

境峠・神谷断層帯, 境峠断層および霧訪山断層における古地震調査

Paleoseismological study of the Sakaitoge and Mutoyama faults in the Sakaitoge-Kamiya fault zone, central Japan

吉岡敏和¹・細矢卓志²・橋本智雄³・金田平太郎⁴

Toshikazu Yoshioka¹, Takashi Hosoya², Tomoo Hashimoto³ and Heitaro Kaneda⁴

^{1,4} 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, yoshioka-t@aist.go.jp)

^{2,3} 中央開発株式会社 (Chuo Kaihatsu Corporation)

Abstract: The Sakaitoge-Kamiya fault zone in western Nagano Prefecture is composed of the NNW-SSE trending left-lateral Sakaitoge and Kamiya faults and the ENE-WSW trending right-lateral Mutoyama fault. One trench on the Sakaitoge fault and two trenches on the Mutoyama fault were excavated to reveal the paleoseismic activity and the future rupture probability of this fault zone. A fault exposed on the trench wall at the Sogurazawa site on the Sakaitoge fault cuts a gravel layer forming V-shaped small graven, but is covered by a slope deposit and a humic soil layer. Radiocarbon dates from the trench walls show the last faulting event occurred between 7,700 and 2,500 years ago. On the Mutoyama fault, only a tilting silt layer was observed on the trench wall at the Kuwasaki site. No fault was observed in the Ono-Nakamura trench. Topographic profiling and pit surveying across the fault scarplet at the Kitaono site show that the vertical displacement of terrace surface is about 3 meters.

キーワード: 境峠-神谷断層帯, 境峠断層, 霧訪山断層, トレンチ, 活断層, 活動履歴, 古地震
Keywords: Sakaitoge-Kamiya fault zone, Sakaitoge fault, Mutoyama fault, trench, active fault, faulting history, paleoseismology

1. はじめに

境峠・神谷断層帯は、長野県西部に位置し、境峠・神谷断層帯主部及び霧訪山-奈良井断層帯からなる(第1図)。境峠・神谷断層帯主部は、長野県松本市(旧南安曇郡安曇村)から旧奈川村内を通過し、木曾郡木祖村、同郡木曾町、塩尻市(旧檜川村)、上伊那郡南箕輪村飛地を経て、伊那市に至る断層帯である。全体の長さは約47 kmで、概ね北西-南東方向に延びる。本断層帯は左横ずれを主体とする断層からなる。

霧訪山-奈良井断層帯は、長野県塩尻市及び岡谷市から、上伊那郡辰野町を経て、同郡木祖村に至る断層帯である。全体の長さは約25 kmで、概ね北東-南西方向に延びる。本断層帯は右横ずれを主体とする断層からなる。

境峠・神谷断層帯の活動履歴については、狩野ほか(2002)が、断層帯主部における断層露頭の観察により、最新活動時期について言及しているほか、吉岡ほか(2005)は断層帯主部の3地点(松本市ソグラ沢地点、寄合渡地点、木祖村細島地点)においてトレンチ調査を実施し、断層帯主部の過去の活動時期についての情報を得ている。

以上の調査結果に基づいて平成17年1月に公表さ

れた地震調査研究推進本部による長期評価(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005)では、断層帯主部の最新活動時期が約4900年前以後、3世紀以前であった可能性、平均活動間隔が約1800~5900年の可能性があるとして、全体が1つの区間として同時に活動する場合、マグニチュード7.6程度の地震が発生し、その際には4 m程度の左横ずれが生じる可能性があるとしてされた。また、そのような地震が発生する確率は、今後30年以内でほぼ0~13%とされた。一方、霧訪山-奈良井断層帯については、過去の活動に関する直接的な資料はないとされ、全体が1つの区間として同時に活動する場合、マグニチュード7.2程度の地震が発生すると推定され、その際には2 m程度の右横ずれが生じる可能性があるが、本断層帯の最新活動後の経過率及び将来このような地震が発生する長期確率は不明であるとされた。この評価結果を受けて、産業技術総合研究所では、平成17年度文部科学省からの委託により、境峠・神谷断層帯の境峠断層および霧訪山断層の活動履歴調査を実施した。

2. 調査結果

2.1 境峠・神谷断層帯主部

断層帯主部では、最新活動時期およびそれに先立つ活動時期をより明確にすることを目的に、主部のほぼ中央部にあたる松本市（旧奈川村）のソグラ沢地点において、トレンチ調査を実施した。

(1) ソグラ沢地点

調査位置は、ソグラ沢上流の尾根状の緩斜面上で、平成15年度に産業技術総合研究所で掘削したSAトレンチ（吉岡ほか, 2005）の約60m北方にあたる（第2図）。トレンチは、緩斜面（段丘面）上に連続する低断層崖を横切るように1本掘削した。今回掘削したトレンチをSCトレンチとする。

トレンチ壁面には、段丘堆積物の礫層および腐植層が露出し、それらを切る明瞭な断層が観察された。トレンチ壁面の地層区分を第3図に、南側壁面の断層部分の写真を第4図に示す。壁面に露出した地層は上位からA層からI層に区分し、さらに各層を層相からいくつかに細分した。A層は人工の埋積土、B層は黒色の腐植土及び腐植質シルト、C層は礫混じりの腐植質土壌、D層およびE層は腐植質層を挟む砂礫層、F層、H層、I層は淘汰の悪いやや締まった角礫層、G層は細礫混じりの風化火山灰質シルト層である。F層以下の地層が段丘を構成する堆積物と考えられる。断層はE層以下の地層を変位させ、C層以上の地層に覆われる。断層はD層とは直接接しておらず、D層と断層との関係は不明である。なお、C層は褐色のシルト質土壌であるC1層と、腐植質の土壌と礫が混在するC2層に区分できるが、いずれも断層沿いの斜面を覆う斜面堆積物と考えられる。そのC層の斜面を埋めるようにB層の腐植層が覆っている。

断層は、トレンチ南側壁面ではV字型の構造を形成しており、その両側の断層に挟まれたE層が落ち込むように分布している（第4図）。この部分のE層をE4層とする。E4層は淘汰の悪い角礫層からなるが、層中には細かいラミナ状に砂を挟む腐植層がブロック状に挟まれている。一方、トレンチ北側壁面では、断層はやや幅広い断層帯を形成するものの、顕著な落ち込み構造は見られない。なお、トレンチ北側壁面のE3層は、他のE層に比べてマトリクスが粘土質で、堆積構造も見られないことから、崩積堆積物の可能性がある。しかしながら、この崩積堆積物が断層活動に起因するものか否かは不明である。

堆積物から得られた試料の放射性炭素年代測定の結果を第1表に示す。なお、得られた年代値のうち、北側壁面のE2層から得られたC-43（6470±40 yBP）、C-52（5890±50 yBP）、南側壁面のI5層から得られたC-1（5790±40 yBP）は、ともに上位の地層から得られた年代値と逆転するため、以下の議論から除外する。また、断層を覆うC層は斜面堆積物と考えられるため、ここから得られた試料は再堆積の可能性があり、断層活動時期の議論には使用しない。C層の

