

牛首断層南西部地域の活動履歴調査 (3) - 牛首・水無トレンチ調査結果 -

Paleoseismological study of the southwestern part of the Ushikubi fault on Toyama/Gifu prefectural border (3) - Trench excavation surveys at Ushikubi and Mizunashi sites -

宮下由香里¹・吉岡敏和²・桑原拓一郎³・斉藤 勝⁴
小林健太⁵・苅谷愛彦⁶・藤田浩司⁷・千葉達朗⁸

Yukari Miyashita¹, Toshikazu Yoshioka², Takuichiro Kuwabara³, Masaru Saitoh⁴,
Kenta Kobayashi⁵, Yoshihiko Kariya⁶, Koji Fujita⁷ and Tatsuro Chiba⁸

^{1,2} 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ, AIST, yukari-miyashita@aist.go.jp, yoshioka-t@aist.go.jp)

³ 東京都立大学 (Tokyo Metropolitan University, t-kuwa@comp.metro-u.ac.jp)

⁴ 株式会社ダイヤコンサルタント (Dia Consultants Co., Ltd., M.Saitoh@diaconsultant.co.jp)

⁵ 新潟大学 (Niigata University, kenkoba@gs.niigata-u.ac.jp)

⁶ 千葉大学 (Chiba University, ykariya@earth.s.chiba-u.ac.jp)

^{7,8} アジア航測株式会社 (Asia Air Survey Co., Ltd., kf.fujita@ajiko.co.jp, ta.chiba@ajiko.co.jp)

Abstract: Based on trenching surveys in Shirakawa Village and Toga Village, we identified three faulting events on the southwestern part of the 60-km-long NE-trending Ushikubi fault, northern Central Japan. It was made clear that the latest event occurred about 1,000 years ago and the penultimate event occurred about 3,400-5,500 years ago. From these event ages, the recurrence interval is estimated as 2,400-4,500 years.

キーワード: 活断層, 古地震学, 牛首断層, 富山県, 岐阜県, トレンチ調査

Keywords: active fault, paleoseismology, Ushikubi fault, Toyama Prefecture, Gifu Prefecture, trenching survey

1. はじめに

牛首断層は、岐阜県大野郡白川村から富山県中新川郡立山町に至る、長さ約 60 km の右横ずれ断層である。南側には約 10 km の間隔をおいて、跡津川断層が並走する。また、牛首断層の金剛堂谷以北から東北東に万波峠断層が分岐し、走向延長方向に約 10 km のギャップを挟んで茂住祐延断層が分布する (第 1 図)。牛首断層の西端は NNW-SSE 方向に伸びる御母衣断層系によって断たれる。東端は立山町小見付近で地形的に不明瞭となるが、常願寺川に沿って走向延長方向に約 7 km のギャップを経て、早乙女岳断層が分布している (活断層研究会編, 1991)。巨視的に見ると、跡津川断層系を構成するこれらの右横ずれ断層は、御母衣断層や阿寺断層等の左横ずれ断層と共役関係にある。

牛首断層についての研究は、野沢ほか (1975)、野沢 (1978)、藤井・竹村 (1979) 等があるが、いずれも大局的な運動方向や活断層露頭について述べたに

止まっている。活断層としての活動履歴については、竹村・藤井 (1984) により、「活動度は A 級で、更新世末期以降に北西上がりの断層活動が数回起こった」と推定されているのみである。

そこで、活断層研究センターでは、最新活動時期をはじめとする牛首断層の活動履歴の解明を目的として、2002 年度 (平成 14 年度) より同断層の活動履歴調査を実施してきた (宮下ほか, 2003a, b)。同年に、断層南西部に位置する牛首および水無両地点でのトレンチ掘削調査に着手したが、降雪のため中断した。本稿では、2003 年に再開した両地点におけるトレンチ調査の結果を報告する。

2. トレンチ調査地点の概要

牛首トレンチ掘削地点は、岐阜県大野郡白川村の牛首谷最上流部左岸にあり、牛首峠より 1.5 km 南西に位置する (第 1 図)。段丘面上に、南落ち比高 2~5 m の逆向き低断層崖が、左雁行しながら、全体と

してはN80°E方向に約70 m連続する。断層崖の基部には深さ1 m程度の地溝が発達している。トレンチは、段丘面の東端近くに位置する、断層の左ステップによると推定されるバルジ状の高まりの両端で掘削した。東側のトレンチを牛首Aトレンチ、西側のものを牛首Bトレンチと呼ぶ(第2図)。

水無トレンチ地点は、富山県婦負郡利賀村の利賀川最上流部、利賀ダム南側湖岸に位置する(第1図)。竹村・藤井(1984)の地点4にあたる。段丘面上には、南落ち比高3~6 mの逆向き低断層崖がN55°E方向に約50 m連続する。トレンチはこの断層崖のほぼ中央で掘削した(第3図)。

なお、牛首・水無両地点の位置および周辺の地形の詳細については、宮下ほか(2003b)を参照された。

3. トレンチ壁面の観察結果

牛首A, Bおよび水無トレンチ壁面の写真と各地層の¹⁴C年代を示したスケッチを、第4図~第8図に示す。また、¹⁴C年代測定結果を第1表~第3表に示す。トレンチ壁面から採取した試料の¹⁴C年代測定は、すべて(株)地球科学研究所を通じて、Beta Analytic社に依頼した。以下の記載では、とくに断りが無い限り、1σの暦年較正值(cal yBP)を用いる。記載は、牛首断層の南西端から、牛首Bトレンチ、牛首Aトレンチ、水無トレンチの順とする。

3.1 層相の記載

(1) 牛首Bトレンチ

トレンチの東西両壁面において、幅約2 mの断層帯が認められた。断層帯は、上方に向かって分岐し発散するフラワー状構造を呈する。周辺の地形や壁面における地層の分布形態等から、横ずれ成分が卓越すると推定される。

トレンチ壁面に現れた地層を、上位より、1~5層に、また、断層帯中に分布し、大きく変形を被っている地層をf層とした(第4図、第5図、第1表)。

1層はトレンチ表層に分布する腐植質シルト層および砂礫層を主体とする。層相の違いにより、1a~1d層に細分した。

1a層は黒~黒褐色を呈する細礫混じり腐植質土壌からなる表土層である。層厚は20~40 cm程度である。西面のグリッド横軸4.0~4.6 m付近では、現地表面の凹地の形状とほぼ平行に細礫が配列する堆積構造が認められる。本層からは、280~0 cal yBPおよび420~290 cal yBPの¹⁴C年代が得られた。

1b層は西面の横軸2.5~3.7 mに分布する褐色の砂礫層である。層厚は20~30 cmである。礫径は10 cm前後のものが多く、基質は粗~細粒砂からなる。礫は定向配列を持たず、基質の固結度が低いこと、現在の斜面とほぼ平行な分布を示すこと等から、全

体が崩積性の堆積物であると判断した。本層からは、520~490 cal yBPおよび680~660 cal yBPの¹⁴C年代が得られた。

1c層は西面の低断層崖基部の凹地を埋積する腐植質土壌~腐植質シルト層である。層厚は最大で40 cm程度である。凹地の形状に沿うように、シルト層の挟みや細礫の配列からなる堆積構造が認められる。本層からは、690~660 cal yBPおよび1,300~1,260 cal yBPの¹⁴C年代が得られた。

1d層は西面の横軸3.1~3.8 mに分布する灰褐色の砂礫層である。最頻礫径は5 cm以下で、基質は粗~細粒砂からなる。礫径、基質の粒度ともに1b層より小さい。礫は本層全体の傾斜とほぼ平行に配列している。基底部では酸化鉄の沈着によると思われる赤褐色を呈する。下位の4b'層を削り込んでおり、上位の1b層には不整合に覆われる。本層は、後述するf2断層を覆うが、f3断層には切られる。

2層は1a層の下位に分布する砂層、砂礫層および腐植質シルト層である。層相の違いにより、2a~2d層に細分した。

2a層は西面では横軸0.5~2.5 m、東面では横軸0.3~5.4 mに分布する細~中粒砂層である。層厚は30~40 cm程度である。灰~暗灰色を呈し、固結度は低い。部分的に最大径20 cm、最頻径5~10 cmの亜角礫を含む。

2b層は東面の横軸3.3~5.2 mにおいて、下に向かって凸型に分布する砂礫層である。中央付近の最大層厚は約70 cmである。3~15 cmの亜角~亜円礫を含み、淘汰は悪い。基質は細粒砂~シルトからなる。黄褐色を呈し、固結度は低い。塊状でラミナや礫の配列等の内部構造は認められない。

2c層は東面の横軸2.5~3.5 mに分布する腐植質シルト層である。層厚は20~30 cmである。f2断層の南側では、断層活動による著しい変形を被っており、見かけ上f2断層沿いに南側に引きずり込まれる形態を示す。本層からは、1,250~1,160 cal yBPから1,290~1,250 cal yBPの範囲に集中した¹⁴C年代が得られた。

2d層は東面の横軸3.5~3.7 m付近、2c層の引きずりの延長上に断層面にレンズ状に挟まれて分布する腐植質シルト層である。2c層に比べると、腐植分はかなり少ないが、肉眼で他の地層と区分できる程度には腐植分を含む。本層からは、2,740~2,510 cal yBPの¹⁴C年代が得られた。

3層は東面の低断層崖側および北面に分布する砂礫層である。露出している最大層厚は、東面で約30 cmである。下位の4層を削り込んでおり、上位の2a層には不整合で覆われる。3~20 cmの亜角~亜円礫を含む。基質は粗~細粒砂からなり、大部分は基質支持相を示す。また、本層下部には細粒砂を主体とする部分が存在する。

4層は段丘を構成すると考えられる礫層である。

層相の違いにより、4a層と4b層の2層に細分した。

4a層は灰～黄灰色を呈する砂礫層である。層厚は60～150 cmである。最大径30 cm、最頻径1～10 cmの礫を含む。基質は細粒砂からなる。西面の低断層崖側における砂層の傾斜は、現在の地表面とほぼ同じ20°Sを示す。

