

柳ヶ瀬一養老断層系, 鍛冶屋, 関ヶ原および宮代断層の古地震調査

Paleoseismicity of the Kajiya, Sekigahara and Miyashiro faults in the Yanagase-Yoro fault system, central Japan

吉岡敏和¹・佐護浩一²・山根 博²

Toshikazu Yoshioka¹, Koichi Sago² and Hiroshi Yamane²

¹活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center, yoshioka-t@aist.go.jp)
²株式会社ダイヤコンサルタント (Dia Consultants Co. Ltd.)

Abstract: The Yanagase-Yoro fault system extends from Japan Sea to Ise Bay, central Japan, in the NNW-SSE direction with a left-lateral strike-slip component. We carried out geomorphological and geological surveys on the Kajiya, Sekigahara and Miyashiro faults in the fault system, to reveal paleoseismic activities. Two trenches at sites A and B, 200 m away from each other, were excavated across the Kajiya fault, and one trench across the Sekigahara fault. A high-angle fault cutting terrace deposits and black soil layers was exposed on the trench walls at the site A. At the site B, a fault was observed to cut bedrock and terrace deposits. These trench surveys and radiocarbon dates reveal that the latest faulting event on the Kajiya fault occurred in these 1,000 years, and the penultimate event might have occurred about 7,200 to 6,700 years ago. At the trench on the Sekigahara fault, bedrock is covered by slope deposits and no fault was observed on the trench walls. The present and the previous trenching studies show that the Sekigahara fault do not have ruptured in these 19,000 years. On the Miyashiro fault, the boring surveys of the present study show that a top of the Tokai Group is vertically displaced by about 35 meters. An estimated deformation pattern and radiocarbon dates from an array of bore holes suggest that the Miyashiro fault ruptured about 12,000 years ago or later.

キーワード: 鍛冶屋断層, 関ヶ原断層, 宮代断層, 柳ヶ瀬一養老断層系, トレンチ, ボーリング, 活断層, 活動履歴, 古地震

Keywords: Kajiya fault, Sekigahara fault, Miyashiro fault, Yanagase-Yoro fault system, trench, boring, active fault, faulting event, paleoseismology

はじめに

柳ヶ瀬一養老断層系(杉山ほか, 1994)は, 福井県越前岬沖の日本海から, 近江盆地の北東縁, 伊吹山の南麓から養老山地の東縁を経て, 伊勢湾の西岸に至る全長約 140 km に及ぶ断層系である(第 1 図に主要部分を示す)。断層系を構成する主な断層としては, 甲楽城断層, 山中断層, 柳ヶ瀬断層, 鍛冶屋断層, 醍醐断層, 大清水断層, 関ヶ原断層, 宮代断層, 養老断層, 桑名断層, 四日市断層などが挙げられる。全体の走向は概ね北北西-南南東ないしは北西-南東方向であり, 全体として左横ずれ変位を伴っているが, 北部では東側隆起, 南部では西側隆起が卓越する。

柳ヶ瀬一養老断層系の活動履歴に関する調査としては, まず柳ヶ瀬断層において, 武藤ほか(1981)が断層の中部にあたる余呉町(現:長浜市)雁ヶ谷口の断層露頭において, 断層変位を受けた地層から $4,180 \pm 140$ yBP および $4,180 \pm 150$ yBP の放射性炭素同位体年代値が得られたことを報告している。また

杉山ほか(1993)は, 椿坂地点で柳ヶ瀬断層のトレンチ調査を実施し, 断層変位を受けた砂礫層の上面に形成された凹地を埋積する堆積物の年代値から, 断層の最新活動は西暦 1200 年代後半から 1400 年代初頭であった可能性を示した。その後, 吉岡ほか(1998)は, 椿坂地点の北方約 4 km にあたる椿坂峠地点においてトレンチ調査を実施し, 断層の最新活動時期はほぼ 7,000 ないし 7,200 年前に絞り込めることを明らかにし, 上記の椿坂地点とは最新活動時期が異なることを示した。一方, 養老断層では, 数カ所で実施されたピット掘削調査や群列ボーリング調査から, 最新活動は 14 世紀以降, それに先立つ活動は 7 世紀から 9 世紀の間であったと判断され, それぞれ西暦 1586 年の天正地震, 西暦 745 年の天平地震に相当する可能性が高いとされている(須貝ほか, 1998, 1999)。なお, 両断層の間に位置する関ヶ原断層では, 岐阜県(1996)が複数のトレンチを掘削して調査を行っているが, 断層の活動時期を示す具体的なデータは得られていない。

地震調査研究推進本部による活断層の長期評価で

は、柳ヶ瀬-養老断層系は、基盤的調査観測対象断層帯として、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯と養老・桑名-四日市断層帯に分けて評価された。平成16年1月に公表された長期評価（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2004）では、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯は断層帯主部と浦底-柳ヶ瀬山断層帯に区分して評価され、断層帯主部は過去の活動時期の違いからさらに、北部、中部、南部の3区間に区分された（第1図）。そして、このうちの断層帯主部の南部では、最新活動時期が約4,900年前以後15世紀以前と十分に絞り込めておらず、また平均活動間隔も求められていなかったため、将来の地震発生確率は不明とされた。とくに鍛冶屋断層以南では、活動時期に関する資料がほとんど得られておらず、今後十分な調査を行う必要があるとされた。

この評価結果を受けて、産業技術総合研究所では、平成22年度文部科学省委託事業「活断層の追加・補完調査」として、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の主部/南部にあたる鍛冶屋断層、関ヶ原断層、および宮代断層について、断層の分布、活動性および活動履歴をより詳細に把握することを目的に、トレンチ調査およびボーリング調査等を実施した。

2. 鍛冶屋断層

2.1 調査地点の地形と調査概要

鍛冶屋断層は、滋賀県長浜市高月町高野付近から同市鍛冶屋町付近を通って米原市上板並付近まで、北西-南東方向に延びる全長約11kmの左横ずれ活断層である。この断層の北西部では、系統的な横ずれ屈曲河谷や鞍部が連続しているのが見られる。断層の中部にあたる長浜市鍛冶屋町では、山麓に分布する低位および中位の段丘面上に、上流側が相対的に低下した直線的な低崖が認められた（第3図）。この低崖の南東延長線上には、河谷の左ずれ屈曲も見られることから、この低崖が鍛冶屋断層による逆向き低断層崖であると考え、集落東側の中位段丘面上（鍛冶屋A地点）と、その約200m北西方にあたる低位段丘面上（鍛冶屋B地点）の2地点において、それぞれ逆向き低断層崖を横切るようにトレンチを掘削した。A地点では、まず比高約1.5mの逆向き低断層崖を横切るようにA1トレンチを掘削したが、断層上部の地層が人工的に削割されていたため、より削割が少ないと予想された10m東方地点でA2トレンチを掘削した（第4図）。またB地点でも同様に、逆向き低断層崖を横切るようにトレンチを掘削した（第5図）。

2.2 調査結果

1) 鍛冶屋A1トレンチ

トレンチのスケッチを第6図に、壁面写真を第7図に示す。トレンチ壁面には、段丘堆積物の砂礫層

と腐植質の土壤が接するほぼ垂直の断層が露出した。壁面に露出した地層は、上位から1層～8層に区分した。このうち1層は人工の耕作土である。2層はやや不淘汰な礫混じり土壌で、人工の埋土の可能性はある。3層から6層は角礫混じりの腐植質土壌で、そのうち6層は色調や礫の混じり具合に基づき6a層および6b層に細分した。7層は断層沿いに分布する角礫層で、礫は8層と類似するがマトリクスが粘土質である。8層は不淘汰な角礫からなる礫層で、マトリクスは黄褐色のシルトを主体とする。

断層は、7層を挟んで4層から6層と8層が接する主断層と、3層から6層内部に数条の分岐断層が認められ、3層以下の地層を変位させている。西壁面では、6a層の上面が断層から北に向かって45°程度の傾斜で傾き下がっており、上位の5層はその斜面を覆うように低下側にやや厚く分布する。6a層は、3層～6層の他の部分より色調が淡く、断層に向かって厚くなる楔形に分布していることから、断層隆起側の8層から供給されたと考えるのが合理的である。したがって、6a層は断層活動に伴って形成されたイベント堆積物である可能性が指摘できる。なお、東壁面では、グリッドE2、E3間において、5層が6b層に楔状に落ち込んでいるのに対し、4層と5層の境界は大きく変形していない。しかしながら、本断層は横ずれ変位を伴っているため、この落ち込みは見かけの上下変位の可能性があり、最新活動によって形成された可能性を否定できない。

壁面から得られた試料の放射性炭素同位体年代測定の結果を第1表に示す。以下本文では、デルタ¹³C補正を行った¹⁴C年代と、IntCal09データセット（Reimer *et al.*, 2009）を用いて計算した暦年較正值（誤差幅1σ）を示す。3層からは2,990±40 yBPおよび3,160±40 yBP（暦年でBC 1302～1132年およびBC 1493～1408年）の年代値が得られた。したがって、この地点での断層の最新活動時期は、少なくとも約3,300年前以後であると考えられる。また6b層の下部からは6,140±40 yBPおよび6,380±40 yBP（暦年でBC 5207～5006年およびBC 5464～5315年）、5層からは5,590±40 yBPおよび5,910±40 yBP（暦年でBC 4455～4368年およびBC 4827～4726年）の年代値が得られた。したがって、西壁面の6a層を断層活動に伴うイベント堆積物とした場合、その断層活動時期は約7,200年前以後、6,700年前以前となる。なお、断層を覆う2層から2,970±40 yBPおよび3,660±40 yBP（暦年でBC 1265～1127年およびBC 2131～1965年）の年代値が得られたが、2層は人工による埋土の可能性があり、後述するBトレンチから推定された断層活動時期と矛盾することなどから、これらの年代試料は再堆積の可能性が高いと考えられ、これらの年代値からは断層活動時期を限定できないと判断した。