上位のB層から得られた年代値のうち最も古い値を示すものとして、B層最下部の腐植層から2480±40 yBP（C-25；暦年でBC 770～520；INTCAL98による1σ）が得られた。一方、断層変位を受けたE4層からは、最も新しい値を示すものとして、礫層に挟まれた腐植層から6820±70 yBP（C-α；暦年でBC 5740～5650）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は約7700年前以後、約2500年前以前にあったと推定される。なお、この間の断層活動の回数についての情報は得ることができなかった。

2.2 霧訪山－奈良井断層帯

霧訪山－奈良井断層帯では、断層帯中部の塩尻市（旧楢川村）桑崎地点、および断層帯東部の辰野町小野中村地点においてトレンチ調査を、断層帯東部の塩尻市北小野地点においてピット調査および断面測量を実施した。

(1) 桑崎地点

調査位置は、ほぼ断層に沿って流れる谷の内部に分布する段丘面上にあたる（第5図）。この段丘面は南側の山地からの扇状地として形成されたと考えられるが、この段丘面上に、北東－南西方向で南東落ちの低崖が認められることから、この崖が低断層崖の可能性があると考え、この地点で1本のトレンチを掘削した。

トレンチ壁面には礫層を主体とする地層が露出した（第6図、第7図）。これらの地層は上位からA層からF層に区分し、さらに各層を層相からいくつかに細分した。A層は現在の表土、B層は褐色のローム層、C層およびD層は土石流堆積物と考えられる角礫層、E層およびF層は角礫混じりの風化火山灰質シルト層である。F1層には御岳起源のスコリアが含まれる。

トレンチ壁面には明瞭な断層は確認されなかったが、トレンチに露出した地層は、A層（表土）を除きすべて南東方向に約20度傾斜して分布しているのが観察された。傾斜はトレンチ全体にわたってほぼ一様であるが、D層の内部にはチャンネルの削り込み構造が発達し、D層上面もC層によって大きく削り込まれているため、D層以上の傾斜については堆積時のオリジナルな傾斜の可能性もある。なお、E層以下の地層についても、そもそも斜面上に形成された堆積物の可能性も否定できないが、調査地点が谷の中軸より南に位置し、南向きの斜面があったとは考えにくいことから、E層以下の地層の傾斜については、堆積後に断層活動によって変形した可能性が高いと考えられる。

堆積物の年代としては、トレンチの南方部を試掘した際に、B層の上位の黒色腐植土から940±40 yBPおよび1140±40 yBPの放射性炭素同位体年代を示す

試料が得られたほかは、トレンチ壁面から年代測定試料は得られなかった。なお、F1層に含まれるスコリアは御岳火山起源のものと考えられるが、御岳火山でスコリアの噴出が知られているのは、更新世後期では阿蘇4テフラ層(85~90 ka; 町田・新井, 2003)の上位で、ATテフラ(26~29 ka; 町田・新井, 2003)の下位に限られていることから、F1層は約9万年前以降に堆積したと考えられる。したがって、本地点での断層の最新活動時期は約9万年前以降にあったと推定される。

(2) 小野中村地点

調査地点付近では、断層は北側の山地と南側の小盆地の境界をなすように延びており、調査地点は、断層の北側の山地から流れ出る谷の出口に形成された小扇状地上にあたる(第8図)。当初、谷の出口を横切るように位置する比高約2mの低崖が、低断層崖の可能性があると考え、この崖を横切って、崖の上部を中心に掘削した。しかし、この位置に断層が確認されなかったため、トレンチを拡幅するとともに、崖の下部をより深く掘削し直した。

トレンチ壁面には扇状地成の角礫層およびシルト層が露出し、上部には厚い腐植層が観察された。これらの地層は上位からA層からE層に区分し、さらに各層を層相からいくつかに分けた(第9図)。A層のうちA1層およびA2層は人工による盛土と見られる。なお、B層からは5070±60 yBP(N-C-2; 暦年でBC 3960~3780)、C層からは8060±120 yBP(N-C-1; 暦年でBC 7160~6810)の放射性炭素年代が得られた。

トレンチ壁面には明瞭な断層は確認されなかった。C層以下の礫層中にはいくつかの不連続面があり、その面に沿って扁平礫が配列する構造も見られたが、地層中に挟まれるシルト層にはずれや傾斜は見られず、礫層中の不連続はチャンネルの削り込みによるものと考えられる。

(3) 北小野地点

北小野地点では、これまでに扇状地を切る低断層崖が報告されており(活断層研究会編, 1991など)、本調査では、この低断層崖の断面測量と、地形面の年代を推定するためのピット調査を実施した(第10図)。

断面測量は、低断層崖を横切って約300mの長さについて実施した。測量の結果、扇状地面には約3mの北西側隆起の上下変位が認められた(第11図)。ピットは、低断層崖を挟むように、A~Dの4カ所で掘削した。ピットの壁面に露出した地層は、上位からA層からE層に区分した。このうち、A層は厚さ50cm~1mの表土、B層はスコリアを含まない風化火山灰層、C層はスコリアを含む厚さ1~2mの風化火山灰質シルト層である。D層およびE層は礫混

じりの風化火山灰質シルト層で、とくにE層には直径2~16mmの軽石を含んでいる。いずれのピットにおいても扇状地成の礫層は確認できず、これらの風化火山灰質シルト層の下位に分布しているものと考えられる。

ピット壁面から採取した試料に含まれるテフラ起源物質を分析したところ、断層隆起側に位置するBピットにおいて、B層からATテフラ(26~29 ka)に対比される火山ガラスが検出された。ATテフラに対比される火山ガラスはB層の下部寄りでも集中して検出され、その下位からはほとんど検出されず、上位でも減少することから、この層準が降灰層準と推定される。また、DピットのE層から採取された試料には風化した軽石が含まれており、その試料から得られた斜方輝石の屈折率から、軽石は御岳伊那テフラ(町田・新井, 2003)に対比される可能性が指摘できる。御岳伊那テフラの年代は、御岳第1テフラ(100 ka; 町田・新井, 2003)の上位で阿蘇4テフラの下位であることから、90~100 ka程度と推定される。ただし、E層にはわずかながら礫が含まれており、洪水流による再堆積の可能性も否定できない。したがって、扇状地の形成年代は、少なくともATテフラの降下以前であり、この地点での上下方向の平均変位速度は、0.1 m/千年以下と推定される。

3. まとめ

以上の結果、断層帯主部の最新活動は約7,700年前以後、約2,500年前以前にあったと推定される。なお、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005)は、最新活動時期は約4,900年前以後、3世紀以前、1つ前の活動時期は約7,600年前以後、約6,700年前以前であった可能性があるとしており、これらを総合すると、断層帯主部の最新活動時期は約4,900年前以後、約2,500年前以前となり、従来の評価よりわずかに活動時期を限定することができると思われる。

霧訪山-奈良井断層帯の桑崎地点においては、トレンチ調査では明瞭な断層は確認できなかったが、御岳起源のスコリアを含むことから約9万年前以降と推定された地層に断層活動に伴うとみられる傾斜が確認され、約9万年前以後に活動したと推定された。また、小野中村トレンチでは約8,800年前以前の地層に断層が認められなかったが、断層がトレンチ外を通過している可能性もあるため、このトレンチから断層の活動時期を議論することはできないと考えられる。

なお、北小野地点における地形断面測量とピット調査の結果からは、始良Tn(AT)テフラ層(約2.6~2.9万年前)より古い扇状地面に約3mの上下変位がみられることから、この地点での上下方向の平均変位速度は、0.1 m/千年以下と推定される。

謝辞 本研究を行うにあたって、松本市、塩尻市、辰野町をはじめ、地元関係者の方々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

- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005) 境峠・神谷断層帯の評価。
- 狩野謙一・丸山 正・林 愛明 (2002) 飛騨山地南部、境峠断層の後期更新世－完新世における活動。地質学雑誌, 108, 291-305.
- 加藤碩一・杉山雄一 (1985) 1/50 万活構造図「金沢」。地質調査所。
- 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.
- Stuiver, M., Reimer, P. J., Bard, E., Beck, J. W., Burr, G. S., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, G., Van der Plicht, J. and Spurk, M. (1998) INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24,000-0 cal BP, Radiocarbon, 40, 1041-1083.
- 吉岡敏和・細矢卓志・橋本智雄・水野清秀・穴倉正展・石山達也 (2005) 境峠－神谷断層帯北部、境峠断層の完新世における活動履歴。地質学雑誌, 111, 547-560.