4b層は灰褐～暗灰褐色を呈する砂礫層である。層厚は120～150 cmである。最頻径3～15 cmの礫を含み、礫支持相を示す。基質は粗粒砂からなる。断層帯の南側における砂層の傾斜は、現地地形面とほぼ同じ10°程度の北傾斜を示す。断層帯の近傍では、断層に向かって引きずられるような礫の再配列が顕著に認められる。本層からは、10,530～10,390 cal yBPおよび17,200～16,590 cal yBPの¹⁴C年代が得られた。

4a'層は東面のf1断層とf3断層に挟まれて分布する砂礫層である。内部にもf2断層をはじめ数条の断層面が認められ、これらに平行な強い面構造を有する。部分的に腐植質シルトを層状に含む。礫の配列や、腐植質シルトの分布から、Y面（主変位面）およびP面（最大伸長方向）からなる右横ずれ（上から見た場合）の複合面構造が確認できる。本層からは、11,570～11,330 cal yBPから12,350～11,920 cal yBPの範囲に集中した¹⁴C年代が得られた。

4b'層は西面の横軸2.8～3.8 m付近、f1断層とf3断層に挟まれて分布する砂礫層である。固結度は比較的高い。全体として両断層面に平行な強い面構造を有する。f1断層とf2断層の間では、腐植質な部分を層状に含むことから、南に60°程度傾斜した層理面を推定することができる。本層からは、18,710～18,000 cal yBPから21,150～20,310 cal yBPにわたる幅広い¹⁴C年代が得られた。

5層は断層帯の南側のみに分布するシルト層、砂層および細礫層の互層である。それぞれの層厚は20 cm程度である。確認できる全体としての最大層厚は、東面で約70 cm、西面で約40 cmである。最上部は黄褐色を呈する細～粗粒砂層で、ラミナが認められる。砂層の下位には、青灰色を呈し、粗粒砂を基質とする基質支持相の細礫層が分布する。これらの砂層・細礫層は、ともに腐植質シルトの薄層を挟む。東面ではさらに下位に砂層、腐植質シルト層が分布する。5層は全体として10～15°程度の北傾斜を示す。断層帯の近傍では、急傾斜となる上位の4層と同様に、礫の再配列が著しい。本層からは、20,820±90 yBPおよび20,930±90 yBP（いずれも暦年未校正）の¹⁴C年代が得られた。

f層は断層帯中に分布する砂礫層である。西面では、断層帯の南部、f3断層の南側に分布する、腐植分を若干含む褐色の砂礫層である。上位の1c層下部とは指交関係にある。トレンチ下部の横軸4.0～4.1 m付近では、ほぼ水平な堆積構造が認められる。これに対し、f3およびf4断層の間では、この2条の断層面の両側の地層が混在した層相を呈する。また、この

部分の礫の長径は、断層面沿いに配列している。配列の程度は、f3断層沿いの方がより強い。本層からは、1,170～1,060 cal yBPから1,720～1,620 cal yBPにわたる¹⁴C年代が得られた。

本層は、東面では、f3およびf5断層の間に分布する黄褐色砂礫層である。露出している最大層厚は約2 mである。全体的に断層運動による変形を被っており、ほぼ垂直な方向と、約30°南傾斜方向に礫の定向配列が認められる。これらは4a'層中と同様に、それぞれY面およびP面に相当する右横ずれ（上から見た場合）の複合面構造を構成している。

(2) 牛首Aトレンチ

本トレンチにおいても、断層崖基部の凹地に一致する明瞭な断層帯が露出した。北東面では、幅約1.5 mの間に数条の断層が分布し、その中に分布する堆積物が断層活動により著しく変形している。周辺の地形や壁面における地層の分布形態等から、断層は横ずれ成分が卓越すると推定される。なお、北東面で見られる断層帯は、北西壁面と南西壁面の境界部分に連続するため、観察に適さなかった。したがって、ここでは北東壁面についてのみ記載する。

トレンチ壁面に現れた地層を、上位より1～6層に、また、断層帯中に取り込まれて著しく変形した地層を、fa～fcの3層に区分した（第6図、第2表）。なお、当初のトレンチ深度は断層の北側の5層の上部程度であった。しかし、埋め戻しの際に、スケッチに表現した深度まで増し掘りし、低下側での5層以下を確認した。

1層は黒～黒褐色を呈する腐植質土壌（表土）層である。現生の植物根を多く含み、固結度が著しく低い。

2層は断層崖基部の凹地を充填する腐植質土壌および腐植質シルト層である。層相の違いにより、2a～2c層の3層に細分した。

2a層は断層崖基部の凹地最上部を充填する腐植質土壌である。地表下30 cmの位置に、下に凸な丸みを帯びたお椀型に、薄い細礫層を挟む。本層からは、490～330 cal yBPおよび1,570～1,520 cal yBPの¹⁴C年代が得られた。

2b層は2a層南東側下位にのみ分布する腐植質土壌である。2a層より若干腐植分が薄い。

2c層は横軸1.0～3.8 mに分布する腐植質シルト層である。2a層と接する部分およびその下位では、腐植分を多く含み、灰色を呈する。斜面北西側では、腐植質シルトと細粒砂を基質とし、2～10 cmの淘汰の悪い亜角礫を含む砂礫層である。斜面上部側で砂の含有比率が高く、黄褐色を呈するが、斜面基部に向かうにつれて径の大きな礫を含むようになり、褐色を帯びてくる。本層は2a層中部と指交するような分布形態を示すことから、2a層の下部がすでに堆積していた状態のときに、隆起側の斜面から崩積して

きたものと考えられる。

3層は横軸5~9 mから南東面北側にかけて分布する砂礫層である。1~10 cmの礫を含む。基質は粗~細粒砂からなり、明褐~黄褐色を呈する。下部は砂層からなる。固結度は低い。下位の4a層を不整合に覆う。

4層は段丘を構成すると考えられる砂礫層および礫層である。層相の違いにより、4a層および4b層に細分した。

4a層は黄褐色を呈する砂礫層である。1~15 cmの淘汰の悪い亜角~亜円礫を含む。基質は細~粗粒砂からなる。大部分は基質支持相である。

4a'層は横軸2.5~3.3 mに分布する礫層である。基質は、暗灰~暗褐色を呈する腐植質シルト、青灰色シルト、褐色シルトが混在している。礫は45°程度で南に傾斜した定向配列を示す。分布形態および層相の類似性から、本層の少なくとも一部は、4a層起源であると推定される。

4b層は黄褐色を呈する礫層である。最大径40 cm、最頻径1~20 cmの淘汰の悪い亜角~亜円礫を含む。基質は粗~細粒砂からなる。厚さ10~20 cmの細~粗粒砂層と細礫層との互層を挟む。また、厚さ5 cm程度の暗灰色を呈する腐植質シルト層を2層挟む。断層帯の南東側では、層理面は現地地形面にほぼ平行な10~20°北傾斜を示すが、断層帯の北東側では、ほぼ水平な構造を持つ。断層帯近傍では、北西・南東両側とも見かけ上断層帯に向かって落ち込むような、顕著な引きずり構造が認められる。本層からは、16,120~15,540 cal yBPから21,330~20,460 cal yBPにわたる幅広い¹⁴C年代が得られた。

5層は青灰色を呈するシルト層、細粒砂層、礫層の互層からなる。また、厚さ数cmの黒~黒褐色腐植質シルト層を多数挟む。腐植質シルト層には、植物片が多く含まれており、トレンチの北西面では直立した灌木の株が確認された。上位の4層同様、断層帯近傍では、断層帯に向かって落ち込むような引きずり構造が認められる。本層からは、21,010±80 yBPから21,630±140 yBP（いずれも暦年未校正）にわたる¹⁴C年代が得られた。

6層は増し掘りした際に確認された砂礫層である。細粒砂層と径5~10 cmの比較的淘汰の良い礫層の互層である。

fa層は横軸3.0~3.9 mの断層帯内部に落ち込んで分布する。細礫を少量含む腐植質土壌~腐植質シルト層であり、腐植の含有量によって色調を異にする。上部層は灰色を呈する腐植質シルト層を主体とする。本層の中部には、黒色を呈する厚さ5~10 cmの泥炭層がほぼ水平に分布し、径3 cmの木片が含まれる。この泥炭層の上位および下位には、それぞれ厚さ1 cm程度の灰色砂礫層がほぼ水平に分布する。下部層は灰褐色を呈する腐植質土壌であり、腐植質シルト、細礫を部分的に含む。本層は上位の2c層との境

界は明瞭ではなく、内部構造も認められない。下位のfb層およびfc層とは断層(fc層とは一部は不整合)で接する。本層からは、940~910 cal yBPから3,400~3,350 cal yBPにわたる¹⁴C年代が得られた。

fb層はfa層の南西側下方に、断層に挟まれて上下方向に細長く分布する。紫がかった灰色を呈する腐植質シルト層である。径7 cmの木片を含み、その下部ではfa層と似た色調を示す。本層からは、6,500~6,420 cal yBPの¹⁴C年代が得られた。

fc層は断層帯に落ち込んだ地層のうち、下部を占める礫層である。青灰~黄褐色のシルト~細粒砂を基質とし、1~10 cmの礫を含む。断層近傍では、断層面と平行に礫がほぼ垂直に配列している。本層からは、20,780±120 yBP（暦年未校正）の¹⁴C年代が得られた。

(3) 水無トレンチ

トレンチの東西両壁面において、断層帯が確認された。断層帯を構成する各断層面は、地表近くではより低角となり、断層帯全体としては上方に開いたフラワー状構造を呈する北西側隆起の見かけ上逆断層を示す。しかし、これらの断層は、トレンチ下部ではほぼ垂直の1つの断層面に収斂するように見える。