2) 鍛冶屋 A2 トレンチ

トレンチのスケッチを第 8 図に示す。トレンチ壁面には、A1 トレンチ同様、段丘堆積物の砂礫層と腐植質の土壌が接する断層が露出したが、断層は数条に分岐し、また 3 層の層内構造が不明瞭なため、断層の上端は不明瞭である。ただし、少なくとも 2 層には変位を与えていない。

壁面から得られた試料の放射性炭素同位体年代測定の結果を第 1 表に示す。断層を覆う 2 層からは $2,880 \pm 40$ yBP および $3,850 \pm 40$ yBP (暦年で BC 1126～1001 年および BC 2449～2210 年) の年代値が得られた。しかしながら、2 層は人工による埋土の可能性があり、後述する B トレンチから推定された断層活動時期と矛盾することなどから、これらの年代試料は再堆積の可能性が高いと考えられ、これらの年代値からは断層活動時期を限定できないと判断した。

3) 鍛冶屋 B トレンチ

トレンチのスケッチを第 9 図に、壁面写真を第 10 図に示す。トレンチ壁面では、基盤岩とその上位の段丘堆積物が断層で切られ、細粒堆積物と接しているのが観察された。壁面に露出した地層は、上位から 1 層～8 層に区分した。このうち、1 層 (1a 層, 1b 層) は人工の埋土である、2 層は層相から 2a 層～2c 層に細分したが、いずれも淘汰の悪い堆積物であること、円礫が比較的多く含まれているものの、地形からこの場所を流れる河川は想定しにくいことなどから、7 層を削平した結果の人工の堆積物の可能性が高いと考えられる。3 層は礫混じりの腐植質シルト層、4 層は植物遺体を多く含む腐植土層である。5 層は白色のシルトないし粘土層を主体とし、円礫層およびやや腐植質のシルト層を挟む。6 層は断層沿いに分布する円～亜角礫層で、礫は 7 層と類似するがマトリクスが粘土質である。7 層は比較的淘汰のよい円～亜角礫層で、東壁面では厚さ 30 cm 程度の砂層を挟む。8 層の基盤岩をほぼ水平に覆って分布していることから、草野川の段丘堆積物と考えられる。8 層は基盤岩の美濃帯の堆積岩類の破碎帯である。

断層は、6 層を挟んで 8 層および 7 層と 5 層が接する主断層と、それから分岐する数条の分岐断層からなる。低下側 (北側) に分岐するいくつかの断層は東壁面で 4 層までを変位させ、3 層に覆われるのが確認された。さらに、5 層中に挟まれる礫層や腐植質シルト層が 4 層と比較してより大きく変形していることから、5 層堆積後、4 層堆積前にも断層活動があったと推定される。

壁面から得られた試料の放射性炭素同位体年代測定の結果を第 1 表に示す。断層変位を受けた堆積物のうち、最上位の 4 層からは 890 ± 40 yBP (暦年で AD 1049～1211 年) から $1,640 \pm 40$ yBP (暦年で AD

346～530 年) の 4 つの年代値が得られた。したがって、この地点での鍛冶屋断層の最新活動時期は AD 1049 年以後と推定される。なお、断層を覆う 3 層からは、4 層より古い $1,770 \pm 40$ yBP および $2,040 \pm 40$ yBP (暦年で AD 216～338 年および BC 106～AD 17 年) の年代値が得られた。しかしながら、3 層は斜面に堆積した礫混じりの地層であることから、それに含まれる有機物は査面上部から再堆積したものの可能性が高いと判断した。また、東壁面で断層沿いの 5 層に挟まれる腐植質シルト層からは $3,820 \pm 40$ yBP (暦年で BC 2341～2155 年) の年代値が得られたが、同じ 5 層からは $10,280 \pm 50$ yBP および $10,410 \pm 40$ yBP (暦年で BC 10191～9894 年および BC 10454～10202 年) の年代値が得られているため、この年代試料は後に断層沿いに挟み込まれたもので、5 層の年代を示していないと考えた。また挟み込まれた時期は最新活動時の可能性も否定できないので、この年代値から最新活動に先立つ活動の時期を限定することはできない。したがって、この地点での最新活動に先行する活動時期は、5 層の年代と 4 層から得られた最も古い年代値を用いて、約 12,000 年前以後、約 1,500 年前以前としか限定できない。

なお、トレンチでは断層低下側の段丘堆積物および基盤岩が確認できなかったため、産総研による追加調査として、トレンチの北端から約 1.5 m 北でボーリング調査を実施した。その結果、地表下 9.4 m でも基盤岩に達しないことが確認された (第 11 図)。放射性炭素同位体年代測定の結果、深度 8.4 m 付近の礫層からは $18,930 \pm 90$ yBP (暦年で BC 20925～20359 年) の年代値が得られた (第 1 表)。この礫層は円礫を含むことから、この礫層とトレンチ壁面の 7 層 (段丘堆積物) を対比すると、約 22,000～23,000 年間に約 7～9 m の上下変位があった可能性があり、上下方向の平均変位速度は約 0.3～0.4 m / 千年となる可能性がある。

3. 関ヶ原断層

3.1 調査地点の地形と調査概要

関ヶ原断層は、滋賀県米原市上平寺付近から岐阜県不破郡関ヶ原町大高付近まで、西北西—東南東方向に延びる左横ずれ活断層である。全長は約 7 km で、大地形からは北側隆起の上下成分を伴っていると推定される。断層に沿っては、山麓部にいくつかの分離丘陵が連続的に分布し、断層はこれらの分離丘陵と山地の間の鞍部を通過すると推定されている (第 12 図)。関ヶ原町秋葉では、シャッターリッジと見られる分離丘陵と山地との間に明瞭な鞍部が認められ、この鞍部を断層が通過すると推定し、この地点 (秋葉地点) でトレンチを掘削した (第 13 図)。なお、この地点は岐阜県 (1996) によるトレンチ調査地点の約 40 m 西方にあたる。岐阜県 (1996) のトレンチ

では明瞭な断層は確認されていないが、トレンチ南寄りの斜面基部で、スケッチにV字形の地層境界が描かれていることから、この延長上に当たる分離丘陵の北側斜面基部においてトレンチを掘削した。

3.2 調査結果

秋葉地点でのトレンチのスケッチを第14図に示す。トレンチ壁面には傾斜した基盤岩の上面を覆うように角礫層や細粒の堆積物が堆積しているのが観察されたが、それらを変位させる断層は確認されなかった。壁面に露出した地層は、上位から1層～7層に区分した。このうち1層は表層の土壌である。2層はやや不淘汰な礫混じり土壌で、人工の埋土の可能性がある。3層は角礫混じりの斜面堆積物、4層は谷を埋積した礫混じりシルト層である。5層はやや腐植質の斜面堆積物で、ほぼ一様の傾斜で6層および7層を覆っている。6層は礫層ないし不淘汰な礫混じり砂層で、トレンチ北部では腐植質粘土層を挟む。7層は基盤岩で、美濃帯の砂岩層を主とし、低角度の小断層が発達しているが、破碎度は低く、堆積構造が残存している。なお、トレンチ西壁面のグリッド3.5付近で、ほぼ垂直な境界を境にして7層の色調が変わるとともに、その北側が粘土質になるが、基盤岩の堆積構造は連続しており、この変化は基盤岩の風化程度の違いによるものと判断される。

壁面から得られた試料の放射性炭素同位体年代測定の結果を第1表に示す。5層からは9,230±50 yBP（暦年でBC 8542～8347年）、6層の腐植質粘土層からは12,330±50 yBP（暦年でBC 12566～12130年）の年代値が得られた。一方、鞍部中軸を横断するように掘削された岐阜県（1996）の調査結果では、トレンチ下部には15,230±140 yBP（暦年でBC 16706～16163年）ないし15,850±140 yBP（暦年でBC 17316～16902年）の放射性炭素同位体年代が得られた地層が分布しており、この地層は断層変位を受けていないことが示されている。今回のトレンチ調査の結果から、鞍部南側の分離丘陵の基部には、基盤岩中にも顕著な断層は存在していないことが確認されたため、断層がこの鞍部を通過するとすれば、岐阜県（1996）のトレンチ範囲を通過する可能性が高いと考えられる。したがって、その場合の断層の活動時期は約19,000年前以前と推定される。

なお、関ヶ原断層が分離丘陵の南側山麓部を通過する可能性も否定できないが、山麓部に分布する低位段丘面には、低断層崖などの断層変位地形は認められず、その可能性は低いと考えられる。

4. 宮代断層

4.1 調査地点の地形と調査概要

宮代断層は、岐阜県不破郡垂井町日守付近から養

老郡養老町橋爪付近まで北西－南東方向に延びる、全長約6 kmの南西側隆起の逆断層である。このうち垂井町宮代付近では、南西から流れ出る大谷川の扇状地として形成された低位段丘面を変位させる低断層崖が認められる（第15図）。低断層崖は隆起側に撓曲変形を伴っており、これを含む比高は最大で約8 mである。またこの崖の北方延長部では、より低い扇状地面にも比高1～1.5 mの低断層崖が連続するのが認められる。低位段丘面の形成年代としては、隆起側の段丘面構成層の上部に始良Tnテフラ（AT、約2.8万年前）起源の火山ガラスが含まれていることが報告されている（杉戸ほか、2002）が、低下側の面の年代についてはこれまで情報がなかった。したがって、この崖を横切る変位量をより正確に見積もるために、断層の低下側の低位段丘面上（宮代A地点）で深度30 mのボーリングを1本掘削した。また、低位段丘面を開析する浅い谷の内部（宮代B地点）で、最新活動時期の情報を得ることを目的に、低断層崖を挟んで深度4～5 mのボーリングを4本掘削した。