(受付：2006年6月30日，受理：2006年8月1日)

第1表. 各地点における放射性炭素同位体年代測定結果. ^{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, INTCAL98 データセット (Stuiver *et al.*, 1998) を用いた暦年較正 (誤差幅 1σ) を行った値を示す. 測定方法の AMS は加速器質量分析計による測定, Beta は液体シンチレーションカウンターを用いた β 線計数法による測定を示す.

Table 1. Radiocarbon dates of the samples from the trenches. ^{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). Calibration was carried out using INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration (Stuiver *et al.*, 1998). No adjustment for nonexistent 0 BC was made. AMS: accelerator mass spectrometry dating method, Beta: conventional β -ray counting dating method.

ソグラ沢SCトレンチ
南側壁面

試料No.	層区分	試料	測定No	^{14}C 年代 (yBP)	暦年代 (INTCAL98) 1Sigma	測定方法
SC-C-15	B	黒色腐植土	Beta-211826	800±40	AD 1210 to 1270	Beta
SC-C-2	B	黒色腐植土	Beta-211836	1010±60	AD 990 to 1040	Beta
SC-C-22	B	黒色腐植土	Beta-211822	1250±60	AD 690 to 870	Beta
SC-C-29	B	黒色腐植土	Beta-211816	1430±60	AD 580 to 660	Beta
SC-C-β	B	黒色腐植土	Beta-208333	1530±60	AD440 to 610	Beta
SC-C-27	B	黒色腐植土	Beta-211817	1560±60	AD 420 to 570	Beta
SC-C-23	B	黒色腐植土	Beta-211821	1640±40	BC 50 to AD 30	Beta
SC-C-24-2	B	黒色腐植土	Beta-211802	1720±40	AD 250 to 390	AMS
SC-C-24-1	B	黒色腐植土	Beta-211820	1830±40	AD 90 to 260	Beta
SC-C-26	B	黒色腐植土	Beta-211818	2270±40	BC 390 to 360 BC 280 to 240	Beta
SC-C-25	B	黒色腐植土	Beta-211819	2480±40	BC 770 to 520	Beta
SC-C-14	C2	腐植質シルト	Beta-211827	5070±50	BC 3970 to 3720	Beta
SC-C-11	C2	腐植質シルト	Beta-211829	6340±50	BC 5350 to 5290	Beta
SC-C-12	C2	腐植質シルト	Beta-211828	6630±60	BC 5620 to 5500	Beta
SC-C-21	D2	腐植質シルト	Beta-211823	2020±40	AD 370 to 420	AMS
SC-C-18	D2	腐植質シルト	IAAA-52718	5430±40	BC 4335 to 4255	AMS
SC-C-α	E4	黒色腐植土	Beta-208332	6820±70	BC 5740 to 5650	Beta
SC-C-10	E4	腐植質シルト	Beta-211830	6930±40	BC 5840 to 5740	AMS
SC-C-7	E4	腐植質シルト	Beta-211832	7240±60	BC 6180 to 6020	Beta
SC-C-5	E4	腐植質シルト	Beta-211834	7750±40	BC 6630 to 6500	AMS
SC-C-6	E4	腐植質シルト	Beta-211833	7830±40	BC 6680 to 6630	AMS
SC-C-3	E4	腐植質シルト	Beta-211835	7880±40	BC 6760 to 6660	AMS
SC-C-8-1	E4	腐植質シルト	Beta-211831	7940±40	BC 7030 to 6860 BC 6850 to 6700	Beta
SC-C-17	E5	腐植質シルト	Beta-211824	7590±80	BC 6470 to 6400	Beta
SC-C-16	E5	腐植質シルト	Beta-211825	8160±40	BC 7180 to 7080	AMS
SC-C-1	I5	腐植質シルト	Beta-211837	5790±40	BC 4700 to 4580	AMS

北側壁面

試料No.	層区分	試料	測定No	^{14}C 年代 (yBP)	暦年代 (INTCAL98) 1Sigma	測定方法
SC-W-51	B	球果	Beta-211803	600±40	AD 1300 to 1410	AMS
SC-C-46	B	材	Beta-211811	1110±40	AD 890 to 990	Beta
SC-C-42	B	黒色腐植土	Beta-211806	1350±40	AD 650 to 690	Beta
SC-C-48	B	黒色腐植土	Beta-211810	1500±40	AD 540 to 620	Beta
SC-C-45	B	黒色腐植土	Beta-211804	1890±40	AD 70 to 140	Beta
SC-W-39-1	C1	材	Beta-211812	3670±40	BC 2130 to 2080 BC 2060 to 1970	AMS
SC-C-41	E1	腐植質シルト	Beta-211807	6520±40	BC 5500 to 5470	AMS
SC-C-40	E1	腐植質シルト	Beta-211808	7080±60	BC 6000 to 5890	Beta
SC-C-38	E1	腐植質シルト	Beta-211813	7600±60	BC 6470 to 6410	Beta
SC-C-52	E2	腐植質シルト	Beta-211809	5890±50	BC 4800 to 4710	Beta
SC-C-43	E2	腐植質シルト	Beta-211805	6470±40	BC 5480 to 5380	AMS
SC-C-35	E3	腐植質シルト	Beta-211814	7480±40	BC 6400 to 6250	AMS
SC-C-34	E3	腐植質シルト	Beta-211815	7660±40	BC 6490 to 6450	AMS

桑崎トレンチ
東側壁面

試料No.	層区分	試料	測定No	^{14}C 年代 (yBP)	暦年代 (INTCAL98) 1Sigma	測定方法
K-W-1		黒色腐植土	Beta-211798	940±40	AD 1030 to 1160	AMS
K-W-3		材	Beta-211799	1140±40	AD 880 to 970	Beta

