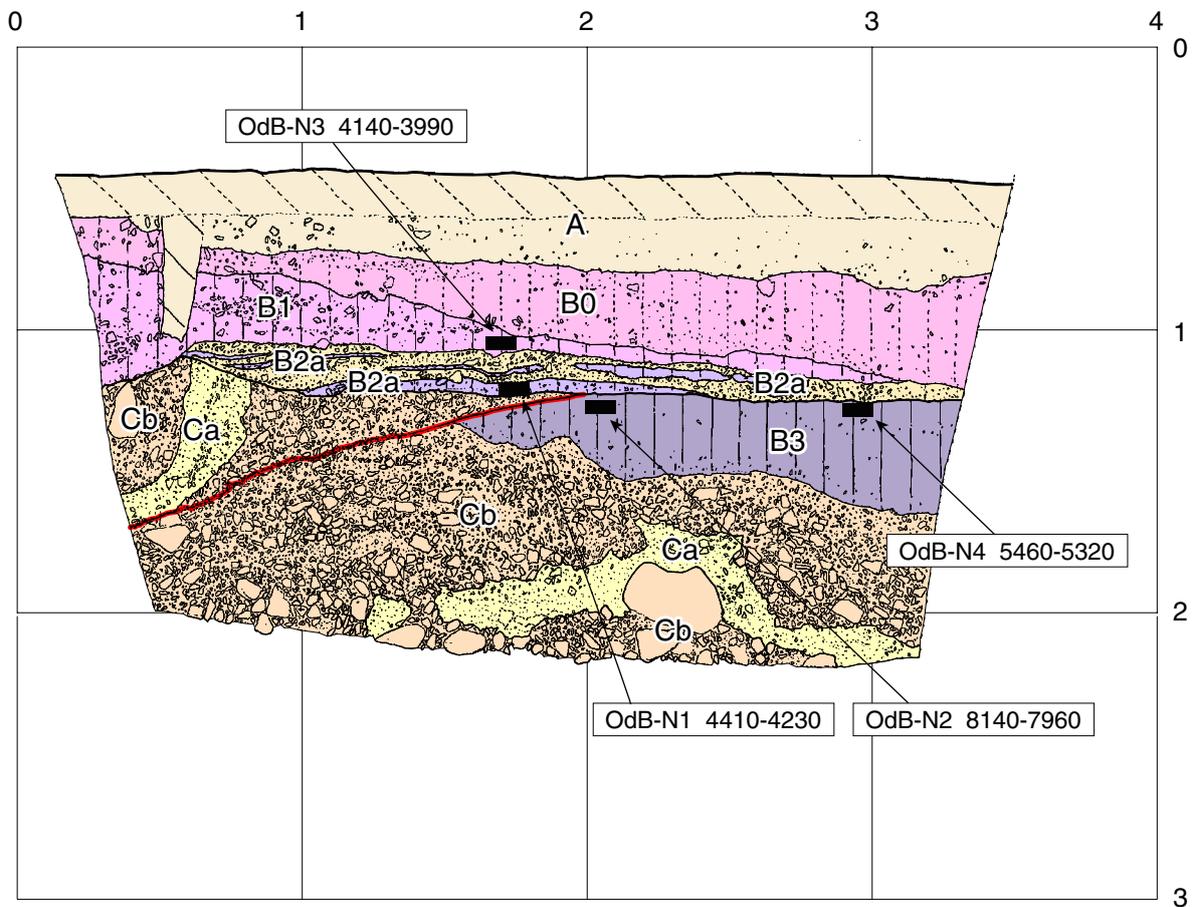


図 10 山辺町大寺地点のトレンチ B 壁面スケッチ展開図。各地層中のラベルは細分されたユニット名を示す。ユニット上の黒四角は<sup>14</sup>C 試料のサンプル地点を、それに付属した四角囲みは<sup>14</sup>C 年代測定の試料番号と暦年較正年代値（1σ 幅）をそれぞれ示す。赤実線は断層。