4.2 調査結果

宮代A地点では、低位段丘面を切る比高約8 mの低断層崖の低下側で、深度30 mのボーリング調査を実施した。その結果、地表下23 m付近に東海層群と段丘堆積物との境界と推定される不整合面が確認された（第16図）。断層隆起側では、既存ボーリング資料からは東海層群上面の深度は約4 mと推定されており、両ボーリング地点間で断層を挟んで東海層群の上面に約35 mの高度差が認められる。しかしながら、今回掘削したボーリングコアでは、東海層群の上位の礫層のうち、深度19.5～20 m付近に挟まれる木片2試料の放射性炭素同位体年代測定を行ったところ、いずれの試料も43,500 yBPより古いという結果が得られた（第1表）。ボーリングコアではこれより上位の礫層中には明瞭な不整合は確認できないが、少なくとも断層低下側の礫層は一連の堆積物でない可能性が高く、この調査結果からこの地点の上下変位量を厳密に議論することはできない。

宮代B地点では、比高約1.5 mの崖を挟んで、4孔のボーリングを掘削した。その結果、段丘堆積物の上面、上位の砂礫層の基底とともに、4本のコア間でほぼ一様に10～15%程度の傾きで傾斜していることが確認された（第17図）。放射性炭素同位体年代測定の結果、上位の砂礫層に挟まれる腐植土片からは1,400±40 yBP（暦年でAD 614～660年）、段丘堆積物直上の礫混じりシルト層からは10,270±50 yBP（暦年でBC 10177～9890年）の年代値が得られた（第1表）。これらの地層の傾斜については、この付近の扇状地の傾斜と比較して優位に大きいことから、断層活動による撓曲変位の可能性が高いが、段丘堆積物の上面の傾斜と、年代が大きく異なる上位の砂礫

層の基底の傾斜がほぼ同じであることから, 上位の砂礫層は傾斜した地層を覆って堆積した可能性がある。したがって, この地点での断層の最新活動時期については, 約 12,000 年前以後である可能性が高いと言えるが, それ以上に活動時期を絞り込むことはできない。

5. まとめ

本調査の結果, 柳ヶ瀬-養老断層系のうち, 鍛冶屋断層の最新活動時期は約 1,000 年前 (11 世紀中頃) 以後と推定される。それに先立つ活動時期については約 7,200 年前以後, 約 6,700 年前以前であった可能性がある。秋葉地点のトレンチ調査からは, この地点の関ヶ原断層の最新活動時期は約 19,000 年前以前の可能性がある。また, 宮代地点のボーリング調査の結果からは, この地点の宮代断層は約 12,000 年前以後に活動した可能性が高いと言える。

以上のことから, 柳ヶ瀬-養老断層系のうち, 鍛冶屋断層の最新活動は柳ヶ瀬断層の椿坂地点での最新活動と同一時期の可能性があると同時に, 少なくとも鍛冶屋断層の過去 2 回の活動時期には関ヶ原断層は活動していないことが示される。一方, 関ヶ原断層と宮代断層の最新活動時期も異なっている可能性が高いが, 宮代断層が養老断層と同様に, 1586 年天正地震で活動したかどうかは明らかにすることができなかった。

謝辞 本研究を行うにあたって, 滋賀県防災危機管理局, 岐阜県防災課, 長浜市役所, 関ヶ原町役場, 垂井町役場の方々をはじめ, 地元関係者の皆様には多大なるご協力をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表す。

文 献

- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51, 337-360.
- 岐阜県 (1996) 「平成 7 年度地震調査研究交付金 関ヶ原断層に関する調査 成果報告書」。岐阜県, 329p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001) 養老-桑名-四日市断層帯の評価. 27p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004) 柳ヶ瀬-関ヶ原断層帯の評価. 29p.
- 武藤 章・豊蔵 勇・松浦一樹・池戸正行 (1981) 活断層調査の例-柳ヶ瀬断層. *応用地質*, 22, 32-51.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Burr, G. S., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S. W., Reimer, R. W., Richards, D. A., Southon, J. R., Talamo, S., Turney, C. S. M., van der Plicht, J., & Weyhenmeyer, C. E. (2009). IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 51, 1111-1150.
- 須貝俊彦・栗田泰夫・下川浩一 (1998) : 桑名断層・四日市断層の活動履歴調査. *地質調査所速報*, EQ/98/1, 75-90.
- 須貝俊彦・伏島祐一郎・栗田泰夫・吾妻 崇・荻谷愛彦・鈴木康弘 (1999) : 養老断層の完新世後期の活動履歴-1596 年天正地震・745 年天平地震震源断層の可能性. *地質調査所速報*, EQ/99/3, 89-102.
- 杉戸信彦・東郷正美・竹村恵二・岡田篤正・野原 壯・高田圭太 (2002) 濃尾平野西縁部に位置する宮代断層の活動について. *活断層研究*, no.21, 51-57.
- 杉山雄一・栗田泰夫・吉岡敏和 (1994) 「柳ヶ瀬-養老断層系ストリップマップ」。構造図 10, 地質調査所.
- 杉山雄一・栗田泰夫・佃 栄吉・吉岡敏和 (1993) 1992 年柳ヶ瀬断層 (椿坂地区) トレンチ調査. *活断層研究*, 11, 100-109.
- 吉岡敏和・杉山雄一・細矢卓志・逸見健一郎・渡辺俊一・田中英幸 (1998) 柳ヶ瀬断層の最新活動-滋賀県余呉町椿坂峠におけるトレンチ発掘調査-. *地震*, 第 2 輯, 51, 281-289.

(受付: 2011 年 7 月 20 日, 受理: 2011 年 9 月 5 日)

第1表. トレンチ壁面から採取された試料の放射性炭素同位体年代の測定結果. ^{14}C 年代値は Libby の半減期 5568 年を用い, $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行った値を示す. 暦年については, 暦年較正ソフトウェア Oxcal 4.1 (Bronk Ramsey, 2009) を使用して, IntCal09 データセット (Reimer *et al.*, 2009) に基づいて暦年較正 (誤差幅 1σ) を行った値を示す.

Table 1. Radiocarbon dates of the samples. ^{14}C ages were corrected by $\delta^{13}\text{C}$ and calculated using Libby half-life of 5568 years. Calendar years are dendrochronologically calibrated probable age ranges of confidence levels 68.3% (1σ), using Oxcal 4.1 (Bronk Ramsey, 2009) and IntCal09 Radiocarbon Age Calibration database (Reimer *et al.*, 2009).

鍛冶屋A1トレンチ

試料No.	層区分	試料	測定No	$\delta^{13}\text{C}$ 補正年代 (yBP)	暦年代(IntCal 09) 1Sigma (Cal)	測定方法	処理方法	備考
KA1-E-04	2	炭化物	Beta-288989	2970 \pm 40	BC 1265 to 1127	AMS法	AAA	
KA1-E-02	3	炭化物	Beta-288993	2990 \pm 40	BC 1302 to 1132	AMS法	AAA	
KA1-E-13	3	有機質堆積物	Beta-289004	3160 \pm 40	BC 1493 to 1408	AMS法	A	
KA1-E-11	4	有機質堆積物	Beta-289002	3810 \pm 40	BC 2335 to 2148	AMS法	A	
KA1-W-05	2	有機質堆積物	Beta-289001	3660 \pm 40	BC 2131 to 1965	AMS法	A	
KA1-W-03	4	炭化物	Beta-288992	4740 \pm 40	BC 3632 to 3385	AMS法	AAA	
KA1-W-07	5	有機質堆積物	Beta-289005	5590 \pm 40	BC 4455 to 4368	AMS法	A	
KA1-W-12	5	有機質堆積物	Beta-291058	5910 \pm 40	BC 4827 to 4726	AMS法	A	
KA1-W-13	6b	有機質堆積物	Beta-289003	6140 \pm 40	BC 5207 to 5006	AMS法	A	
KA1-W-14	6b	有機質堆積物	Beta-289000	6380 \pm 40	BC 5464 to 5315	AMS法	A	

鍛冶屋A2トレンチ

試料No.	層区分	試料	測定No	$\delta^{13}\text{C}$ 補正年代 (yBP)	暦年代(IntCal 09) 1Sigma (Cal)	測定方法	処理方法	備考
KA2-E-07	2	炭化物	Beta-288991	2880 \pm 40	BC 1126 to 1001	AMS法	AAA	
KA2-E-13	3	有機質堆積物	Beta-288998	5640 \pm 40	BC 4530 to 4404	AMS法	A	
KA2-W-04	2	有機質堆積物	Beta-288998	3850 \pm 40	BC 2449 to 2210	AMS法	AAA	
KA2-W-01	3	炭化物	Beta-290273	3940 \pm 40	BC 2549 to 2347	AMS法	AAA	
KA2-W-02	3	有機質堆積物	Beta-288999	4900 \pm 40	BC 3705 to 3647	AMS法	A	