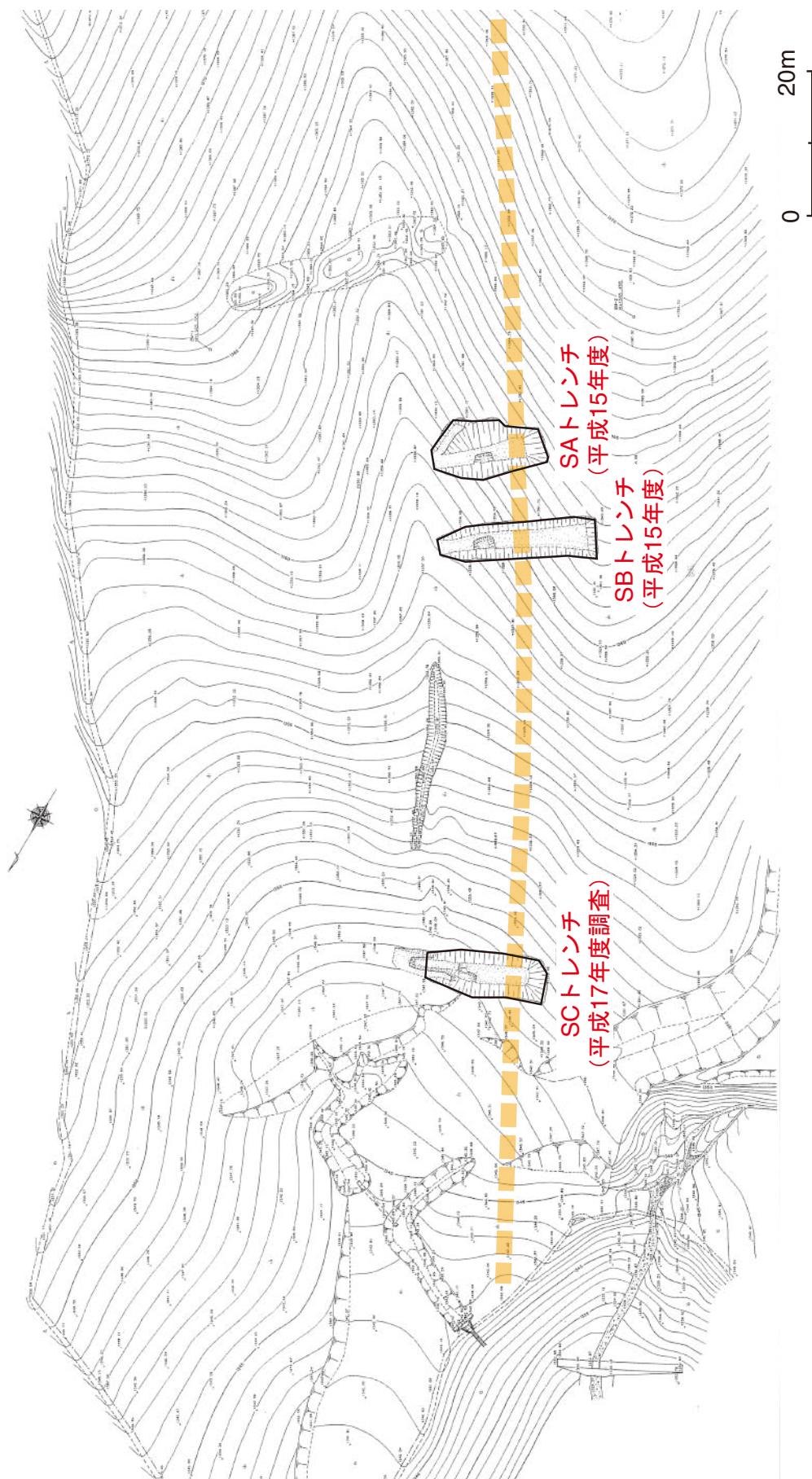
小野中村トレンチ
西側壁面

試料No.	層区分	試料	測定No	^{14}C 年代 (yBP)	暦年代 (INTCAL98) 1Sigma	測定方法
N-C-2	B	黒色腐植土	Beta-211801	5070±60	BC 3960 to 3780	Beta
N-C-1	C	腐植質シルト	Beta-211800	8060±120	BC 7160 to 6810	Beta



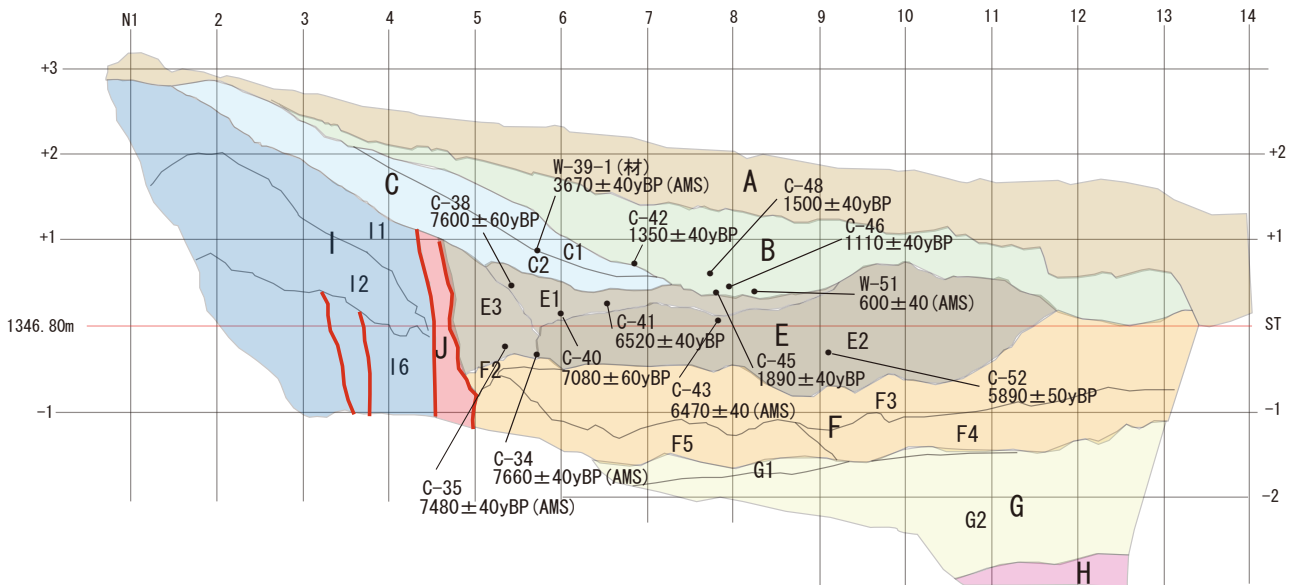
第1図. 境峠・神谷断層帯と調査位置. 1/50万活構造図「金沢」(加藤・杉山, 1985)の一部分に断層線を加筆.

Fig. 1. Active faults around the Sakaitoge-Kamiya fault zone. Added fault traces to the 1:500,000 Neotectonic Map "Kanazawa" (Kato and Sugiyama, 1985).