断層の下盤側に分布する地層を上位から1~9層に、断層の上盤側に分布する地層を上位から10および11層に区分した。また、主断層面(f1およびf2断層)の間に挟まれる地層をf層とした(第7図、第8図、第3表)。

1層は黒~黒褐色を呈する腐植質土壌(表土)層である。現世の植物根を多く含む。本層からは、550~450 cal yBPの¹⁴C年代が得られた。1'層は北東面の横軸6 m前後にのみ分布する。下位層を削り込む凹地を充填する赤褐色シルト層である。固結度は低い。凹地は人工改変により形成された可能性もある。

2層は主に斜面を薄く覆って分布する砂礫層である。褐~赤褐色を呈する固結度の極めて低い細粒砂を基質とし、径10 cm以下の淘汰の悪い亜円礫を含む。層相および分布状況から、崩積性堆積物であると判断される。

3'層は南西面の横軸3.1~5.9 mにのみ分布する。橙色を呈するシルト層で、長径80 cmに達する巨礫を含む。固結度は非常に低い。以上の層相とf1断層より下盤側にのみ分布することから、本層は後述する3層を母材とした崩積性の堆積物であると判断した。

3層は断層崖下部に厚く発達する橙色ローム層である。全体的に無層理で、内部の堆積構造等は認められない。南西面の基底部では3~10 cmの礫を比較的多く含む。また、同面の横軸3.5 m付近では、下位の6層を削り込んだ部分に礫が多く含まれることから、一部はチャンネルを形成していた可能性がある。

北東面の下部では、長径が1 mに達する巨礫を含む。この巨礫の上面から南東側にかけては、若干の腐植質部が存在する。以上の層相とf1断層より下盤側にのみ楔状に分布することから、崩積性の堆積物であると判断した。なお、両側壁面において、合計5測線(第7図、第8図)に沿って連続サンプリングを実施し、テフラ分析を行った。その結果、K-Ahテフラ(7.3ka:町田・新井, 2003)起源のガラスを含み始める層準を確認することができた。本層からは、930~810 cal yBP から12,110~11,680 cal yBP にわたる幅広い¹⁴C年代が得られた。

4層は北東面の横軸2.6~6.0 mにのみ分布する腐植質シルト~細粒砂層である。3層に覆われ、下位の7層とは不整合関係である。本層からは、1試料で1,880~1,810 cal yBP および3試料で5,590~5,470 cal yBP から6,290~6,180 cal yBP にわたる¹⁴C年代が得られた。1試料のみが新しい値を示すことから、この新しい年代値は信頼性を欠くと判断し、除外した。以上より、本層の年代は、5,590~5,470 cal yBP から6,290~6,180 cal yBP とした。

5層は南西面では横軸7.7 m以南に、北東面では横軸6 m以南に分布する礫層である。径1~10 cmの淘汰の悪い垂角~垂円礫を含み、基質は粗粒砂からなる。灰~褐色を呈し、下位の6層および7層を削り込んで堆積している。本層からは、740~680 cal yBP の¹⁴C年代が得られた。

6層は南西面の横軸2.0~8.4 mと北東面の横軸5.8 m以南に分布する細粒砂~シルト層である。南西面での層厚は約150 cmで、その中部に厚さ5~10 cmの粗粒砂層を挟む。上位の3層に整合的に覆われる。一方、北東面での層厚は50 cm以下である。全体の分布および堆積構造は、水平からわずかに北西傾斜を示すが、南西面では断層帯に向かって、引きずり上げられるように緩く傾斜する。本層からは、520~490 cal yBP から3,460~3,380 cal yBP にわたる¹⁴C年代が得られた。しかし、これらの年代値は上位の4層の年代値よりも明らかに新しいことから、信頼性を欠く値と判断した。

7層は両壁面の下部に広く分布する礫層である。灰~灰褐色を呈し、淘汰は悪い。両壁面の最南端部では、それぞれ径1 mに達する巨礫を含む。また、北東面のf4断層付近では、長径30~50 cm程度の礫を多く含む。同面の横軸6 m以南では、礫の配列に、これらが南方から供給されたことを示すインプリケーションが認められる。全体の分布および礫の配列が示す堆積構造はほぼ水平であるが、断層帯に向かって、引きずり上げられるように緩く傾斜する。

8層は両壁面の下部に分布する砂礫層である。黄灰~茶褐色を呈する細~粗粒砂層、径1~10 cmの淘汰の悪い垂円礫を主体とする礫層が、それぞれ層厚5~20 cm程度で互層をなす。また、砂層中には暗灰色を呈する腐植質シルトがレンズ状に挟まれる。7

層と同様に、全体の分布および堆積構造はほぼ水平であるが、断層帯に向かって、引きずり上げられるように緩く傾斜する。本層からは、15,970~15,330 cal yBP から16,490~15,870 cal yBP にわたる¹⁴C年代が得られた。

9層は両壁面の最下部に分布する腐植質シルト層である。青灰~暗灰色を呈する。本層からは、17,730~17,130 cal yBP から18,240~17,560 cal yBP にわたる範囲に集中する¹⁴C年代が得られた。

10層は断層の上盤側に分布する礫層である。径5~20 cmの淘汰の悪い垂円~垂角礫を含む。基質は、褐色を呈し少量の腐植分を含む粗~細粒砂からなる。固結度は低い。後述する基盤岩の11層を不整合に覆う。本層からは、3,250~3,140 cal yBP の¹⁴C年代が得られた。

11層は断層の上盤側、10層の下位に分布する。著しく破砕された基盤岩である。原岩を推定することは困難であるが、少なくとも一部は石灰質片麻岩である。f1断層沿いでは、厚さ5 cm程度の白色の断層ガウジを伴う。本層中にはこの他に、紫灰色、緑灰色、黄土色の断層ガウジが観察される。これらの断層ガウジは、上から見た場合に、Y面およびP面からなる右横ずれの複合面構造と考えられる分布を示す。

f層は両壁面における主断層面沿いの下半部に分布する。断層上盤側の断層ガウジと、下盤側の8層~3層が混ざり合った層相を呈する。含まれる礫は、その径から、8層ないし7層起源の礫であると推定される。基質は粘土~シルトからなり、このうち粘土分は断層ガウジ起源と判断される。固結度は比較的高い。本層の低断層崖側には、上述したように断層面を介して白色の断層ガウジが分布する。

3.2 構造およびイベント層準の認定

断層活動イベントの認定については、各トレンチごとに分けて記載する。なお、以下の記載において、最新イベントから順に、イベント1, 2および3と呼ぶ。

(1) 牛首Bトレンチ

本トレンチでは、逆向き低断層崖基部の溝状地形と対応する、幅約2 mの断層帯を確認した。壁面を観察した結果、以下の3回の断層活動イベントが認定できた。

イベント1: 西面において、f4断層がf層を切り、1c層の少なくとも中部には覆われる。東面においては、f2断層が2c層を切り、かつ断層沿いに引きずり込まれており、2a層に覆われる。以上より、西面においてはf層堆積後、1a層中部堆積前に、東面においては2c層堆積後、2a層中部堆積前に、それぞれイベント1が認定される。イベント1の年代は、西面ではf層のうち最も新しい1,170~1,060 cal yBP以降、1c層中で、f層と指交関係にある腐植質土壌を覆う腐植質シルト層から得られた690~660 cal yBP

以前と判断した。東面では、断層に切られる2c層のうち最も新しい1,250~1,160 cal yBP以降と判断した。

イベント2：東面において、f1断層が4a'層と4a層を切り、2c層に覆われる。したがって、4a層および4a'層堆積後、2c層堆積前にイベント2が認定される。イベント2の年代は、断層に切られる4a'層のうち最も新しい11,900~11,290 cal yBP以降で、これを覆う2c層のうち最も古い1,290~1,250 cal yBP以前と判断した。

イベント3：西面において、f1およびf2断層が4b'層と4b層を切り、4a層に覆われる。したがって、4b層および4b'層堆積後、4a層堆積前にイベント3が認定される。イベント3の年代は、断層に切られる4b'層のうち最も新しい18,710~18,000 cal yBP以降である。4a層からは年代試料が得られなかったため、上限の年代は1b層の520~490 cal yBPよりも古いとしか言えない。

(2) 牛首Aトレンチ

本トレンチにおいても、牛首Bトレンチと同様、逆向き低断層崖基部の溝状地形と対応するような、幅約1.5 mの断層帯を確認した。壁面観察の結果、以下の3回の断層活動イベントを認定した。

イベント1：fa層および4a'層を切る断層が、少なくとも2a層中部には覆われる。しかし、fa層の南東側を切る断層が、2a層下部と4a層との境界も切っているか否かは判断しがたい。fa層および上位の4a'層、2c層は、分布形態から、断層活動の直後に崩れ落ちてきた崩積堆積物と考えられる。一方、2a層中部には、現地表面の凹地の形状に調和的な、下に凸の形態を持つ細礫層が挟まれる。少なくともこの層準は、断層活動およびそれに伴う2c層の崩積の影響を被っていないと判断した。さらに、この層準以上は、イベント1で形成された断層凹地を充填したチャンネル堆積物であると解釈することもできる。以上より、fa層堆積後、2a層中部堆積前にイベント1が認定される。イベント1の年代は、断層帯中に切られたfa層のうち最も新しい940~910 cal yBP以降、2a層中部から得られた920~780 cal yBP以前と判断される。ただし、2a層中部の試料は、チャンネルを充填する腐植質土壌であるため、再堆積した地層である可能性もある。

イベント2：fc層を切る断層がfa層に覆われる。fc層中には、多数の断層面が認められ、これらに沿うほぼ垂直な方向の礫の配列や面構造が多く観察されるが、fa層中にはそのような面構造は認められない。以上より、fc層堆積後、fa層堆積前にイベント2が認定される。イベント2の年代は、fc層から得られた20,780±120 yBP(暦年未校正)以降、fa層のうち最も古い3,400~3,350 cal yBP以前と判断される。