鍛冶屋Bトレンチ

試料No.	層区分	試料	測定No	$\delta^{13}\text{C}$ 補正年代 (yBP)	暦年代(IntCal 09) 1Sigma (Cal)	測定方法	処理方法	備考
KB-E-04	2c	炭化物	Beta-291063	230 \pm 40	AD 1641 to 1953	AMS法	AAA	
KB-E-11	3	有機質堆積物	Beta-291061	1770 \pm 40	AD 216 to 338	AMS法	A	
KB-E-05	4	炭化物	Beta-288990	890 \pm 40	AD 1049 to 1211	AMS法	AAA	
KB-E-01	4	木片	IAAA-101489	1000 \pm 30	AD 992 to 1116	AMS法	AAA	
KB-E-10	4	有機質堆積物	Beta-291060	1360 \pm 40	AD 637 to 689	AMS法	A	
KB-E-09	4	有機質堆積物	Beta-288995	1640 \pm 40	AD 346 to 530	AMS法	A	
KB-E-07	5	有機質堆積物	Beta-291059	3820 \pm 40	BC 2341 to 2155	AMS法	A	
KB-E-08	5	有機質堆積物	Beta-288997	10280 \pm 50	BC 10191 to 9894	AMS法	A	
KB-W-02	3	有機質堆積物	Beta-288996	2040 \pm 40	BC 106 to AD 17	AMS法	A	
KB-W-01	5	有機質堆積物	IAAA-101490	10410 \pm 40	BC 10454 to 10202	AMS法	A	

鍛冶屋B地点追加ボーリング

試料No.	深度 (m)	試料	測定No	$\delta^{13}\text{C}$ 補正年代 (yBP)	暦年代(IntCal 09) 1Sigma (Cal)	測定方法	処理方法	備考
K-1-1	1.58-1.63	植物遺体	Beta-291062	1110 \pm 40	AD 894 to 980	AMS法	AAA	
K-1-2	2.12-2.18	有機質堆積物	Beta-291064	6870 \pm 40	BC 5799 to 5714	AMS法	A	
K-3-1	3.35	有機質堆積物	Beta-291065	11250 \pm 50	BC 11275 to 11154	AMS法	A	
K-1-4	4.90	木片	Beta-292947	16090 \pm 70	BC 17471 to 17032	AMS法	AAA	
K-1-5	6.90-6.93	植物遺体	Beta-292948	17850 \pm 80	BC 19526 to 19284	AMS法	AAA	
K-1-6	8.43	植物遺体	Beta-292949	18930 \pm 90	BC 20925 to 20359	AMS法	AAA	

秋葉トレンチ

試料No.	層区分	試料	測定No	$\delta^{13}\text{C}$ 補正年代 (yBP)	暦年代(IntCal 09) 1Sigma (Cal)	測定方法	処理方法	備考
SC-E10		炭化物	Beta-289025	9230 \pm 50	BC 8542 to 8347	AMS法	AAA	
SEKI-E05		有機質堆積物	Beta-289024	12330 \pm 50	BC 12566 to 12130	AMS法	A	

宮代ボーリング

試料No.	深度 (m)	試料	測定No	$\delta^{13}\text{C}$ 補正年代 (yBP)	暦年代(IntCal 09) 1Sigma (Cal)	測定方法	処理方法	備考
M-1-1	19.50-19.55	木片	Beta-289026	>43500		AMS法	AAA	
M-1-2	19.80-19.85	木片	Beta-291066	>43500		AMS法	AAA	
M-3-1	1.80	有機質堆積物	Beta-289027	1400 \pm 40	AD 614 to 660	AMS法	A	
M-3-2	2.85-3.03	有機質堆積物	Beta-289028	10270 \pm 50	BC 10177 to 9890	AMS法	A	



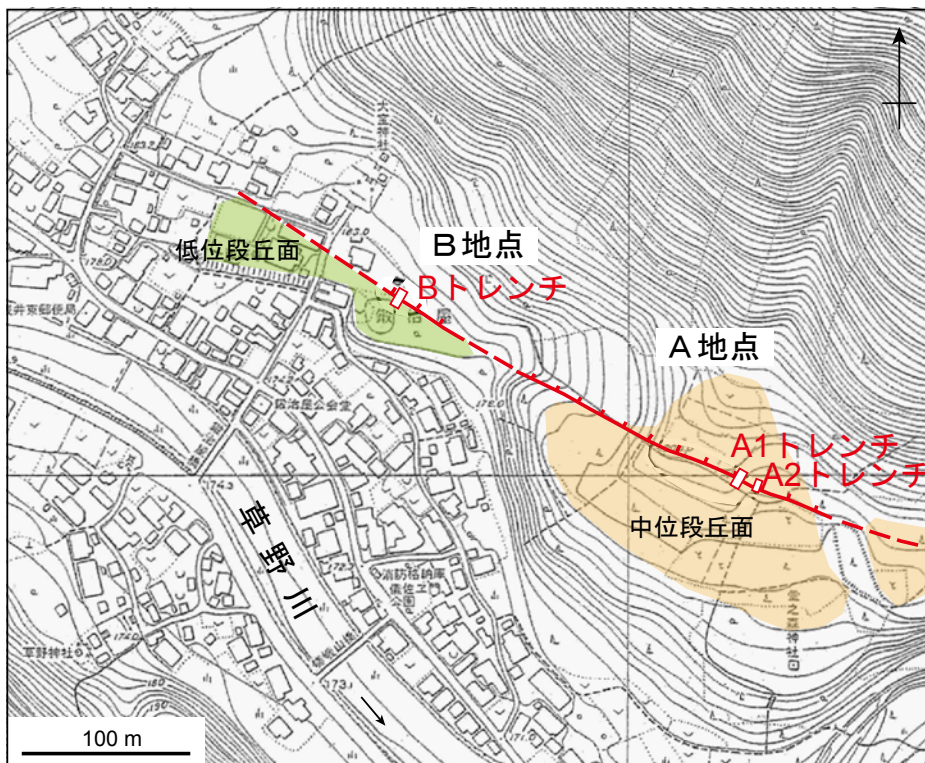
第1図. 柳ヶ瀬－養老断層系主要部の活断層の分布と周辺の地質. 産業技術総合研究所地質調査総合センターの1/20万日本シームレス地質図を使用. 赤線および赤文字は地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001, 2004)に示された活断層とその区分および名称.

Fig. 1. Geological map and location of the Yanagase-Yoro fault system. Seamless Digital Geological Map of Japan (1:200,000) by Geological Survey of Japan, AIST is used. Red lines and characters show active faults and their names shown by ERC, HERP (2001, 2004).



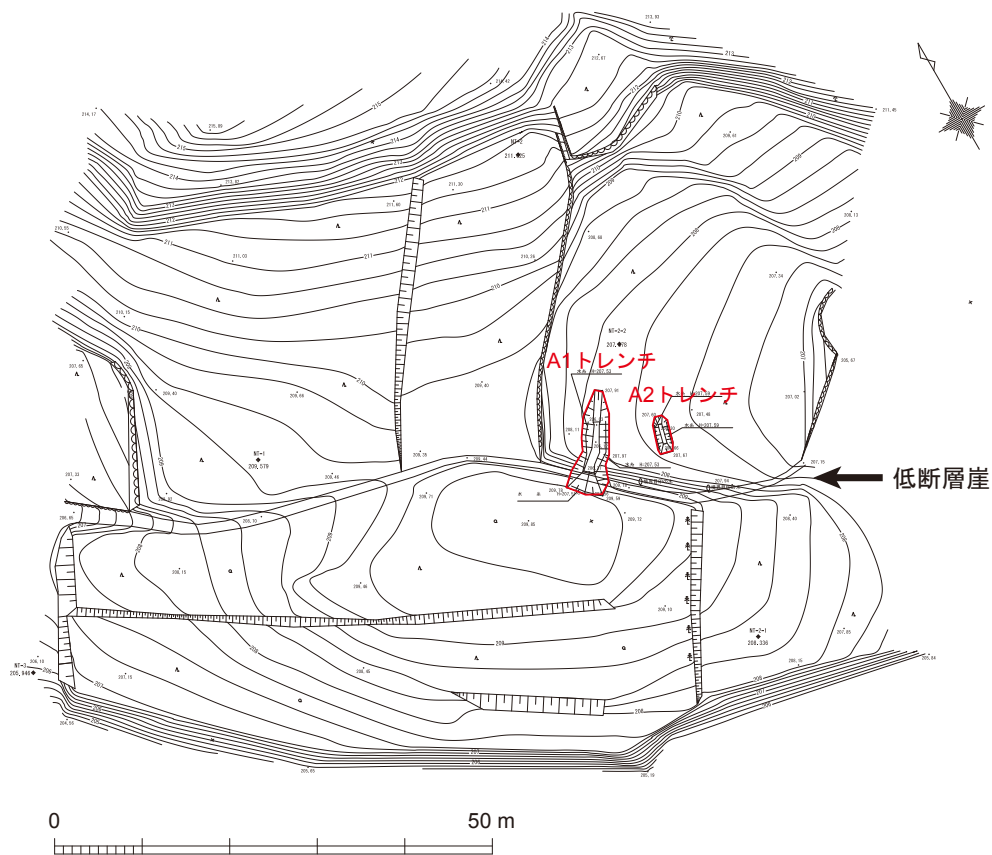
第2図. 調査対象とした活断層と調査地点の位置. 地質調査所発行の柳ヶ瀬-養老断層系ストリップマップ (杉山ほか, 1994) を使用.

Fig. 2. Location of active faults and surveyed sites. Strip map of the Yanagase-Yoro fault system issued by Geological Survey of Japan is used.