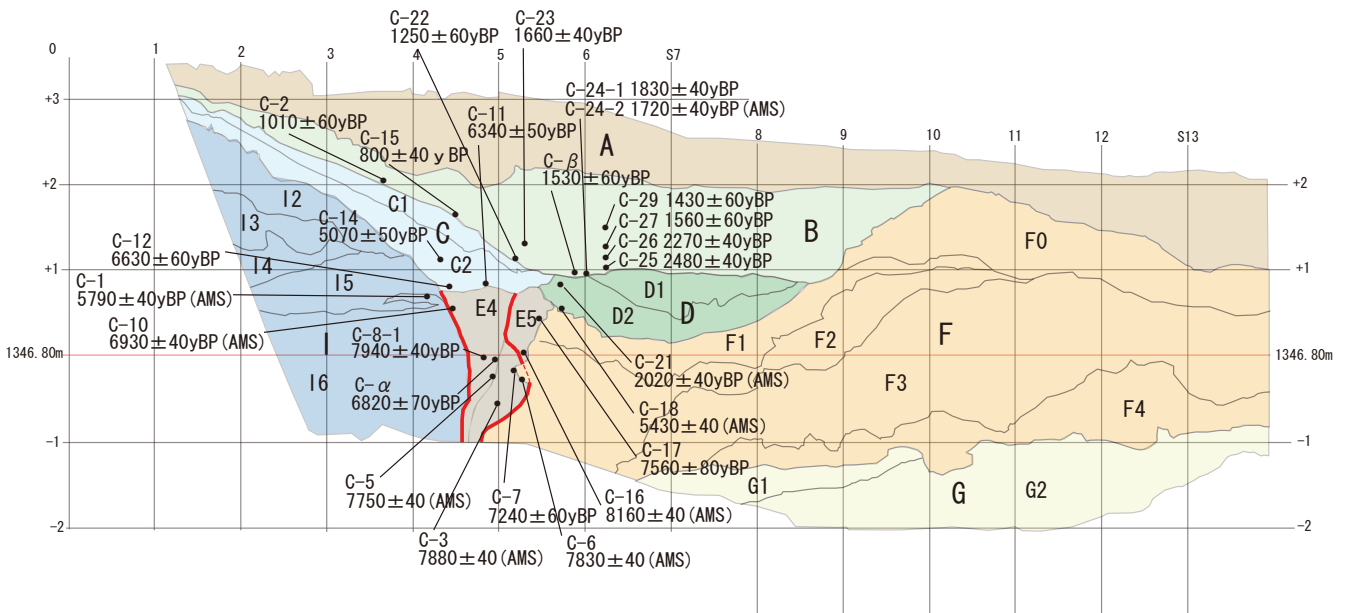


第2図. ソグラ沢地点のトレンチ調査位置実測図. 等高線間隔は50cm.
Fig. 2. Topographic map around the Sogurazawa site. Contour interval is 50 cm.

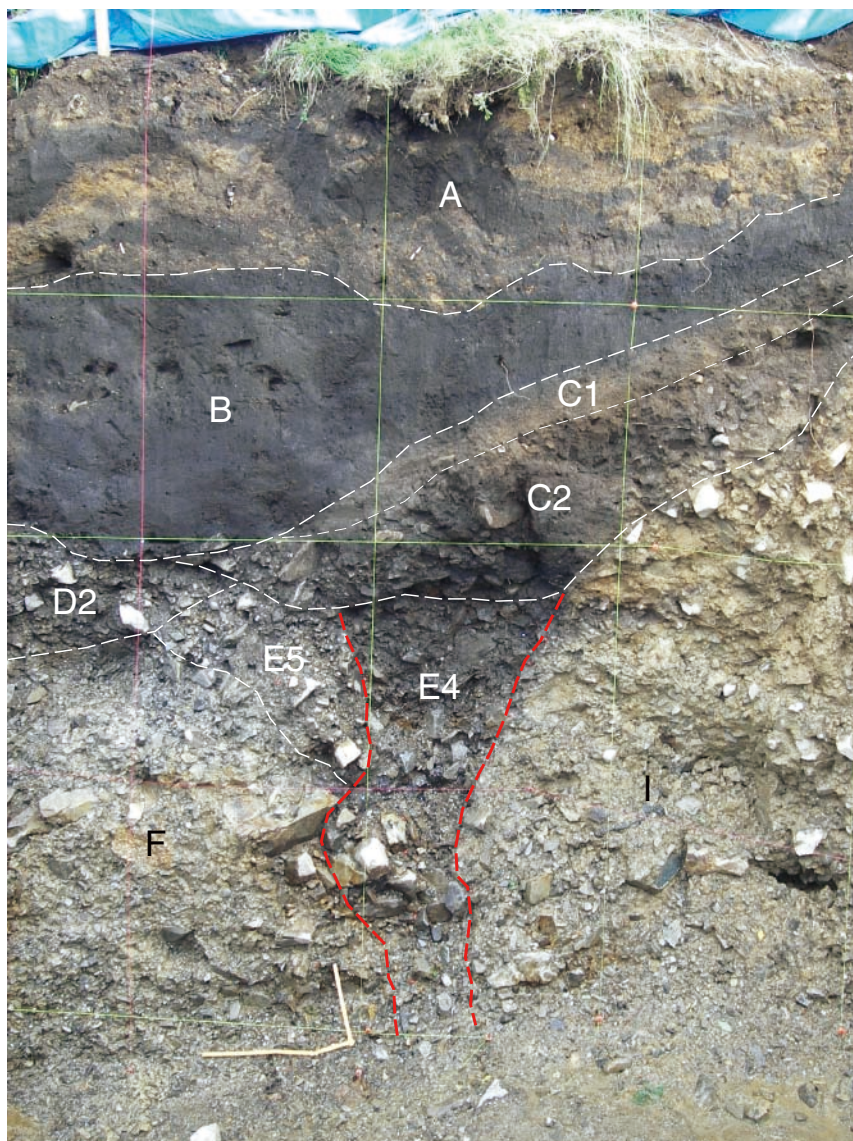
北側壁面



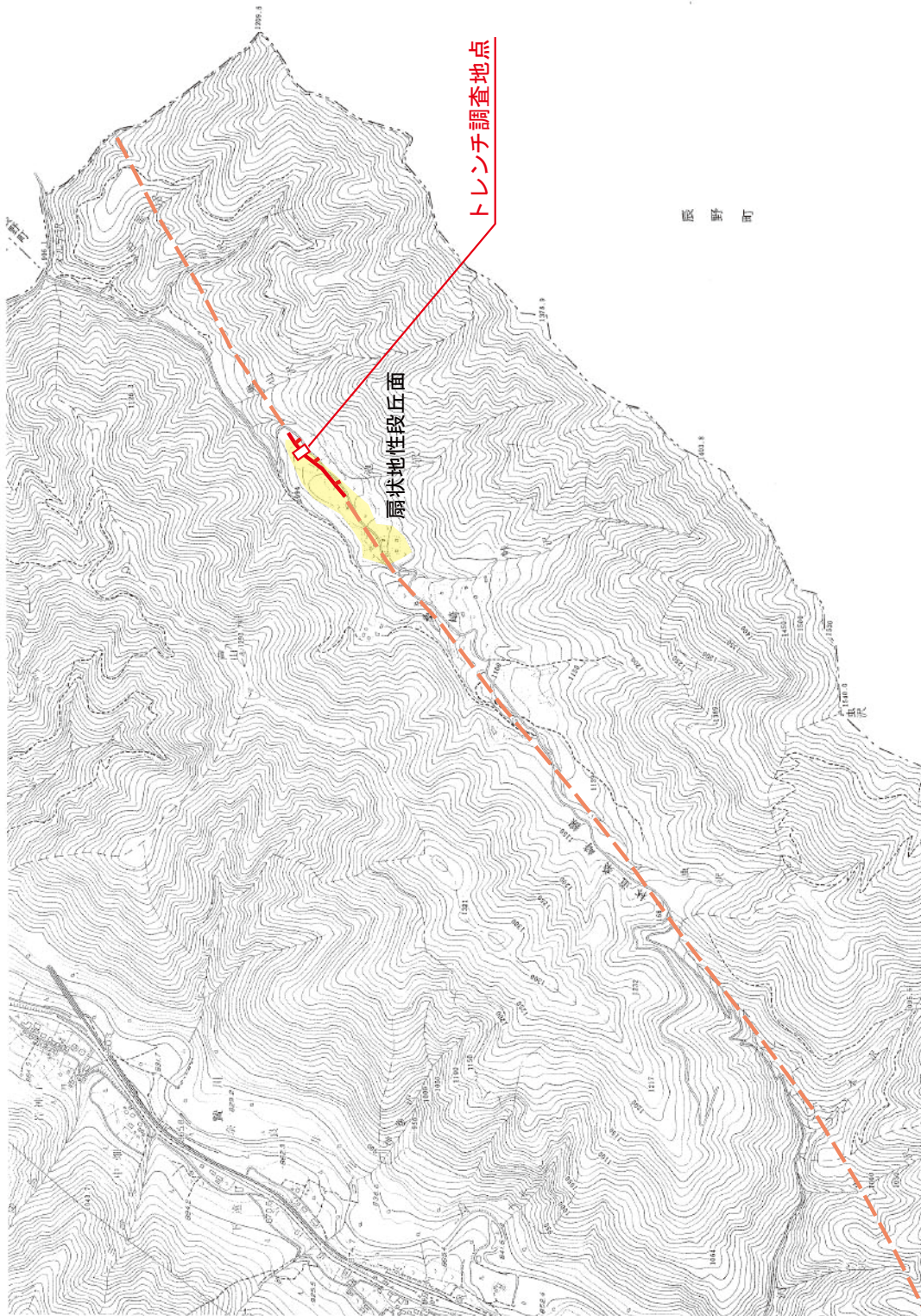
南側壁面 (左右反転)