イベント3：崖側の4b層中部を切る断層が4b層最上部に覆われることから、4b層中部堆積後、4b層最上部堆積前にイベント3を認定した。イベント3の年代は、断層に切られる4b層中の腐植質シルト層から得られた16,500~15,920 cal yBP以降と判断した。なお、イベント3とイベント2は、層位関係が不明であり、年代幅が重なることから、両イベントが同一である可能性がある。

(3) 水無トレンチ

本トレンチでは、北西側隆起で上方に開いたフラワー状構造を呈する見かけ逆断層状の断層帯が確認された。主断層はf層の両側のもの(f1およびf2断層)である。これらの断層面の前面には、さらに2条の断層面が認められる。さらに、崖側の基盤岩(11層)中にも10層中に達する断層面が存在する。壁面観察の結果、以下の3回の断層活動イベントを認定した。

イベント1：主断層面が3層を切り、2層に覆われることから、3層堆積後、2層堆積前にイベント1を認定した。なお、南西面の3'層と主断層との関係は不明瞭であるが、分布状況と固結度の低さから、3'層はイベント1に伴う崩積堆積物の可能性があると考えられる。また、前述した4条の主要な断層面のうち、少なくとも南西面においては、4条すべてが3層を切っており、いずれもがこの時に活動したと考えられる。イベント1の年代については、3層が崩積堆積物で、得られた年代が直接地層の堆積年代を示さないことから、北東面においてその下位にあたる4層のうち最も新しい年代値を採用して、5,590~5,470 cal yBP以降、2層から得られた930~900 cal yBP以前と判断した。

イベント2：3層は主断層の下盤側にのみ楔状に厚く分布することから、低断層崖から供給された崩積堆積物であると考えられる。さらに、南東面では3層の基底に下位の6層を削り込むチャンネルが分布すること、北東面では3層の下位にほぼ水平な腐植質層(4層)が分布することから、3層堆積前には断層付近に顕著な崖地形はなかったものと推定できる。したがって、3層堆積直前に低断層崖を著しく成長させる必要があり、これをイベント2とする。この解釈に基づけば、3層はイベント2に伴う崩積堆積物であるとみなすことができ、イベント2の年代は、3層の下位の4層の年代から、5,590~5,470 cal yBP以降であると判断される。イベント2については、直接断層の変形構造から解読したものではないため、その信頼度については、他のイベントよりやや劣るものと考えられる。

イベント3：南西面において、8層を切る断層面が7層に覆われることから、8層堆積後、7層堆積前にイベント3を認定した。イベント3の年代は、8層のうち最も新しい15,970~15,330 cal yBP以降、4層のうち最も古い6,290~6,180 cal yBP以前と判断した。

4. 牛首断層の活動履歴

各トレンチ壁面の観察結果から認定された断層の活動時期を第9図にまとめて示す。

牛首地点と水無地点は、約4.5 kmしか離れていないこと、両地点の間に断層トレースのギャップが認められないこと等から、両地点は同一の活動セグメント（地質調査所活断層研究グループ、2000）として同時に活動しているものとみなした。その上で、3地点におけるトレンチから得られたそれぞれのイベント発生時期の重複範囲を、調査範囲での牛首断層の活動時期とした。その結果、断層の最新活動時期は、940～910 cal yBP以降、920～780 cal yBP以前、それに先立つ1回前の活動時期は、5,590～5,470 cal yBP以降、3,400～3,350 cal yBP以前、2回前の活動時期は、15,970～15,330 cal yBP以降、6,290～6,180 cal yBP以前となる。

また、断層の活動間隔は、最新活動と1回前の活動の間が2,430年～4,680年、1回前と2回前の活動の間は590年～12,620年となる。

5. まとめ

今回の牛首断層南西部地域におけるトレンチ調査の結果、牛首断層の最新活動時期は約1,000年前に限定されること、それに先立つ1回前の活動は約3,400年前～5,500年前に生じたこと、これらから推定される活動間隔は約2,400年～4,500年であることが明らかとなった。しかし、それ以前の活動時期については、年代の推定幅が十分に絞り込めなかった。

謝辞 本研究を進めるに当たり、岐阜県白川村役場農林課、富山県利賀村役場総務企画課、富山県砺波

農地林務事務所治山課ならびに林業課の皆様には、多大なるご協力を賜りました。ここに記して深く感謝致します。

文 献

- 地質調査所活断層研究グループ（2000）近畿三角地帯における活断層調査—主要活断層の活動履歴と地震危険度—。第四紀研究，**39**，289-301。
- 藤井昭二・竹村利夫（1979）富山県とその周辺地域の活断層。富山県地震対策基礎調査報告書，39-72。
- 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。
- 町田 洋・新井房夫（2003）新編火山灰アトラス。東京大学出版会，336p。
- 宮下由香里・吉岡敏和・桑原拓一郎・荻谷愛彦・松浦一樹・吉村実義・高瀬信一（2003a）牛首断層南西部地域の活動履歴調査（1）—地形地質調査結果—。活断層・古地震研究報告，No. 3，47-62。
- 宮下由香里・吉岡敏和・桑原拓一郎・荻谷愛彦・藤田浩司・千葉達朗（2003b）牛首断層南西部地域の活動履歴調査（2）—トレンチ調査結果（速報）—。活断層・古地震研究報告，No. 3，63-71。
- 野沢 保（1978）跡津川断層最近の話題から。地質ニュース，No. 283，28-36。
- 野沢 保・河田清雄・河合正虎（1975）「飛騨古川」地域の地質。79 p.，地質調査所。
- 竹村利夫・藤井昭二（1984）飛騨山地北縁部の活断層群。第四紀研究，**22**，297-312。

（受付：2004年10月15日，受理：2004年11月15日）

第1表. 牛首トレンチ B の ^{14}C 年代測定結果一覧表.
Table 1. Radiocarbon dating results of Ushikubi B trench.

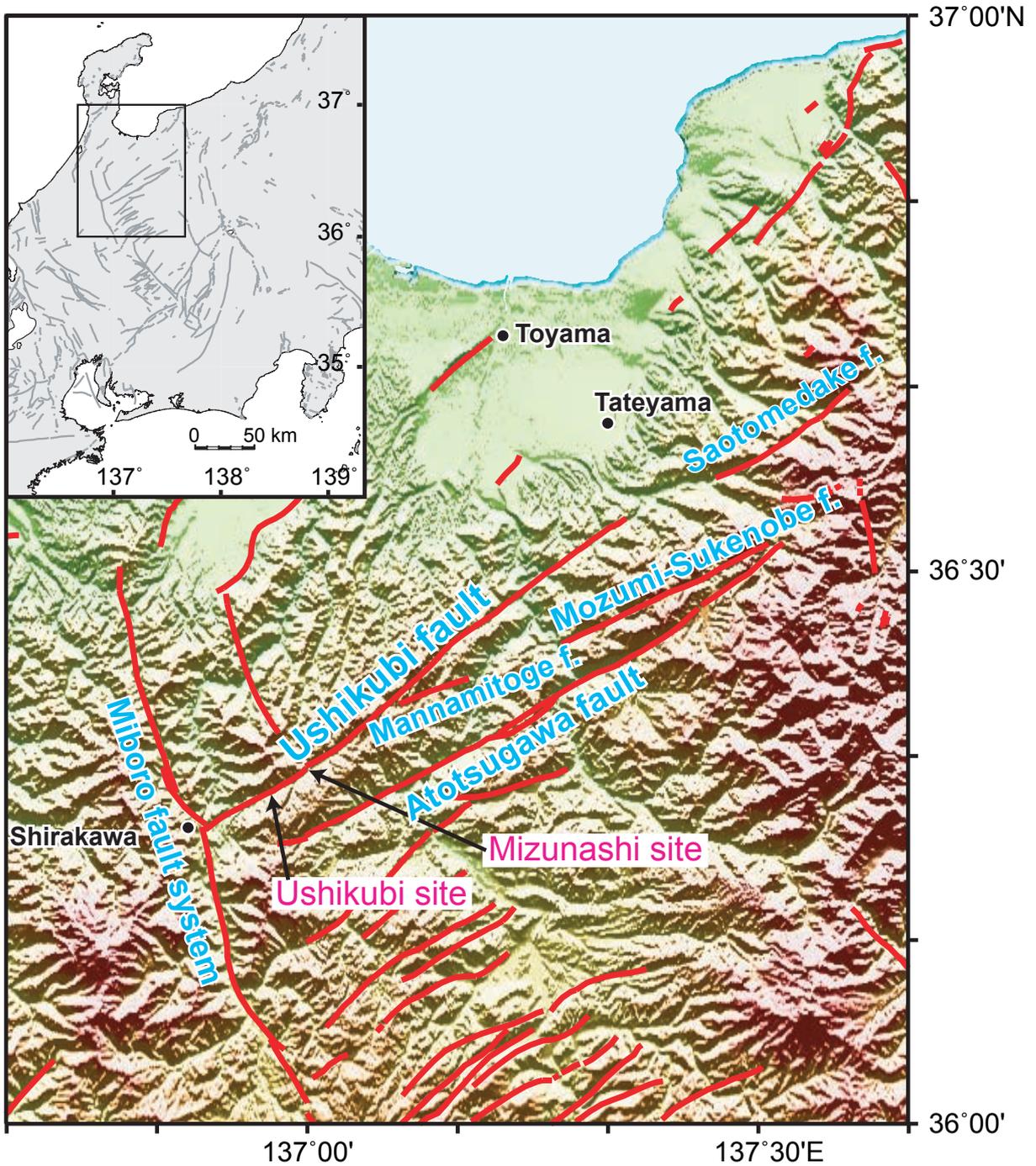
Sample No.	Lab No. (Beta-)	Trench wall	Unit	Method	Measured ^{14}C age (yBP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ^{14}C age (yBP)	Calibrated age (cal yBP; $\pm 1\sigma$)
UKB-WF-12ch	188423	WF	1a	AMS	180 \pm 30	-26.6	150 \pm 30	280 - 0
UKB-WF-12	187736	WF	1a	AMS	290 \pm 40	-25.5	280 \pm 40	420 - 290
UKB-WF-15	187738	WF	1c	AMS	760 \pm 40	-25.6	750 \pm 40	690 - 660
UKB-WF-14	187737	WF	1c	AMS	1360 \pm 40	-25.7	1350 \pm 40	1300 - 1260
UKB-WF-3	187732	WF	1b	AMS	450 \pm 40	-25	450 \pm 40	520 - 490
UKB-WF-1	187731	WF	1b	AMS	740 \pm 40	-25.5	730 \pm 40	680 - 660
UKB-WF-7	187735	WF	f	AMS	1210 \pm 50	-26.1	1190 \pm 50	1170 - 1060
UKB-WF-5	187733	WF	f	AMS	1420 \pm 40	-24.7	1420 \pm 40	1330 - 1290
UKB-WF-6	187734	WF	f	AMS	1480 \pm 40	-25.6	1470 \pm 40	1390 - 1310
UKB-W-20	187743	W	f	AMS	1780 \pm 40	-25.9	1770 \pm 40	1720 - 1620
UKB-W-1	187739	W	4b	AMS	9240 \pm 50	-22.9	9270 \pm 50	10530 - 10390
UKB-W-18	187742	W	4b'	AMS	15330 \pm 70	-23.5	15350 \pm 70	18710 - 18000
UKB-W-17	187741	W	4b'	AMS	15530 \pm 70	-20.4	15610 \pm 70	19020 - 18290
UKB-W-16	187740	W	4b'	AMS	17340 \pm 90	-19.9	17420 \pm 90	21150 - 20310
UKB-E-21ch	188422	E	2c	AMS	1290 \pm 40	-27.6	1250 \pm 40	1250 - 1160
UKB-E-19	187727	E	2c	AMS	1340 \pm 40	-25.9	1330 \pm 40	1290 - 1250
UKB-E-21	187728	E	2c	AMS	1350 \pm 40	-26	1330 \pm 40	1290 - 1250
UKB-E-23	187729	E	2c	AMS	1350 \pm 40	-26.5	1330 \pm 40	1290 - 1250
UKB-E-16	187726	E	2d	AMS	2520 \pm 40	-24.5	2530 \pm 40	2740 - 2510
UKB-E-15w	188421	E	4a'	AMS	10100 \pm 40	-29	10030 \pm 40	11570 - 11330
UKB-E-24w	187730	E	4a'	AMS	10070 \pm 60	-27.8	10020 \pm 60	11900 - 11290
UKB-E-15	187725	E	4a'	AMS	10300 \pm 40	-25.2	10300 \pm 40	12350 - 11920
UKB-E-1	187722	E	4b	AMS	14030 \pm 60	-21	14100 \pm 60	17200 - 16590
UKB-E-10	187724	E	5	AMS	20820 \pm 90	-25	20820 \pm 90	
UKB-E-7	187723	E	5	AMS	20940 \pm 90	-25.9	20930 \pm 90	