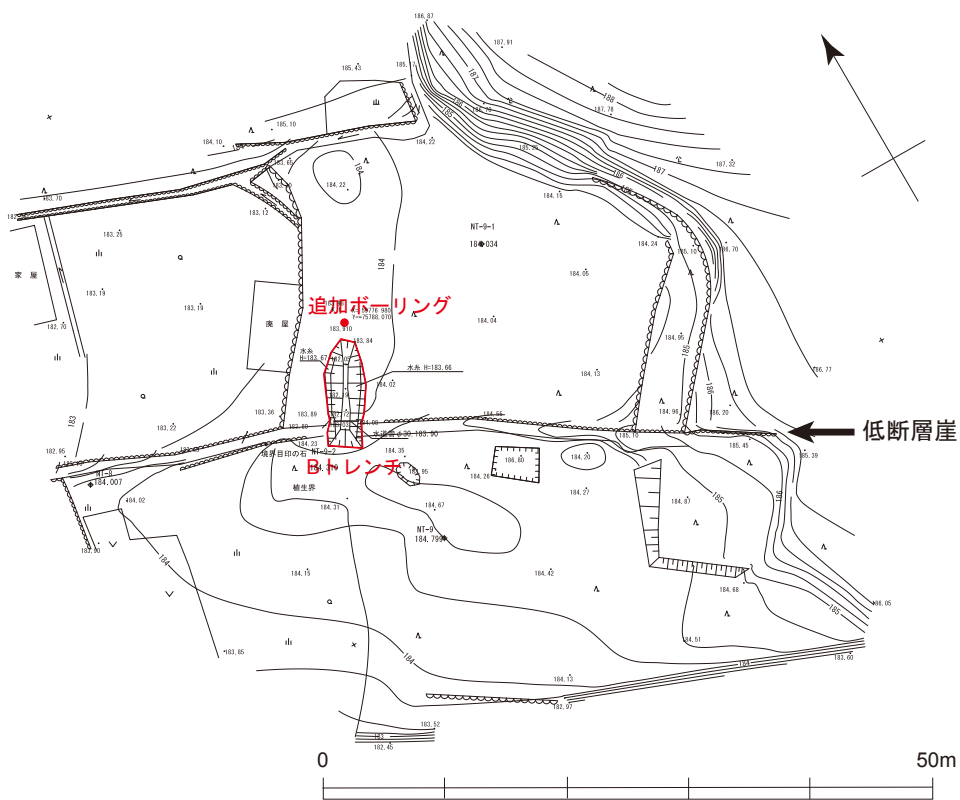


第3図. 鍛冶屋断層鍛冶屋地点周辺の地形. 長浜市作成の 1/2,500 地図を使用.

Fig. 3. Topographic map around the Kajiya site.



第4図．鍛冶屋A地点の調査位置実測図．等高線間隔は25cm.
Fig. 4. Detail topographic map of the Kajiya A site. Contour interval is 25 cm.



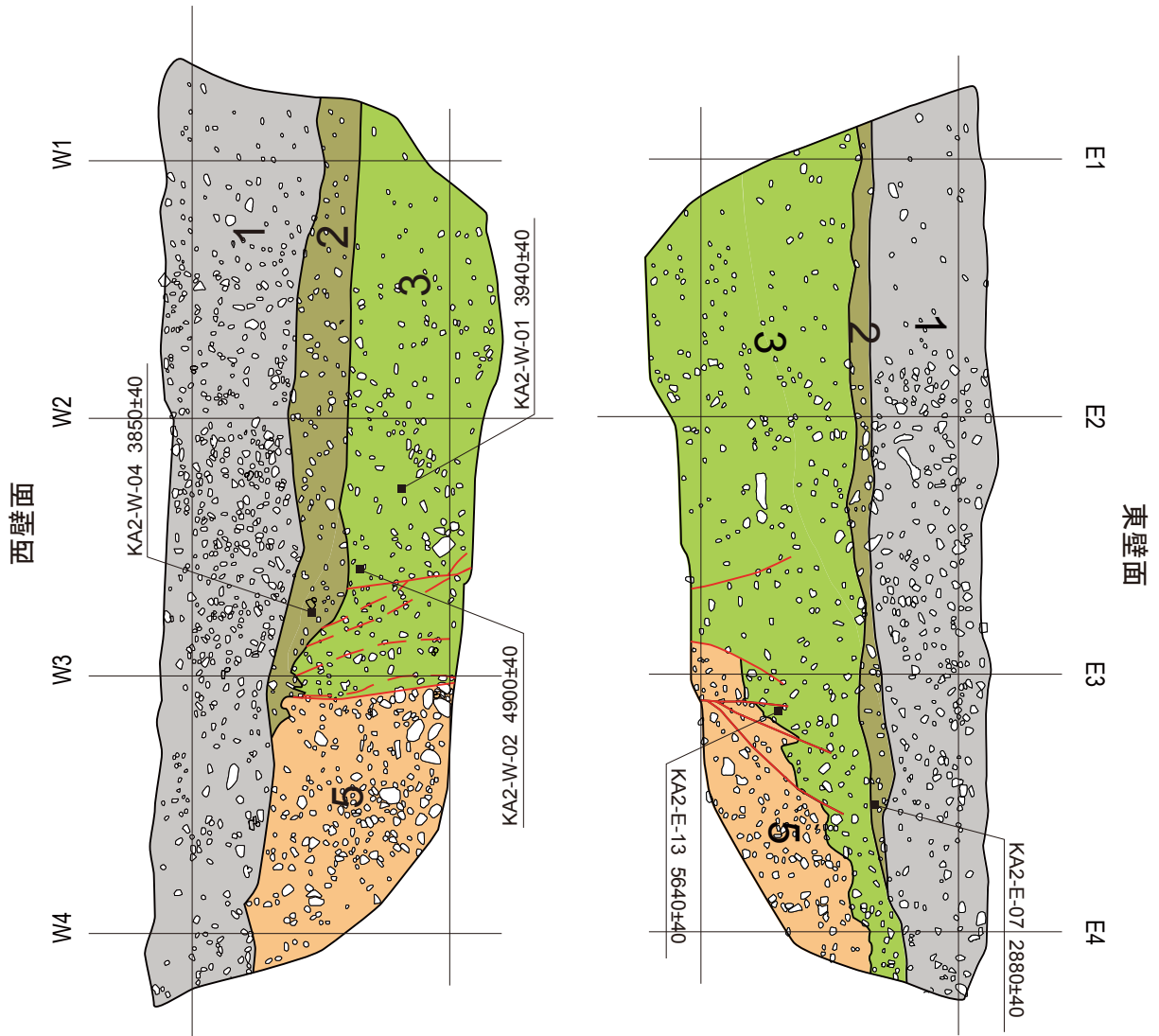
第5図．鍛冶屋B地点の調査位置実測図．等高線間隔は25cm.
Fig. 5. Detail topographic map of the Kajiya B site. Contour interval is 25 cm.



第6図. 鍛冶屋A1トレンチの壁面スケッチ. グリッドは鉛直面上で1m間隔. 年代測定結果の詳細は第1表参照.
 Fig. 6. Log of the Kajiya A1 trench. Grid interval is 1 meter on vertical plane. See Table 1 for more information about radiocarbon dates.

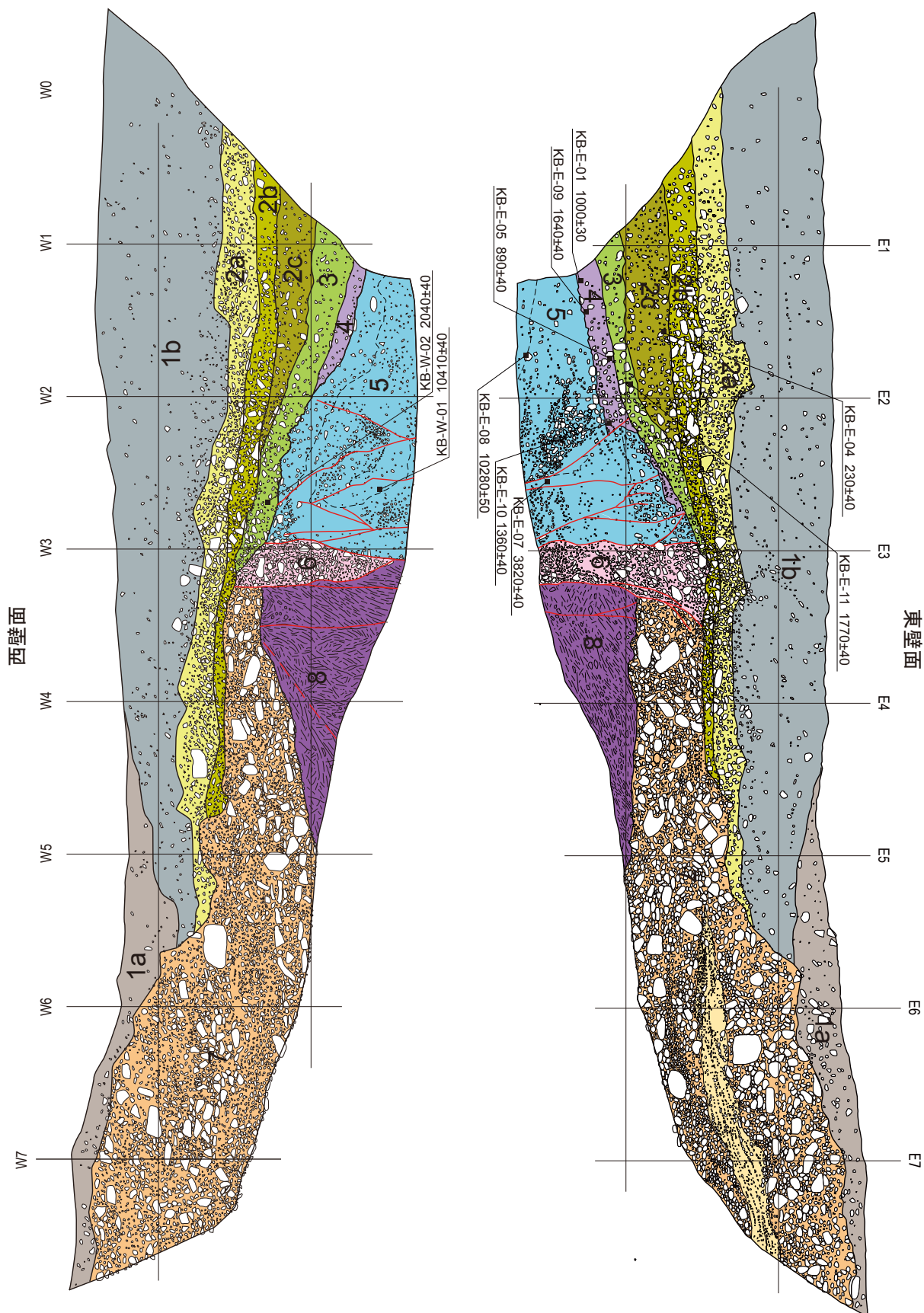


第7図．鍛冶屋 A1 トレンチ壁面の写真．上：東壁面，下：西壁面．グリッドは鉛直面上で 1 m 間隔．
Fig. 7. Photographs of the both walls of the Kajiya A1 trench. upper: eastern wall, lower: western wall.