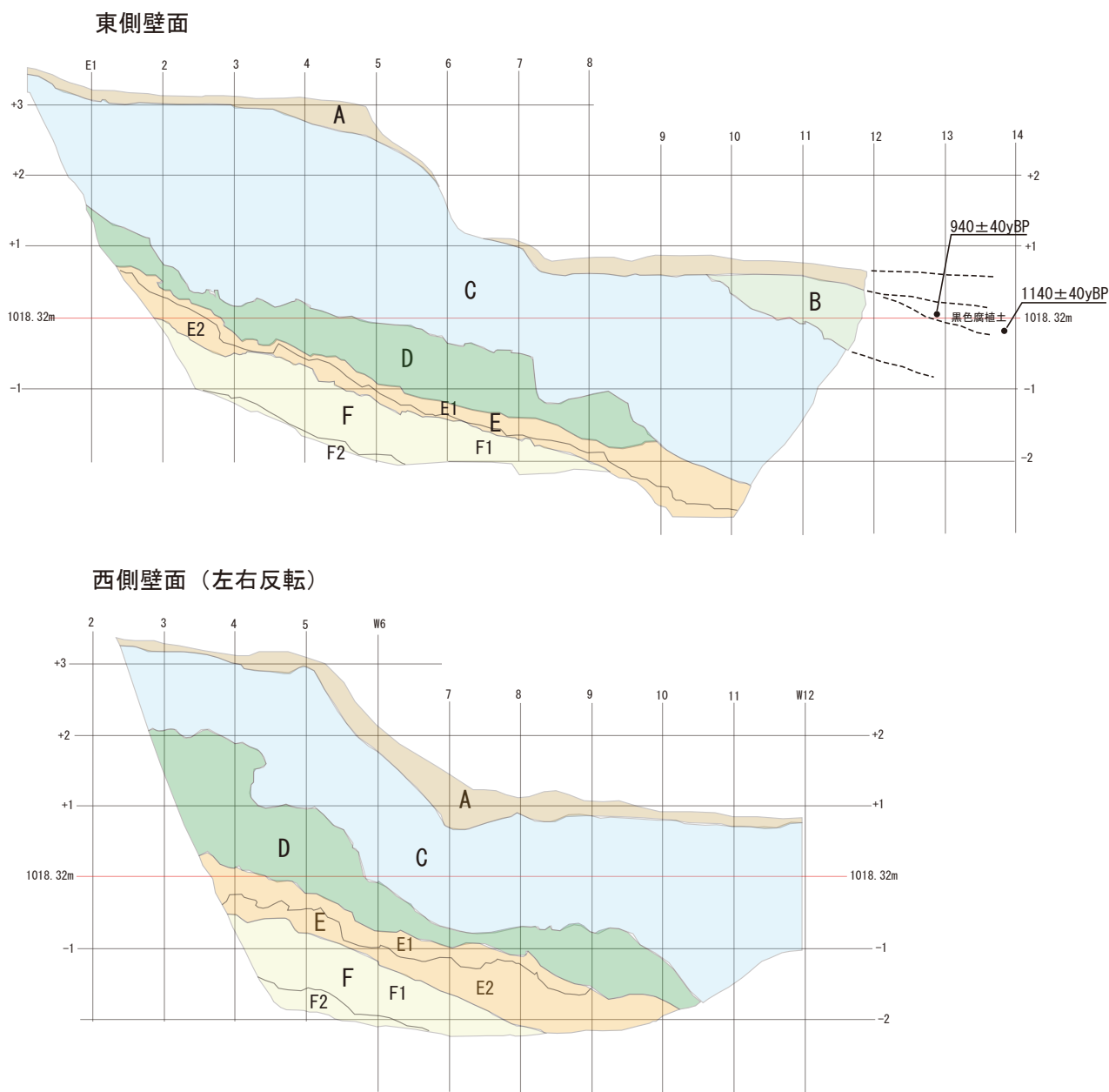
第3図. ソグラ沢 SC トレンチ南北両側壁面の地層区分. グリッドは壁面上の距離で1 m 間隔.
 Fig. 3. Logs of the both walls of trench SC at the Sogurazawa site. Grid indicates 1 meter on inclined trench walls.



第4図. ソグラ沢 SC トレンチ南側断層部分の写真.
Fig. 4. Photograph of the south wall of trench SC.