第2表. 牛首トレンチ A の¹⁴C年代測定結果一覧表.
Table 2. Radiocarbon dating results of Ushikubi A trench.

Sample No.	Lab No. (Beta-)	Trench wall	Unit	Method	Measured ¹⁴ C age (yBP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ¹⁴ C age (yBP)	Calibrated age (cal yBP; $\pm 1\sigma$)
UKA-EF-39	187709	NEF	2a	AMS	390 \pm 30	-26.5	370 \pm 30	490 - 330
UKA-EF-37	187708	NEF	2a	AMS	950 \pm 40	-26.6	920 \pm 40	920 - 780
UKA-EF-35	187707	NEF	2a	AMS	1440 \pm 40	-26.7	120 \pm 40	1320 - 1290
UKA-EF-33	187706	NEF	2a	AMS	1670 \pm 40	-26.3	1650 \pm 40	1570 - 1520
UKA-EF-20w	188419	NEF	fa	AMS	1030 \pm 40	-27.3	990 \pm 40	940 - 910
UKA-EF-11w	188417	NEF	fa	AMS	1070 \pm 40	-28.7	1010 \pm 40	950 - 920
UKA-EF-22	187702	NEF	fa	AMS	1050 \pm 40	-26.7	1020 \pm 40	960 - 920
UKA-EF-16w	188418	NEF	fa	AMS	1130 \pm 40	-27.1	1100 \pm 40	1060 - 960
UKA-EF-20	187701	NEF	fa	AMS	1140 \pm 40	-26.8	1110 \pm 40	1060 - 960
UKA-EF-16	187700	NEF	fa	AMS	1310 \pm 40	-26	1290 \pm 40	1270 - 1180
UKA-EF-11	187699	NEF	fa	AMS	1510 \pm 40	-26.9	1480 \pm 40	1400 - 1320
UKA-EF-26	187704	NEF	fa	AMS	2600 \pm 40	-26.6	2570 \pm 40	2750 - 2730
UKA-EF-30	187705	NEF	fa	AMS	2870 \pm 50	-26.5	2850 \pm 50	3000 - 2880
UKA-EF-24	187703	NEF	fa	AMS	2980 \pm 40	-25.8	2970 \pm 40	3220 - 3070
UKA-EF-9	187698	NEF	fa	AMS	3170 \pm 40	-25.5	3160 \pm 40	3400 - 3350
UKA-E-11	187714	NE	fb	AMS	5680 \pm 40	-24.5	5690 \pm 40	6500 - 6420
UKA-E-14	187715	NE	4b	AMS	13060 \pm 40	-19	13160 \pm 40	16120 - 15540
UKA-E-17	187716	NE	4b	AMS	13440 \pm 40	-23.6	13460 \pm 40	16500 - 15920
UKA-EF-1	187697	NEF	4b	AMS	17480 \pm 100	-20.1	17560 \pm 100	21330 - 20460
UKA-E-29	187721	NE	fc	AMS	20780 \pm 120	-24.7	20780 \pm 120	
UKA-E-24w	187718	NE	5	AMS	21020 \pm 80	-25.8	21010 \pm 80	
UKA-E-1	187710	NE	5	AMS	21100 \pm 130	-22.3	21140 \pm 130	
UKA-E-27	187720	NE	5	AMS	21170 \pm 130	-24.3	21180 \pm 130	
UKA-E-26w	188420	NE	5	AMS	21220 \pm 80	-26.9	21190 \pm 80	
UKA-E-26	187719	NE	5	AMS	21220 \pm 130	-25.9	21210 \pm 130	
UKA-E-23	187717	NE	5	AMS	21250 \pm 130	-25.5	21240 \pm 130	
UKA-E-2	187711	NE	5	AMS	21380 \pm 130	-25.4	21370 \pm 130	
UKA-E-4w	187713	NE	5	β	21440 \pm 180	-24.9	21440 \pm 180	
UKA-E-3w	188558	NE	5	AMS	21540 \pm 130	-25.3	21540 \pm 130	
UKA-E-3	187712	NEF	5	AMS	21640 \pm 140	-25.4	21630 \pm 140	

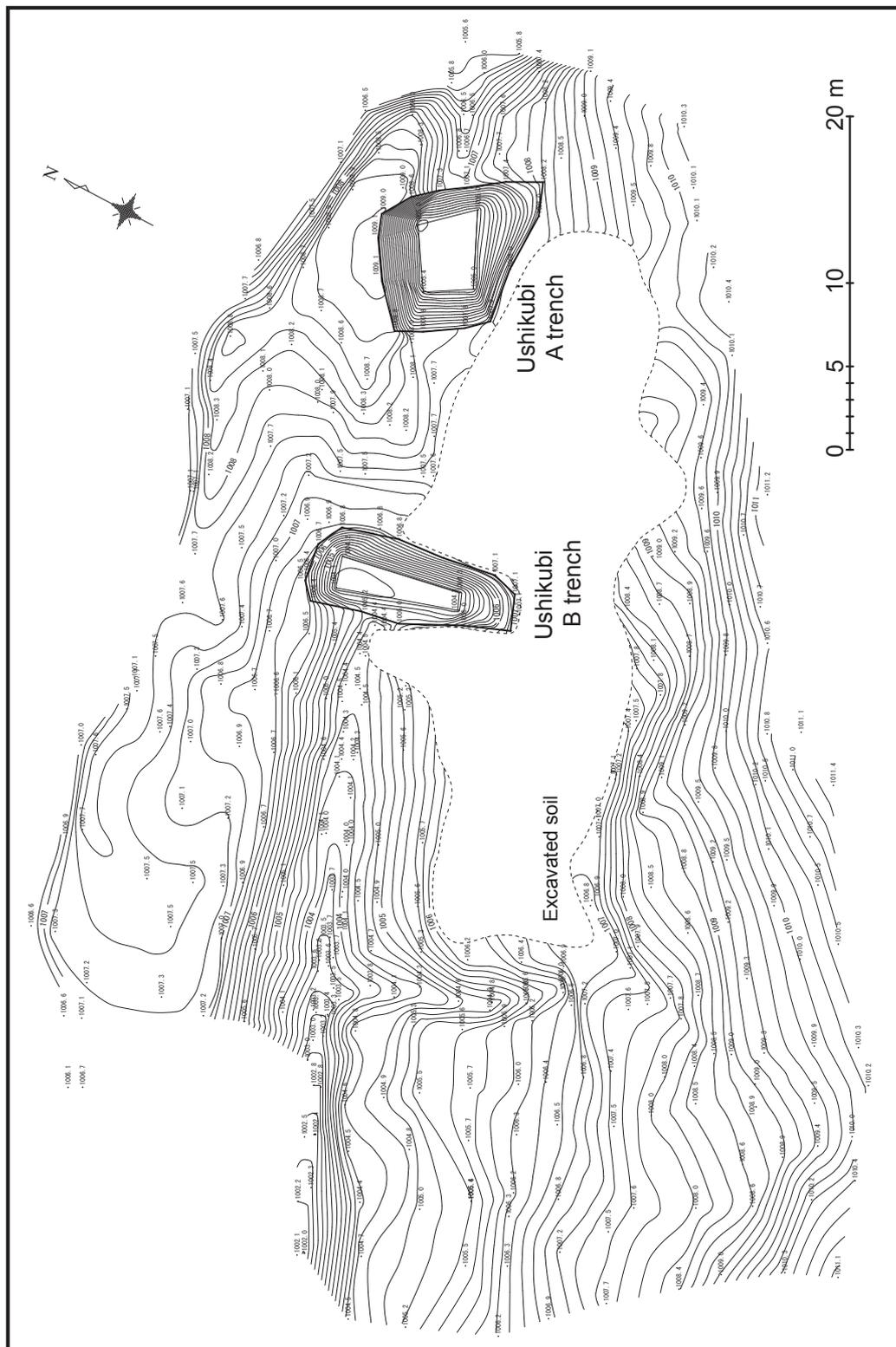
第3表. 水無トレンチの¹⁴C年代測定結果一覧表.
Table 3. Radiocarbon dating results of Mizunashi trench.

