

栃木県関谷断層の活動履歴調査

Paleoseismological study of the Sekiya fault in Tochigi Prefecture

宮下由香里¹・杉山雄一¹・山元孝広²・吉岡敏和¹
寒川 旭¹・宍倉正展¹・丸山直樹³・大石 朗³・細矢卓志⁴

Yukari Miyashita¹, Yuichi Sugiyama¹, Takahiro Yamamoto², Toshikazu Yoshioka¹,
Akira Sangawa¹, Masanobu Shishikura¹, Naoki Maruyama³, Akira Oishi³ and Takashi Hosoya⁴

Abstract: The Sekiya fault is an N-S-trending thrust in the northern part of Tochigi Prefecture. We conducted precise topographic survey and trenching of the northern part of the Sekiya fault in Momura area, Kuroiso City. The precise topographic survey has made clear that the early Holocene terrace is not only displaced but also involved in flexure deformation, and its total vertical displacement including flexure part attains to 9 to 10 m. The trenching survey has revealed that the last rupture event on the northern part of the Sekiya fault occurred after the fall of the Haruna-Futatsudake-Ikaho Pumice in the 6th century. It is also made clear that a penultimate event occurred 5000 to 6000 yBP.

Key words: active fault, paleoseismology, Sekiya fault, Tochigi Prefecture, trench

1. はじめに

関谷断層は栃木県北部を南北に縦断する西上がりの逆断層であり、総延長は約 30 km に達する。早川ほか(1985)は碓川流域の段丘面の対比を行い、1~2 万年前以降の関谷断層の平均上下変位速度を 1~2 m/千年と見積もっている。寒川・室井(1989)は、関谷宿移転の記録から、1659 年の会津田島の地震と 1683 年の日光地震は、関谷断層の活動による可能性があると論じている。しかし、関谷断層の最新活動時期や活動の間隔を明確に示す地質学的データはこれまで得られていない。このため筆者らは、最新活動時期をはじめとする関谷断層の活動履歴の解明を目的として、栃木県黒磯市百村地区において、精密地形測量とトレンチ調査を実施し、トレンチ壁面から採取した試料の¹⁴C年代測定とテフラ分析を行った。その結果、関谷断層の最新活動は 6 世紀中頃の榛名二ツ岳伊香保軽石(町田・新井, 1992)の降下後であることが明らかになった。また、5~6 千年前に先行する断層活動があったことが判明した。

2. 関谷断層沿いの変位地形

関谷断層は那須火山の西側山腹から矢板市にかけてほぼ南北に分布する(第 1 図)。那須火山の西側山腹では、南月山火山噴出物(21~11 万年前; 伴・高岡, 1995)に 10 m 以上の西上がりの変位を与えている(活断層研究会編, 1991)。那珂川南岸では、那須野ヶ原扇状地を切り、比高 1.5~5 m の明瞭な断層崖が認められる(山元・伴, 1997)。蛇尾川北岸域では、関谷断層は中新・更新統からなる山地の前縁を通ると推定されるが、扇状地上には明瞭な変

¹ 活断層研究センター (Active Fault Research Center)

² 深部地質環境研究センター (Research Center for Deep Geological Environments)

³ 株式会社ニュージェック (NEWJEC Inc.)

⁴ 中央開発株式会社 (Chuo Kaihatsu Corporation)

7 月 6 日受付, 8 月 3 日受理

位地形は認められない。蛇尾川と箒川に挟まれた地域では、比高 10~20 m の崖が断続的に認められ、崖の西側（隆起側）には中位段丘，東側（低下側）には低位段丘が分布する（山元ほか，2000）。関谷断層はこの崖の 5 m 程度東側にある比高 1~2 m の低崖部を通ると推定される。箒川以南では明瞭な変位地形は認められない。なお，早川ほか（1985）が断層崖と見なした箒川右岸の和田山地区に分布する比高約 3 m の崖は，和田山下位段丘 3 を切っており，箒川に沿って南南東方向に延びていることから，段丘崖と判断した。

3．精密地形測量結果

今回の調査対象地域である黒磯市百村地区は，那珂川支流木ノ俣川の右岸に位置する（第 2 図 a）。百村地区には，最終氷期に形成された那須野ヶ原扇状地堆積物 1 と同 2 がつくる高位，低位 2 段の扇状地面が分布しており（山元・伴，1997），関谷断層はこれら 2 段の扇状地面を切っている。