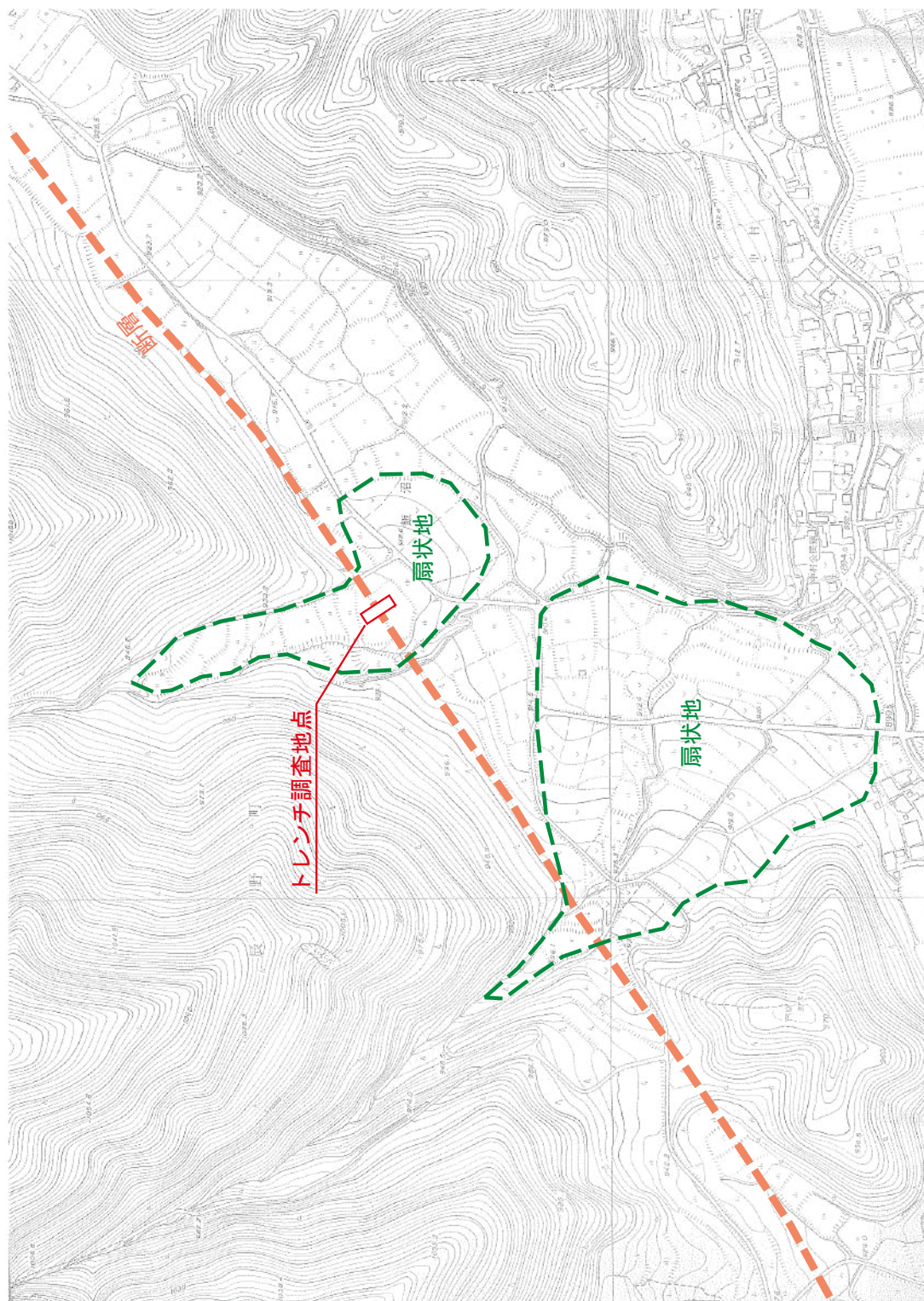
第5図. 霧訪山一奈良井断層帯桑崎地点周辺の地形. 塩尻市発行 1/10,000 地形図の一部を使用.
Fig. 5. Topographic map around the Kuwasaki trench site.



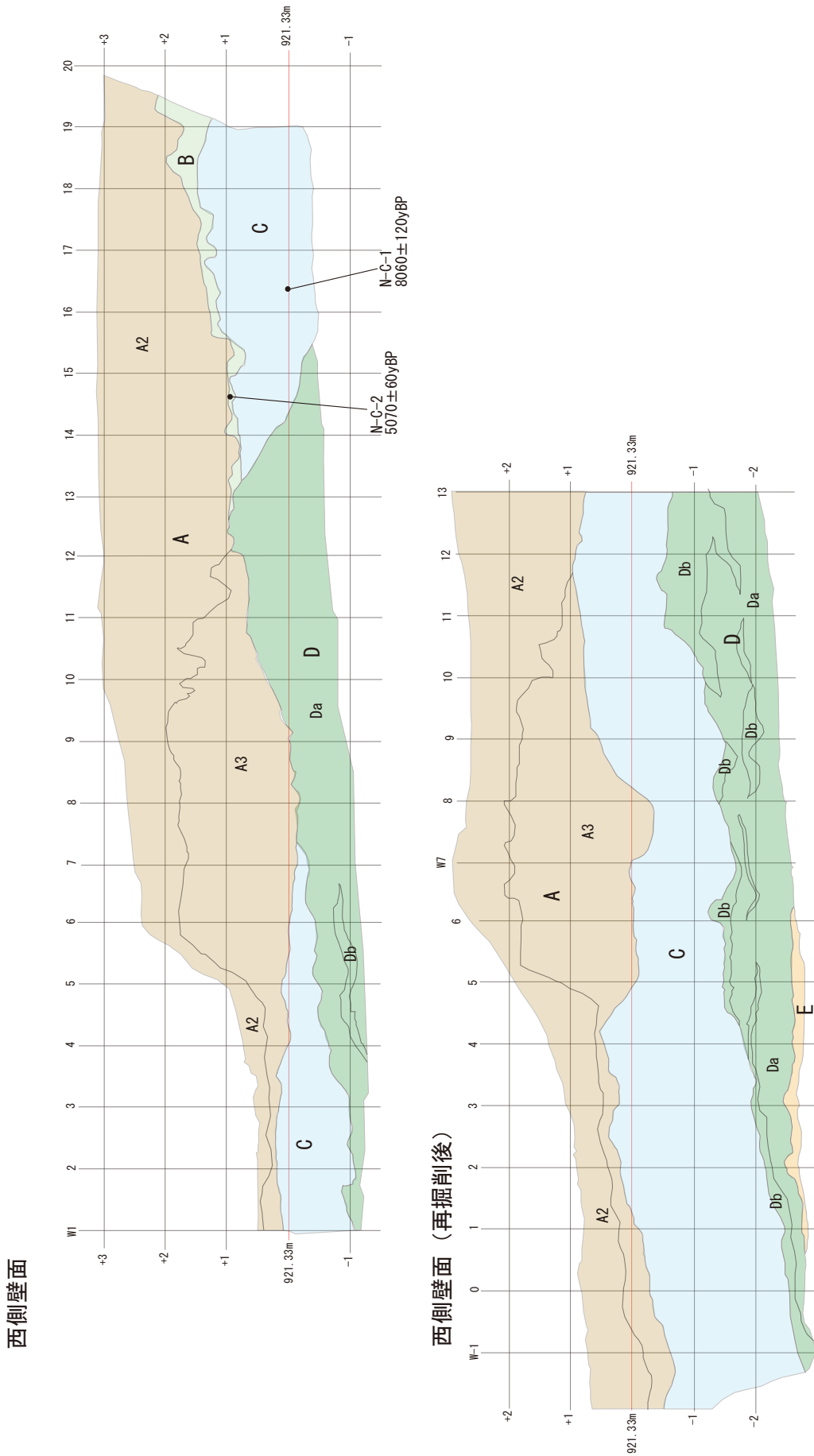
第6図．桑崎トレンチ東西両側壁面の地層区分。
 Fig. 6. Logs of the both walls of the Kuwasaki trench.