Sample No.	Lab No. (Beta-)	Trench wall	Unit	Method	Measured ¹⁴ C age (yBP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ¹⁴ C age (yBP)	Calibrated age (cal yBP; $\pm 1\sigma$)
MZ-N-1	187557	NW	1	AMS	410 \pm 30	-26.3	390 \pm 30	500 - 450
MZ-W-16	187567	SW	10	AMS	2990 \pm 40	-24.3	3000 \pm 40	3250 - 3140
MZ-W-10	188424	SW	6	AMS	470 \pm 40	-26	450 \pm 40	520 - 490
MZ-W-10p	187563	SW	6	AMS	550 \pm 40	-25.4	540 \pm 40	550 - 525
MZ-W-9	187562	SW	6	AMS	3220 \pm 40	-25.4	3210 \pm 40	3460 - 3380
MZ-W-11	187564	SW	3	AMS	10180 \pm 40	-26.5	10160 \pm 40	12110 - 11680
MZ-W-7w	188253	SW	8	AMS	13100 \pm 50	-27.3	13060 \pm 50	15970 - 15330
MZ-W-7	187560	SW	8	AMS	13420 \pm 60	-26.8	13390 \pm 60	16440 - 15830
MZ-W-8	187561	SW	8	AMS	13460 \pm 60	-27.1	13430 \pm 60	16490 - 15870
MZ-W-1w	188252	SW	9	AMS	14580 \pm 50	-27.1	14550 \pm 50	17730 - 17130
MZ-W-13w	188254	SW	9	AMS	14560 \pm 50	-25.7	14550 \pm 50	17730 - 17130
MZ-W-13	187565	SW	9	AMS	14640 \pm 80	-26.7	14610 \pm 80	17840 - 17160
MZ-W-14	187566	SW	9	AMS	14790 \pm 70	-26.9	14760 \pm 70	18010 - 17340
MZ-W-1	187558	SW	9	AMS	14830 \pm 70	-26.6	14800 \pm 70	18060 - 17390
MZ-W-3	187559	SW	9	AMS	14980 \pm 70	-26.6	14950 \pm 70	18240 - 17560
MZ-E-10	187554	NE	5	AMS	820 \pm 40	-26.1	800 \pm 40	740 - 680
MZ-E-9	188425	NE	2	AMS	980 \pm 40	-25.8	970 \pm 40	930 - 810
MZ-E-8	187552	NE	4	AMS	1880 \pm 40	-24.6	1890 \pm 40	1880 - 1810
MZ-E-7	187551	NE	4	AMS	4780 \pm 40	-25.4	4770 \pm 40	5590 - 5470
MZ-E-12	187555	NE	4	AMS	5010 \pm 40	-25	5010 \pm 40	5860 - 5670
MZ-E-13	187556	NE	4	β	5440 \pm 70	-25.2	5430 \pm 70	6290 - 6180

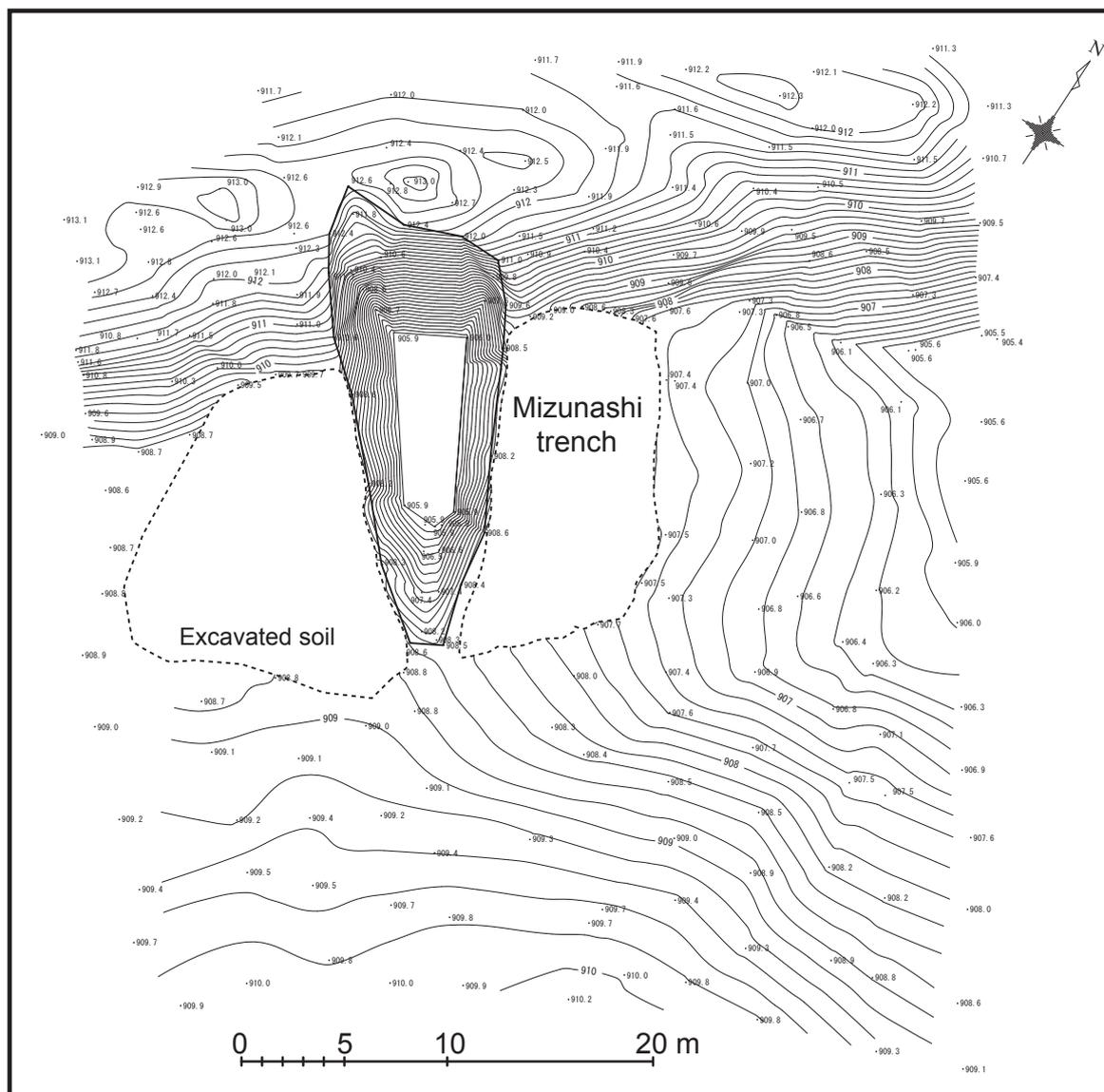


第1図. 牛首断層位置図. 断層線の位置は新編『日本の活断層』による. 陰影図の作成には国土地理院発行の国土数値情報50 mメッシュ (DEM) を使用.

Fig. 1. Index map and distribution of the Ushikubi fault. Digital Map 50 m Grid (Elevation) of the Geographical Survey Institute is used for arranging the base topographic map.



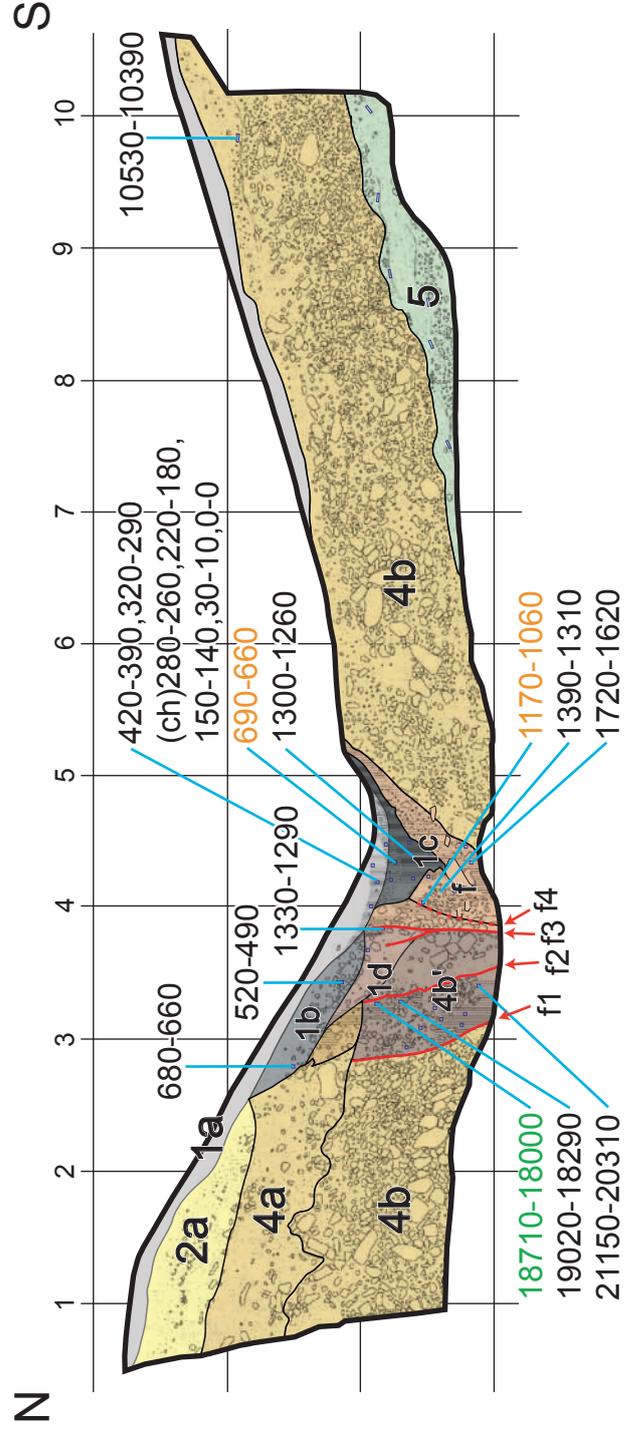
第2図. 牛首トレンチ地点の位置と周辺の地形.
 Fig. 2. Detailed topographic map showing the trace of the Ushikubi fault and Ushikubi trench site, Shirakawa Village.