第8図. 鍛冶屋A2トレンチの壁面スケッチ. グリッドは鉛直面上で1m間隔. 年代測定結果の詳細は第1表参照.

Fig. 8. Log of the Kajiya A2 trench. Grid interval is 1 meter on vertical plane. See Table 1 for more information about radiocarbon dates.

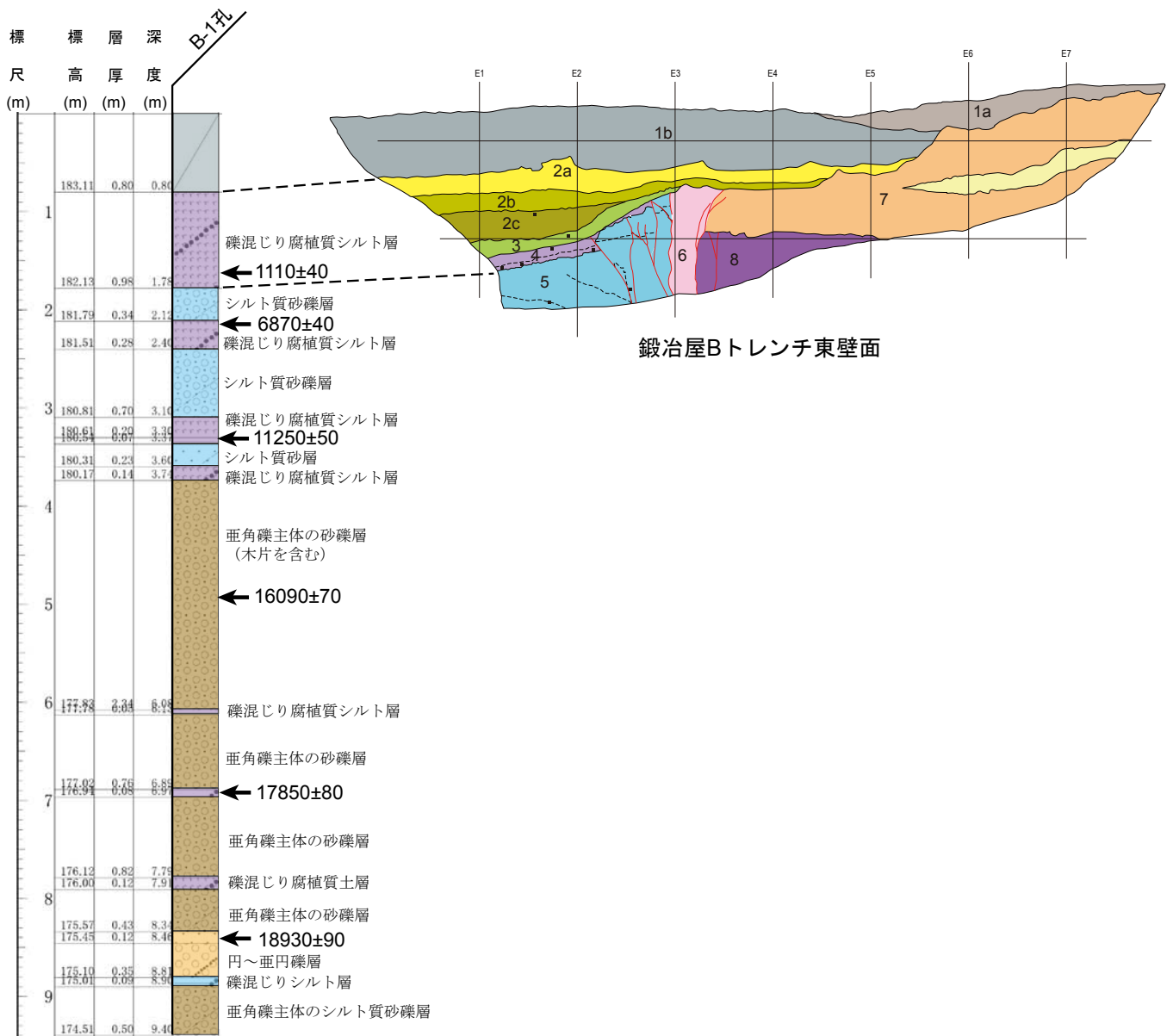


第9図. 鍛冶屋Bトレンチの壁面スケッチ. グリッドは鉛直面上で1m間隔.
年代測定結果の詳細は第1表参照.

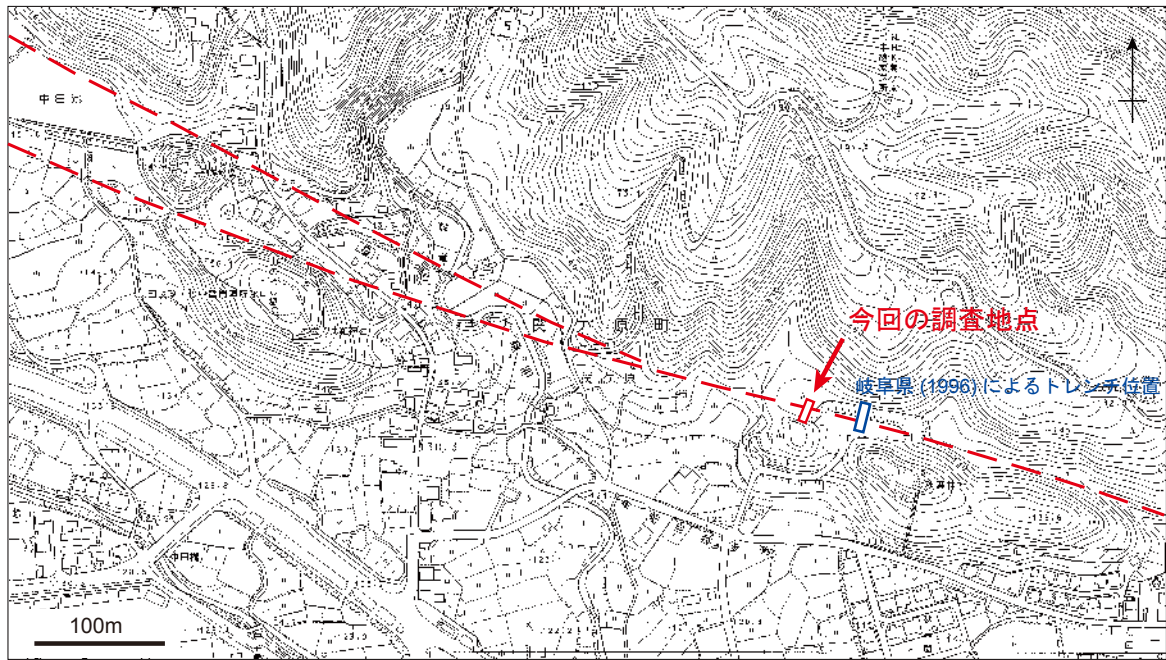
Fig. 9. Log of the Kajiya B trench. Grid interval is 1 meter on vertical plane. See Table 1 for more information about radiocarbon dates.