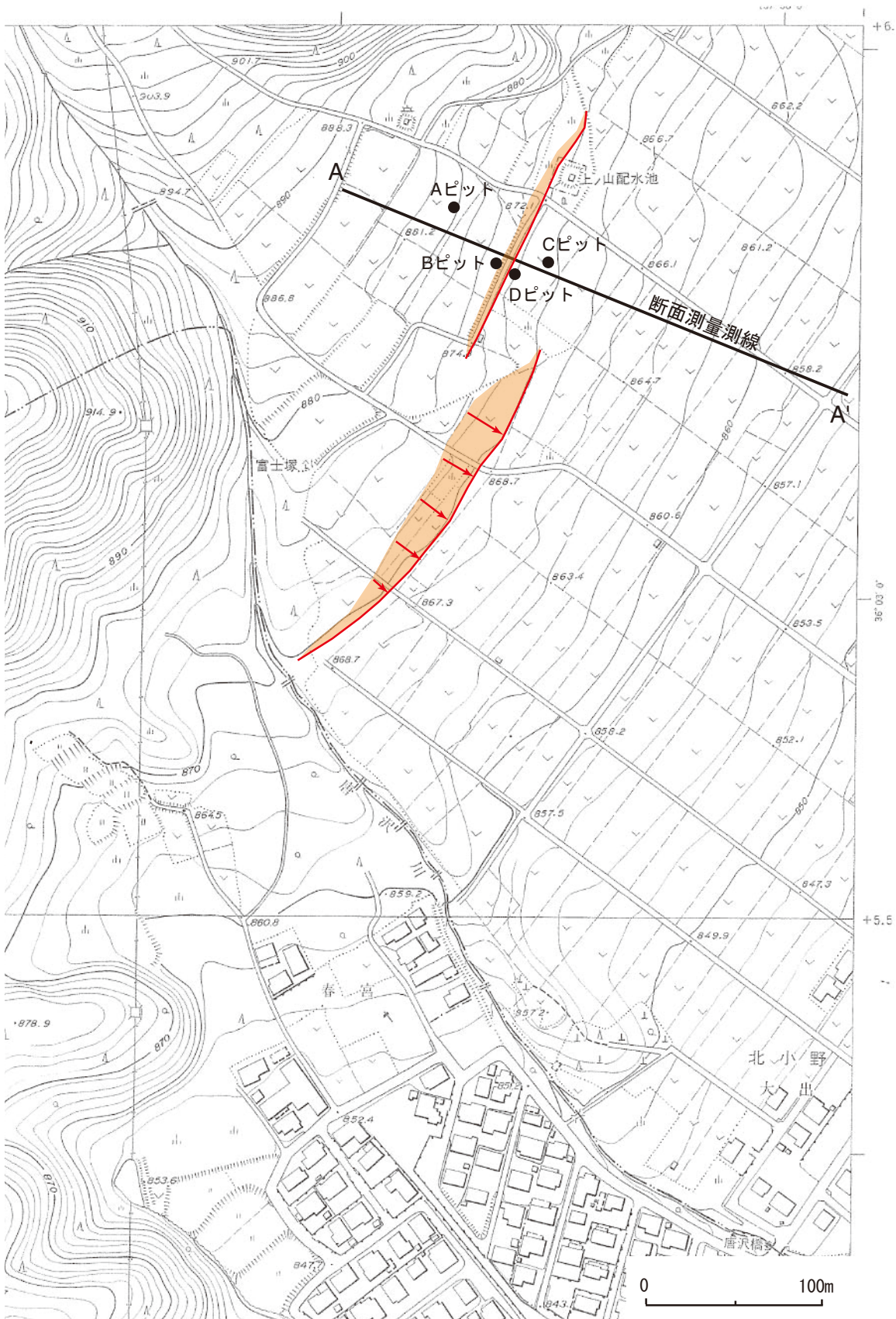
第7図. 桑崎トレンチ西側壁面の写真.
Fig. 7. Photograph of the west wall of the Kuwasaki trench.



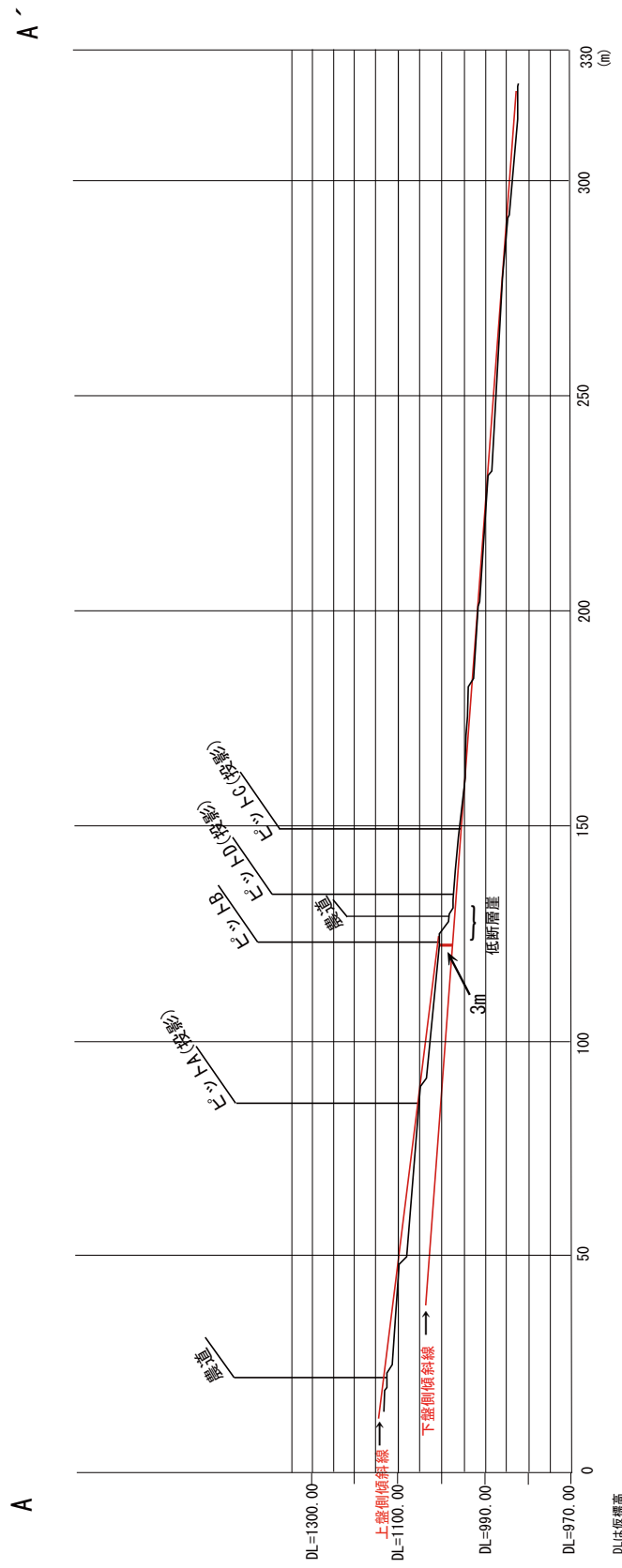
第8図．霧訪山一奈良井断層帯小野中村地点周辺の地形．辰野町発行 1/2,500 都市計画図の一部分を使用．
Fig. 8. Topographic map around the Ono-Nakamura trench site.



第9図. 小野中村トレンチ西側壁面の地層区分.
Fig. 9. Logs of the western wall of the Ono-Nakamura trench.



第 10 図．北小野地点断面測量測線とピット位置．辰野町発行 1/2,500 都市計画図の一部分を使用．
Fig. 10. Location of the topographic profiling line and pits for stratigraphical observation.



第11図．北小野地点の低断層崖を横切る断面測量結果。
 Fig. 11. Topographic profile across the fault scarp at the Kitaono site.