第3図. 水無トレンチ地点の位置と周辺の地形.

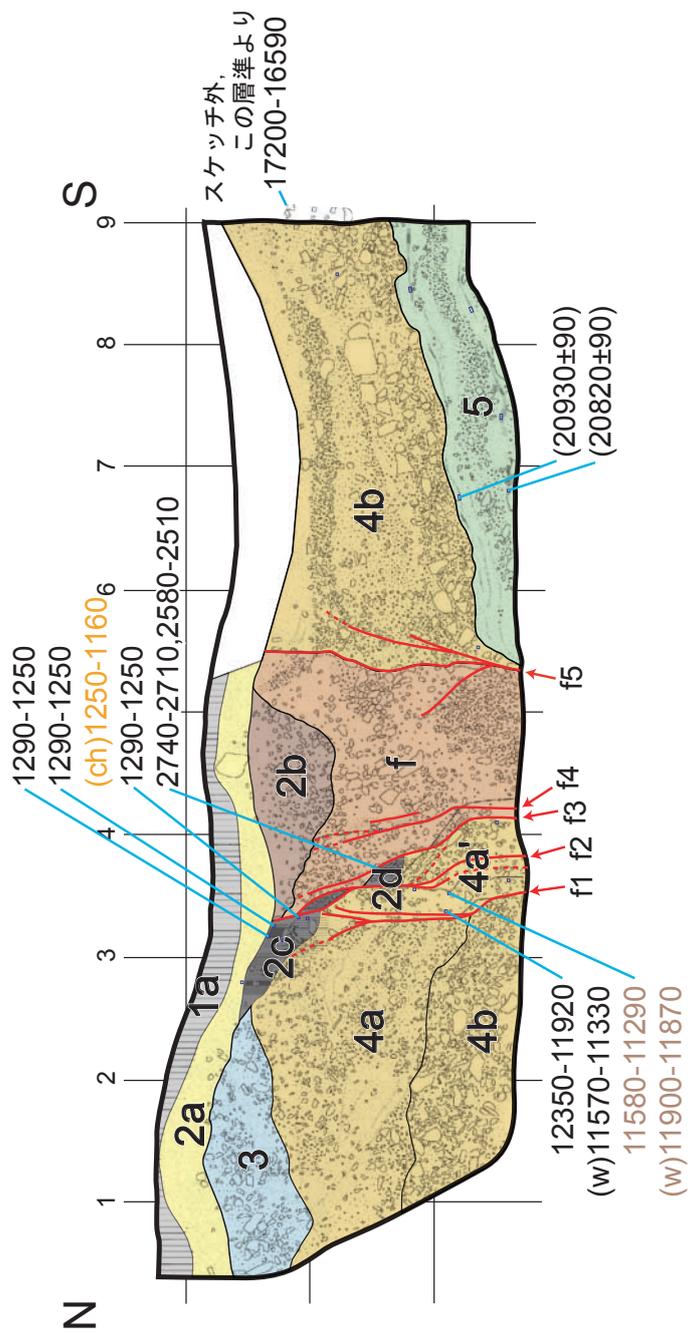
Fig. 3. Detailed topographic map showing the trace of the Ushikubi fault and Mizunashi trench site, Toga Village.

Ushikubi B trench, West wall (mirror image)



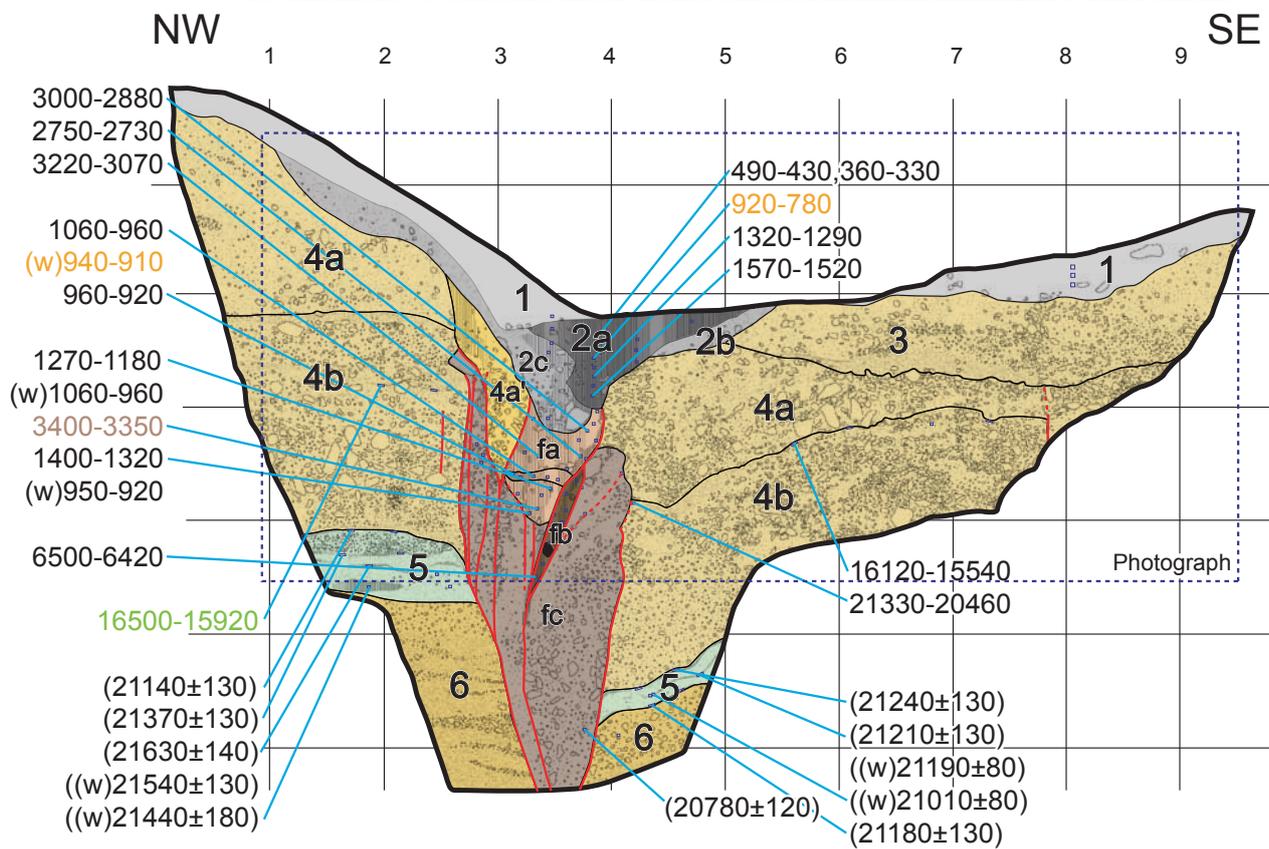
第4図. 牛首トレンチB西壁面の写真と¹⁴C年代値。
 Fig. 4. Photograph and log of the west wall of the Ushikubi B trench and ¹⁴C ages (cal yBP).

Ushikubi B trench, East wall



第5図. 牛首トレンチB東壁面の写真と¹⁴C年代値.
Fig. 5. Photograph and log of the east wall of the Ushikubi B trench and ¹⁴C ages (cal yBP).