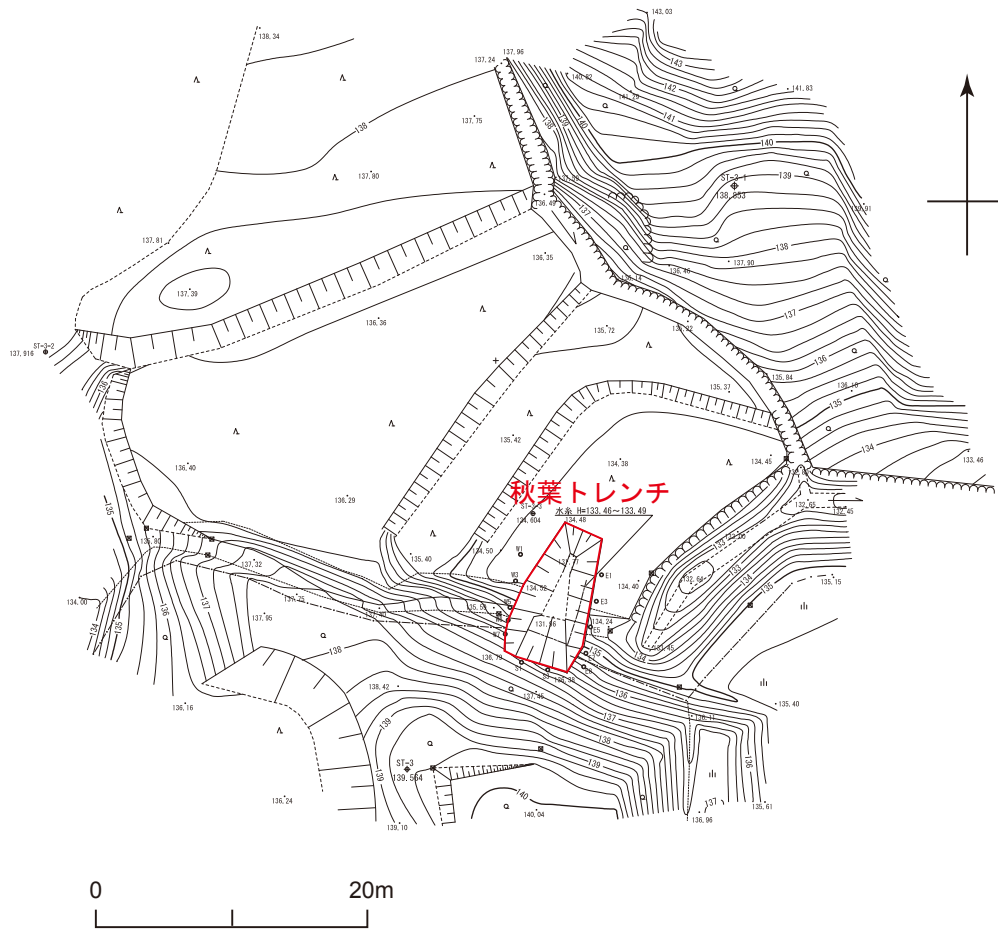
第10図. 鍛冶屋Bトレンチ壁面の写真. 上: 東壁面, 下: 東壁面の部分拡大(撮影範囲は上図の白枠). グリッドは鉛直面上で1m間隔.
Fig. 10. Photographs of the eastern wall of the Kajiya A1 trench. upper: whole wall, lower: close-up view.



第 11 図. 鍛冶屋 B トレンチおよびボーリングの断面図.
Fig. 11. Cross section of the Kajiya B trench wall and borehole.

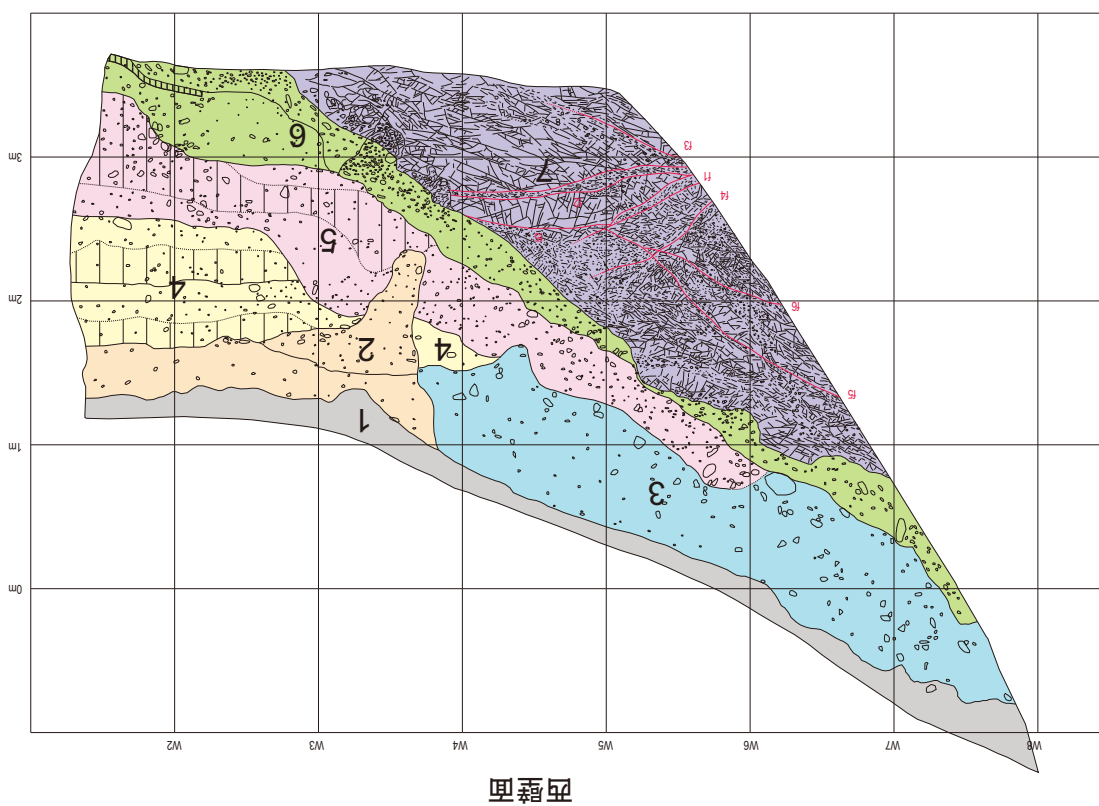
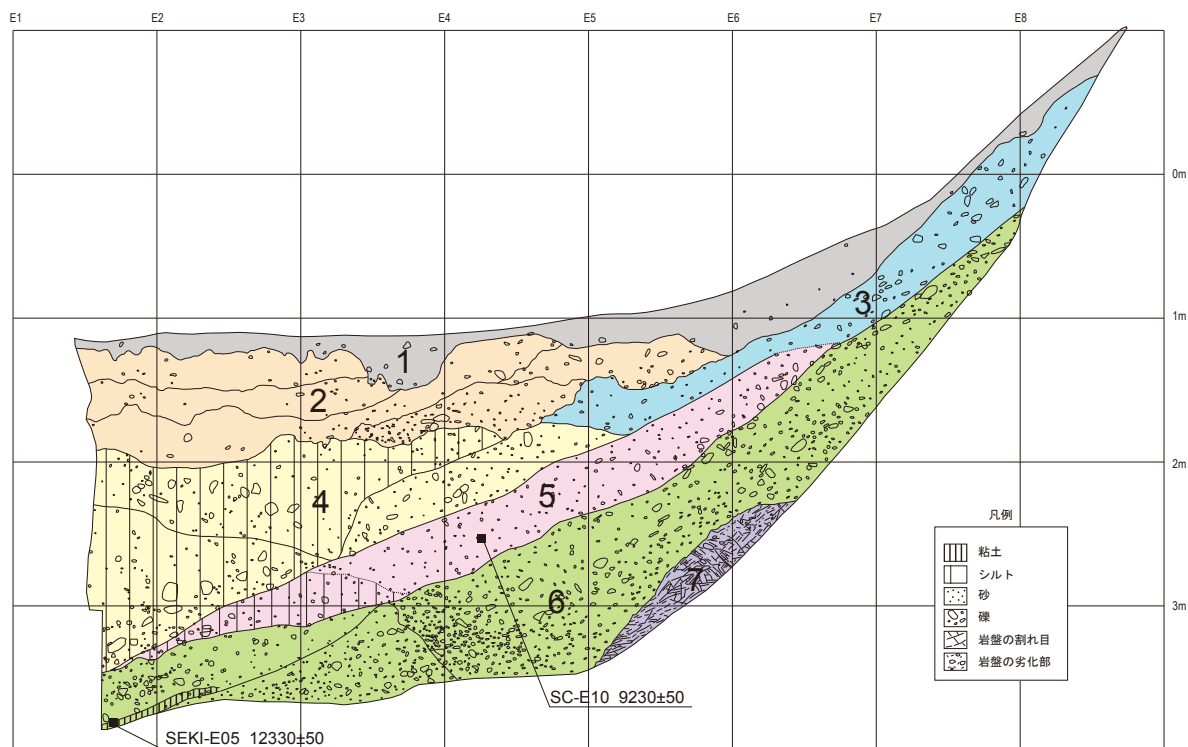


第 12 図. 関ヶ原断層秋葉地点周辺の地形. 関ヶ原町作成の 1/5,000 地図を使用.
赤破線は岐阜県 (1996) による活断層 (F-1 断層) の位置を示す.
Fig. 12. Topographic map around the Kajiya site.