この地域の変位地形を詳らかにするため，精密地形測量を行い，縮尺 2500 分の 1 及び 1000 分の 1 の地形図を作成した。また，断層崖を横断する 6 つの測線を設定して，地形断面測量を行った。測線の長さは，隆起側（断層崖基部より西側）約 300 m，低下側（断層崖基部より東側）約 200 m とした。

第 2 図 b に作成した縮尺 1000 分の 1 地形図を縮小して示す。この図の等高線間隔は 1 m，高さの精度は ±1 cm である。標高は近傍の二等以上の標高点から水準測量により求めた。

主要な断層崖は 2 条存在し，北側の断層崖は低位面上から高位面上へ連続している（第 2 図 b）。この断層崖は高位面上で消滅し，約 80 m 東側のもう一つの断層崖にステップしている。2 条の断層崖に挟まれた部分は，現在，学校施設のグラウンドになっているが，人工改変前に撮影された空中写真では，この部分にバルジ状の高まりが認められる。

断層崖を横断する 6 つの地形断面図を第 3~5 図に示す。地形断面図の縦横比は 2 : 1 である。低位面，高位面のいずれにおいても，断層崖の西側（隆起側）に明瞭な撓曲部が認められた。撓曲部の幅は，低位面で 150 m 程度，高位面では 200 m 程度である。

撓曲部を含む低位面の上下変位量は，9~10 m に達すると推定される（第 3 図）。一方，高位面の上下変位量は，3-1 及び 3-2 測線の測量結果によると，14~15 m であり（第 5 図），変位の累積が認められる。高位面上の 2-1 及び 2-2 測線における上下変位量は，11~12 m と仮読み取りしたが（第 4 図），この 2 つの測線は断層崖の東側で人工改変された学校施設の敷地を通過しているため，正確な値ではない。実際の上下変位量はこの値よりも大きいと推定される。

撓曲部の下端に位置する断層崖の比高は，低位面上の 1-1 及び 1-2 測線では約 2 m，高位面上の 2-1 及び 2-2 測線では，それぞれ約 2 m と約 1 m である。また，同じく高位面上の 3-1 及び 3-2 測線における断層崖の比高は約 2 m である。

1-1 及び 1-2 測線では，これらの断層崖の西側に比高約 1 m の別の断層崖が存在する（第 3 図）。また，3-1 及び 3-2 測線では，上述した断層崖の東側に比高約 0.5 m の断層崖が認められた（第 5 図）。

4．トレンチ調査結果

トレンチ調査は低位面上の 1 地点，高位面上の 2 地点で実施した。本報告では，低位面上で掘削したトレンチをトレンチ A，高位面上で掘削したトレンチをトレンチ B 及びトレンチ C と呼ぶ（第 2 図 b）。トレンチ壁面から採取されたテフラの同定は，野外における層序・層相の観察に加え，火山ガラスと鉱物の屈折率分析結果に基づいて行った（第 1 表）。分析は株式会社京都フィッシュントラックに依頼した。また，トレンチ壁面から採取した腐植や腐植質層の ¹⁴C 年代測定は，すべて株式会社地球科学研究所に依頼した。

4.1 トレンチA

トレンチAの形状及び周辺の詳細地形を第6図、壁面のスケッチを第7図と第8図に示す。また、 ^{14}C 年代測定結果を第2表に示す。各壁面の傾斜は 60° である。

本トレンチに現れた地層は、上位から、盛り土(A1)、崩積堆積物(A2')、腐植土層(A2)、黄褐色シルト層(A3)、含礫腐植質シルト層(A4)、砂礫層(A5)に区分した。

A2層は均質な腐植土を主体とし、榛名二ツ岳伊香保軽石(Hr-FP:約1500年前)濃集部を含む。Hr-FPは最大径2mmで、角閃石、斜長石の結晶片が目立つ。本層からは、 ^{13}C による補正を行った ^{14}C 年代(以下、同じ)として、 $4270 \pm 60\text{yBP}$ (1の補正暦年代はBC2910~2880年)から $1810 \pm 70\text{yBP}$ (AD120-260, 290-320年)にわたる値が得られた。