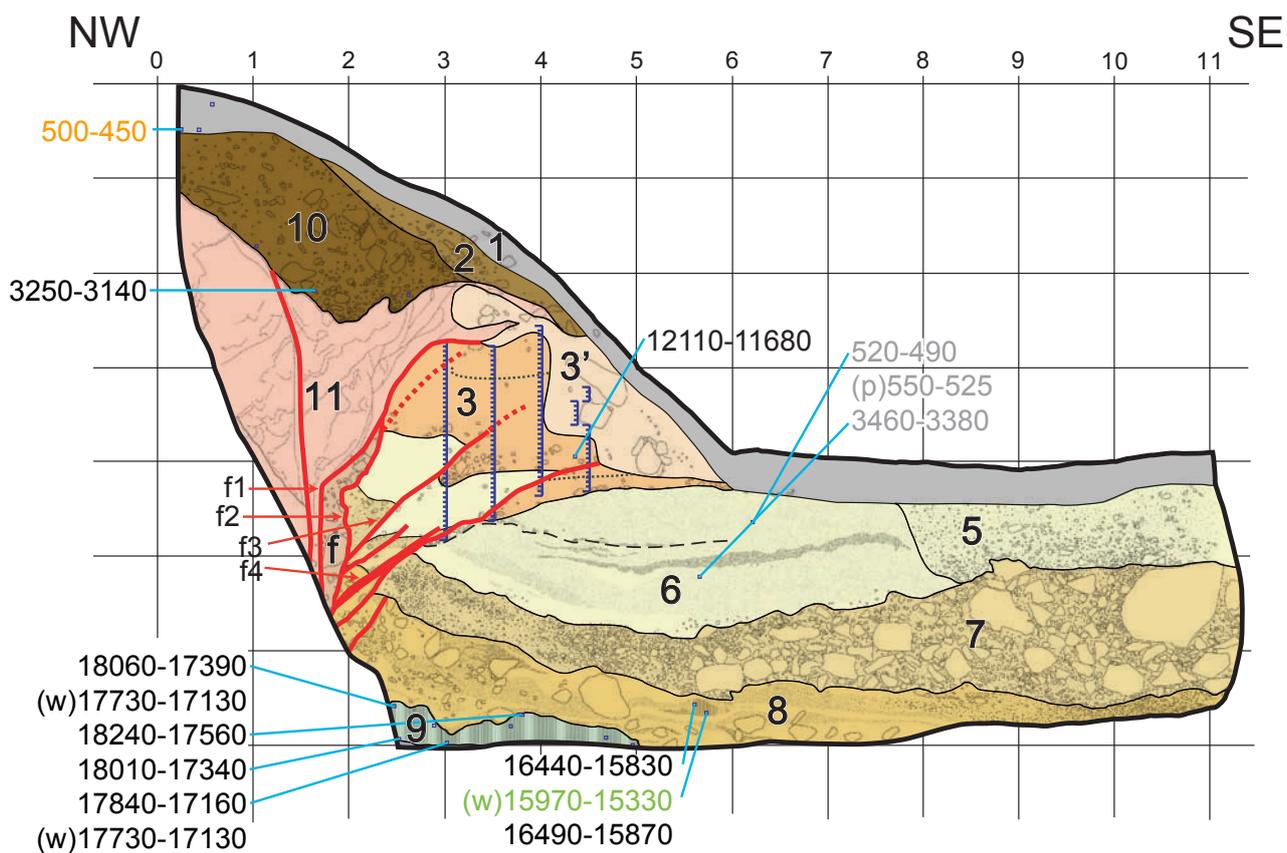
Ushikubi A trench, NE wall



第6図. 牛首トレンチ A 北東壁面の写真と ¹⁴C 年代値.

Fig. 6. Photograph and log of the northeast wall of the Ushikubi A trench and ¹⁴C ages (cal yBP).

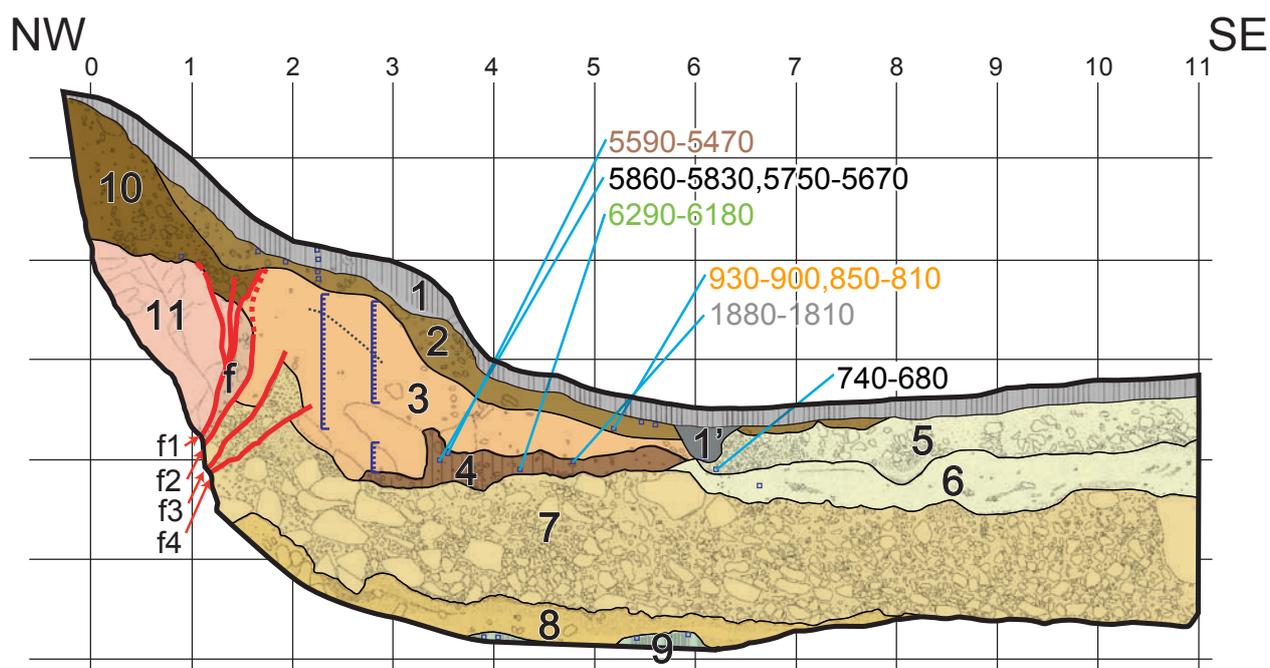
Mizunashi trench, SW wall (mirror image)



第7図. 水無トレンチ南西壁面の写真と¹⁴C年代値.

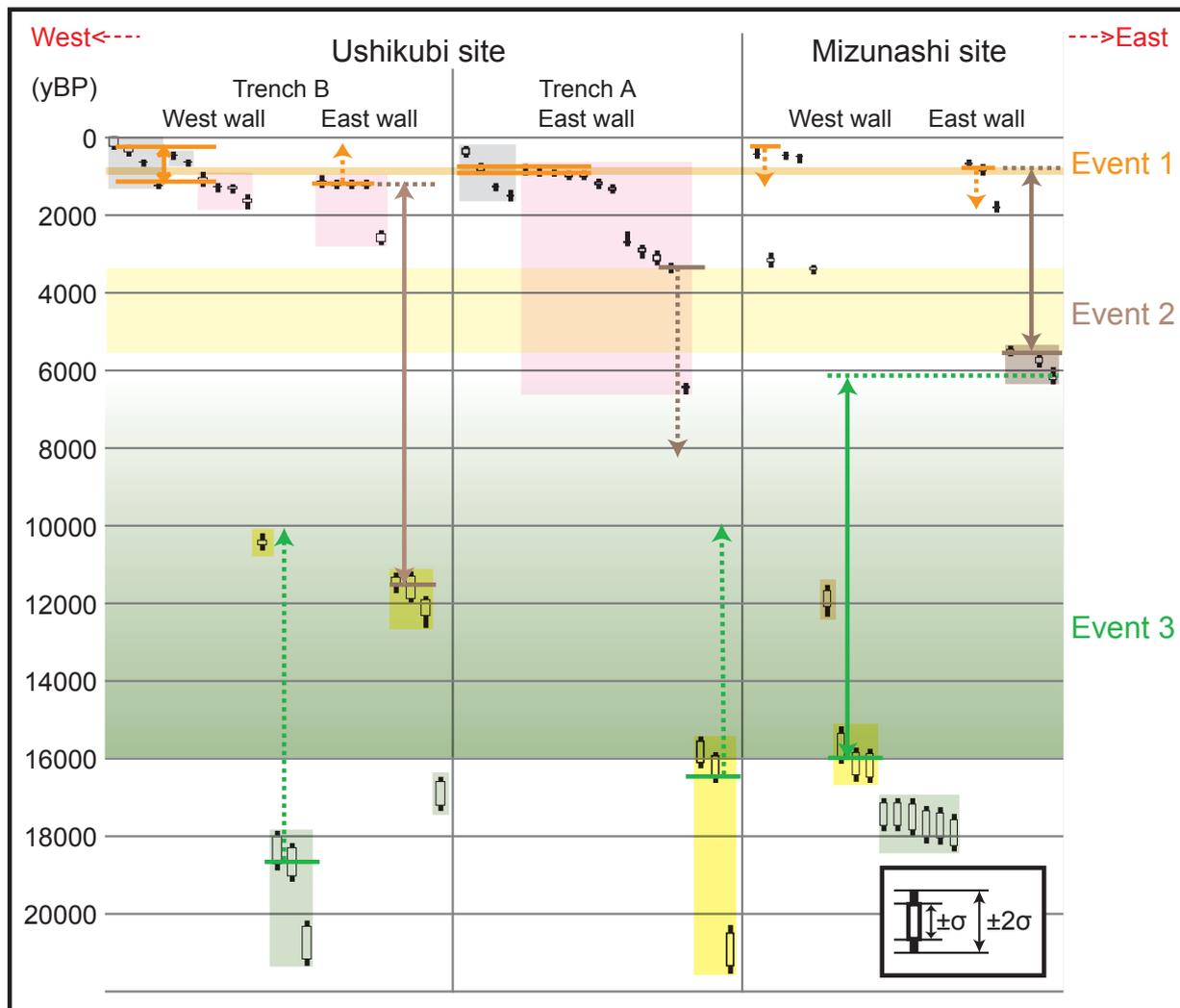
Fig. 7. Photograph and log of the southwest wall of the Mizunashi trench and ¹⁴C ages (cal yBP).

Mizunashi trench, NE wall



第 8 図. 水無トレンチ北東壁面の写真と ¹⁴C 年代値.

Fig. 8. Photograph and log of the northeast wall of the Mizunashi trench and ¹⁴C ages (cal yBP).



第9図. 牛首 A, B トレンチ, 水無トレンチの各層から得られた ^{14}C 年代値と推定されるイベント時期.
 Fig. 9. ^{14}C ages obtained from each layer on the Ushikubi A, B and Mizunashi trenches, and estimated timings of the faulting events.