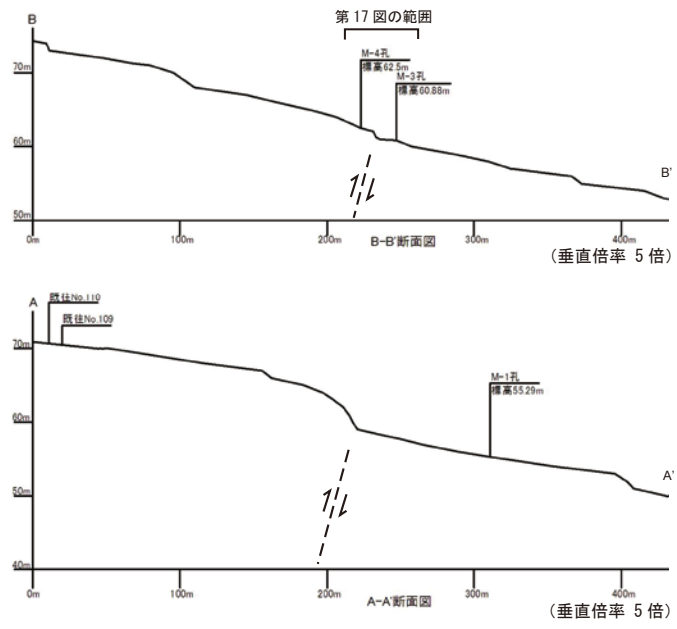
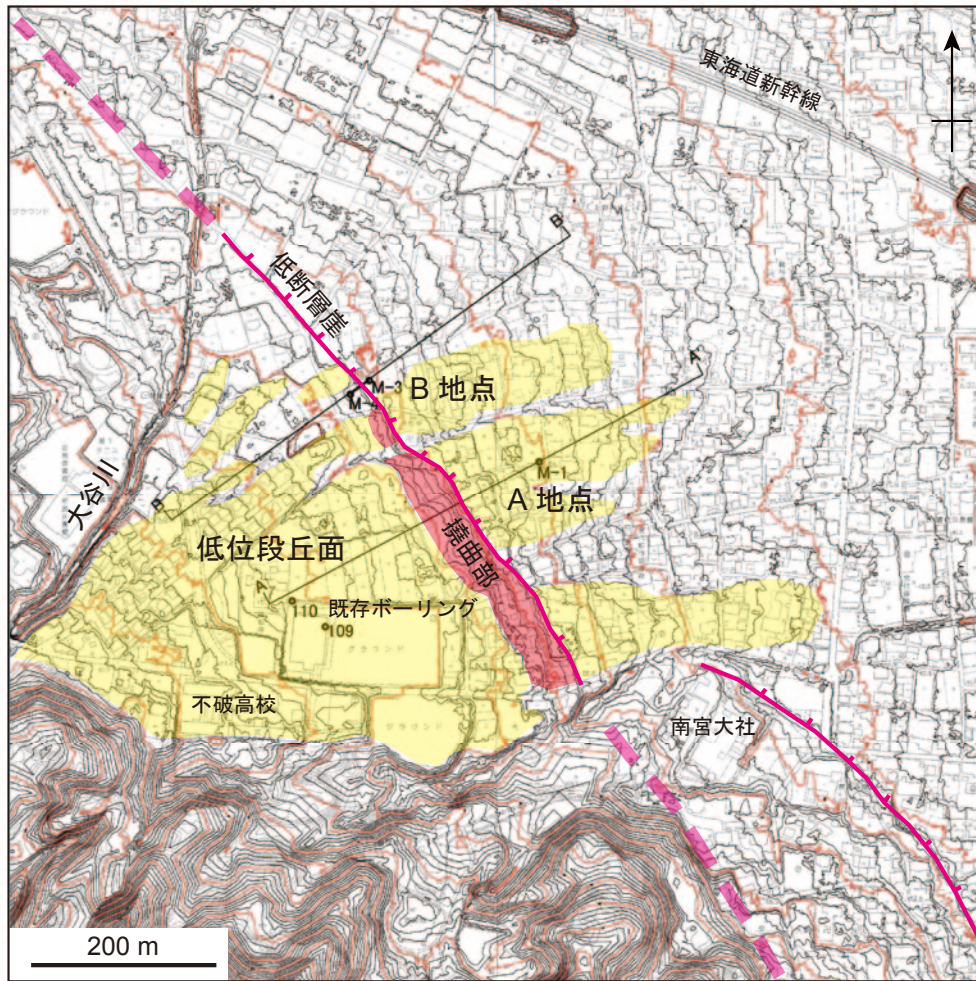
第 13 図. 秋葉地点の調査位置実測図. 等高線間隔は 25 cm.
Fig. 13. Detail topographic map of the Kajiya B site. Contour interval is 25 cm.

東壁面



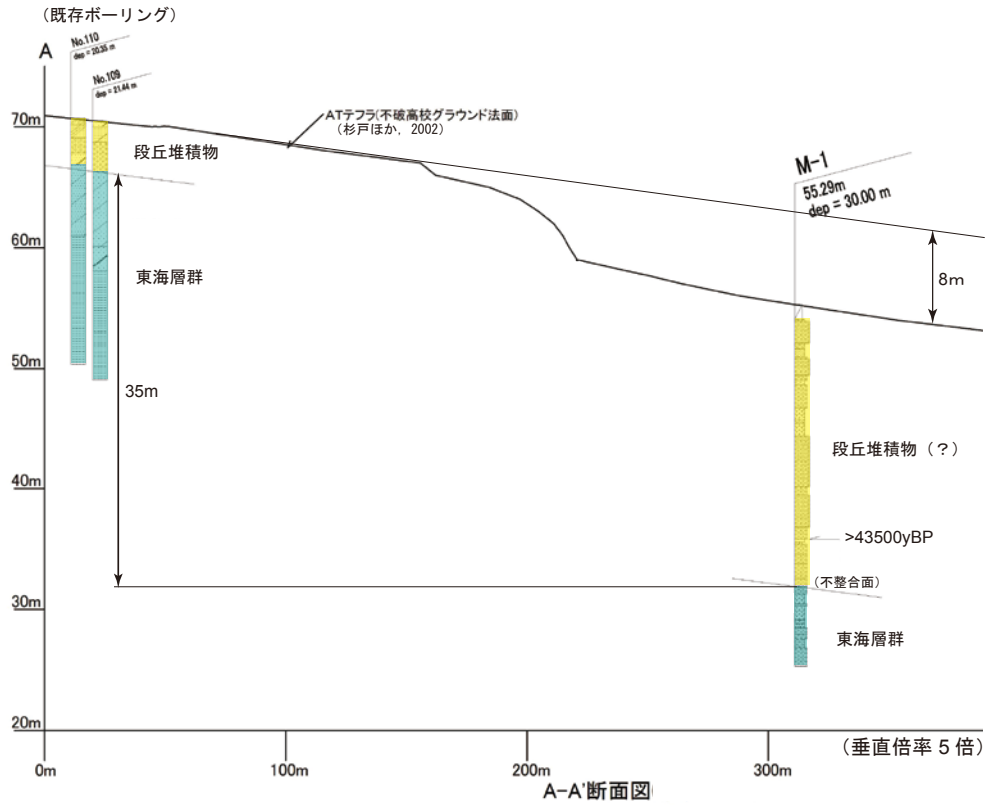
第 14 図．秋葉トレンチの壁面スケッチ．グリッドは鉛直面上で 1 m 間隔．年代測定結果の詳細は第 1 表参照．

Fig. 14. Log of the Akiba trench. Grid interval is 1 meter on vertical plane. See Table 1 for more information about radiocarbon dates.

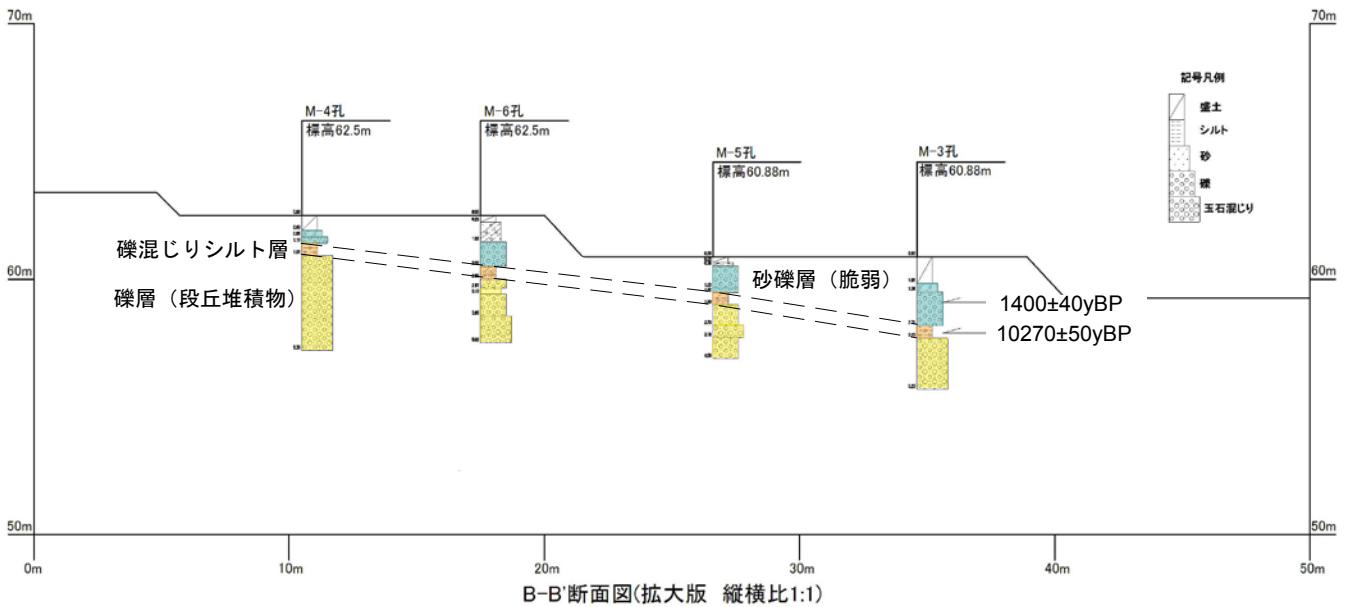


第 15 図. 宮代断層宮代地点付近の詳細地形図と地形断面. 等高線は航空レーザー測量データから作成した 2 m グリッドの DEM による. 間隔は 1 m.

Fig. 15. Topographic map and cross sections across the Miyashiro fault.



第 16 図． 宮代 A 地点のボーリング断面図． 断面図位置とボーリング孔の位置は第 15 図に示す。
 Fig. 16. Columnar section of the Miyashiro A site. Locality of the section and boreholes is shown in Fig. 15.



第 17 図． 宮代 B 地点のボーリング断面図． 断面図位置とボーリング孔の位置は第 15 図に示す。
 Fig. 17. Columnar section of the Miyashiro B site. Locality of the section and boreholes is shown in Fig. 15.