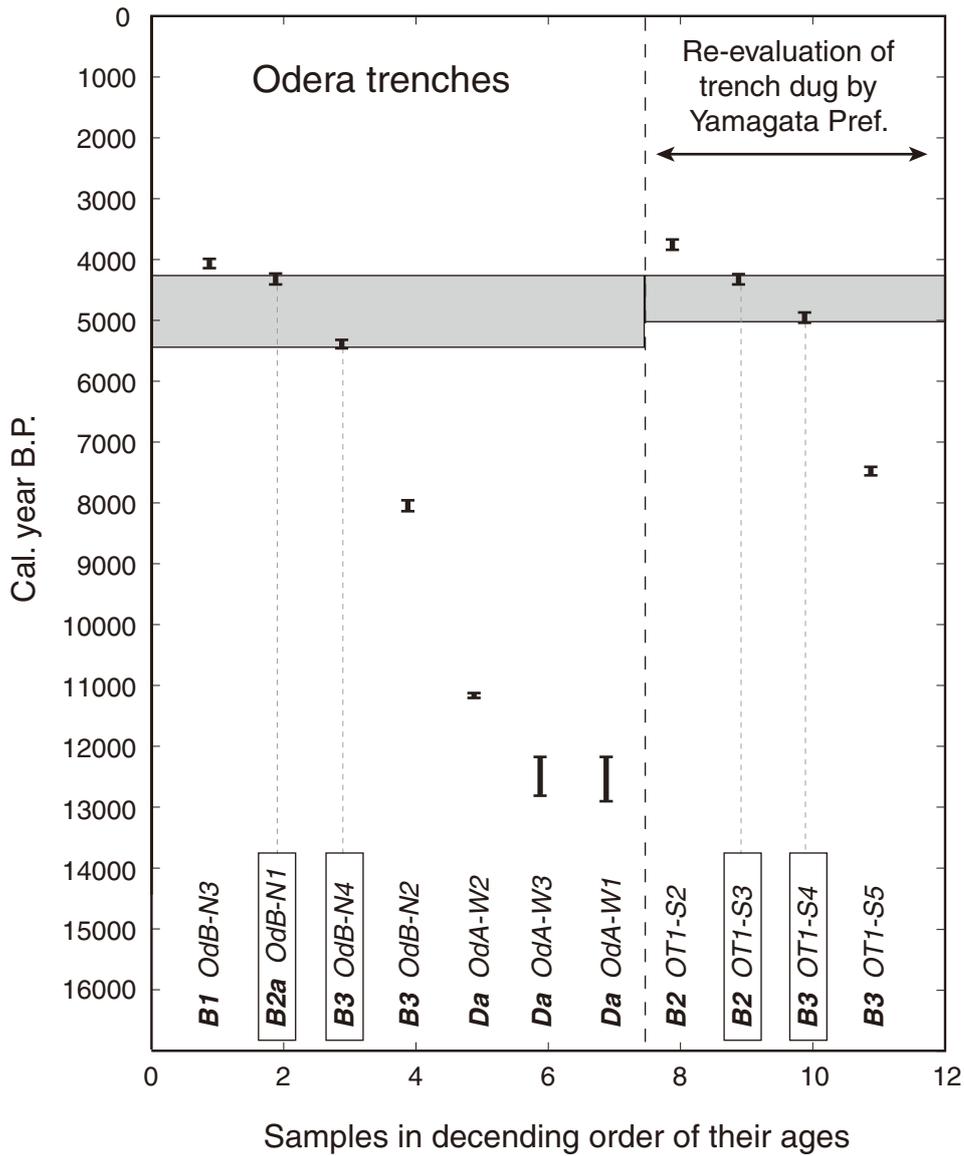


図 11 断層帯南部山辺町における古地震イベントダイアグラム。縦実線はダイアグラム下部に示した各ユニット中の測定試料の暦年較正值（1 $\sigma$ 幅）を表し、そのうち試料名を実線で囲んだものはイベント制約に関わるものを示す。灰色横バーは古地震イベントの発生年代範囲を示す。破線より左側は今回のトレンチ調査によるイベント年代の拘束、右側は山形県トレンチの年代測定結果の再検討によるもの。

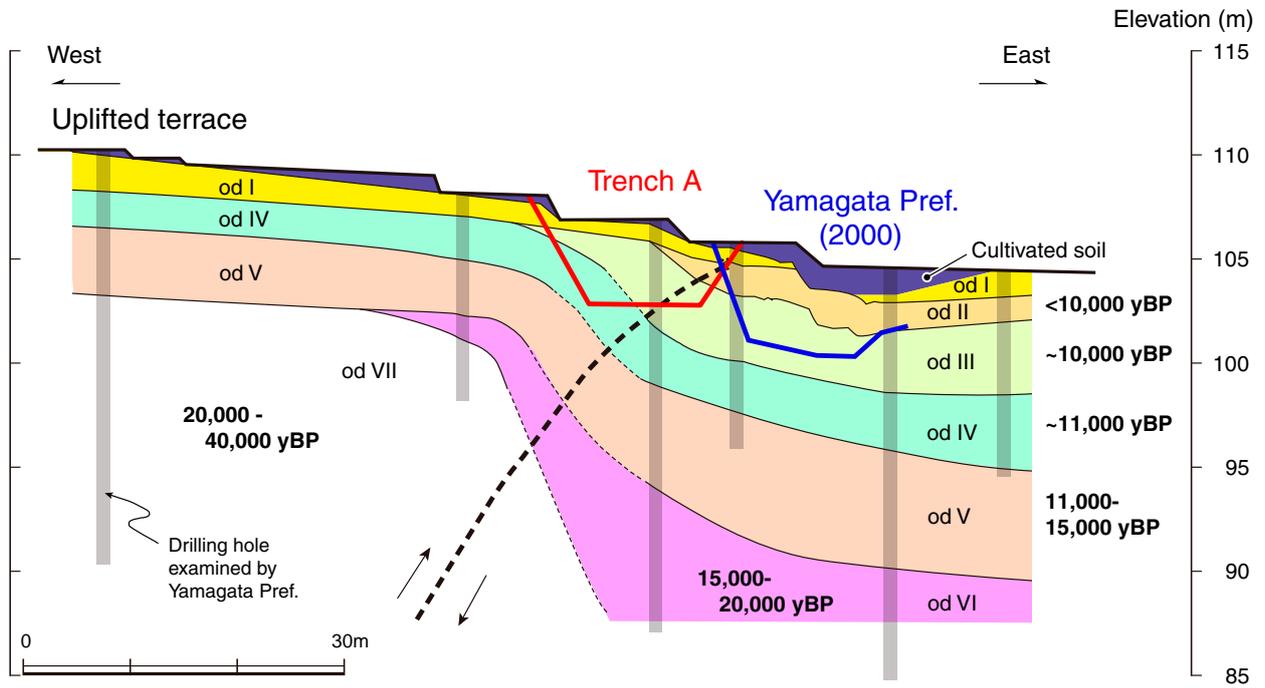


図 12 山辺町大寺地点における推定模式地質断面図. 山形県 (2000) に加筆.  
ラベル odI~od VI は山形県 (2000) によるユニット区分.



写真1 大石田町里山スキー場地点における断層崖とトレンチ壁面.



写真2 大石田町里集落地点にみられる断層上盤側の背斜構造.