A3層は黄褐色シルトからなり、断層崖の低下側(東側)のみに分布する。

A4層は腐植質シルト層で、斑岩、閃緑岩の大礫のほか、径1~5cmの熔結凝灰岩礫を多く含む。断層崖の低下側のみに分布する。本層からは、 $8330 \pm 110\text{yBP}$ (BC7530~7280, 7230~7190年)から $6110 \pm 60\text{yBP}$ (BC5070~4940年)にわたる ^{14}C 年代が得られた。

A5層は径5~10cmの亜円~円礫を主体とする砂礫層である。稀に長径30cm以上の巨礫を含む。構成礫の岩種は安山岩、閃緑岩、斑岩などであり、基質はシルト~粗粒砂からなる。基質の色の違い、基質/礫の量比の違いによる成層構造が見られる。本層最上部からは、 $7280 \pm 40\text{yBP}$ (BC6210~6070年)及び $7040 \pm 90\text{yBP}$ (BC6000~5810年)の ^{14}C 年代が得られた。

A2'層はA2層起源の腐植土を主体とする基質中に、Hr-FP、A3層起源の黄褐色シルト及びA5層起源の褐色砂をレンズ状、パッチ状あるいは不規則な形で含む。南側壁面では、A4層あるいはA5層起源と考えられる大礫が、下位のA2層にめり込むようにして点在する。本層からは、 $3210 \pm 70\text{yBP}$ (BC1530~1410年)から $980 \pm 70\text{yBP}$ (AD1000~1160年)にわたる ^{14}C 年代が得られた。

本トレンチの南・北両壁面の中央部には、2つの逆断層(AF1及びAF2)が40~70cmの間隔をおいて認められた。AF1とAF2は西に約 40° 傾斜しており、A5層を上下に約2m変位させている。AF1によって、上盤側のA5層が下盤側のA4層に衝上している。AF1とAF2はA2'層に覆われている。

4.2 トレンチB

トレンチBの形状及び周辺の詳細地形を第9図、壁面のスケッチを第10図と第11図に示す。また、 ^{14}C 年代測定結果を第3表に示す。各壁面の傾斜は 60° である。

本トレンチに現れた地層は、上位から、表土(B1)、軽石混じり腐植土層(B2)、腐植土層1(B3)、黄褐色シルト層(B4)、腐植土層2(B5)、褐色火山灰土層(B6)、橙褐色火山灰土層(B7)、砂礫層(B8)に区分した。

B2層は均質な腐植土を主体とする。Hr-FPが濃集し、黒褐色~茶褐色を呈する。本層からは、 $2720 \pm 60\text{yBP}$ (BC920~820年)から $520 \pm 60\text{yBP}$ (AD1400~1440年)にわたる ^{14}C 年代が得られた。

B3層は均質な腐植土層である。本層下底部からは、 $3630 \pm 70\text{yBP}$ (BC2120~2090, 2050~1900年)及び $3560 \pm 70\text{yBP}$ (BC1970~1770年)の ^{14}C 年代が得られた。

B4層は黄褐色を呈するシルト層である。主として、断層崖の隆起側に分布し、層厚は隆起側(西側)で厚く、低下側(東側)に向かって薄化し、ブロック状となる。本層中部の腐植質ブロックからは、 $4460 \pm 80\text{yBP}$ (BC3340~3000, 2980~2940年)の ^{14}C 年代が得られた。

B5層は均質な腐植土を主体とする。層厚は断層崖の隆起側で約140cmと厚く、低下側に向かって薄くなる。本層の上面は約 20° の勾配で東に傾斜しているのに対し、下面はほぼ水平である。本層上部(B4層との境界より15cm以内)には、径1~2cmの斜方輝石・角閃石・デイサイト質軽石からなる沼沢・沼沢湖軽石(Nm-NK:約5000yBP;山元,1995)が散在する。本層からは、 $8790 \pm 60\text{yBP}$ (BC7970~7750年)から $5170 \pm 80\text{yBP}$ (BC4040~3940年)にわたる ^{14}C 年代が得られた。

B6 層は褐色を呈する火山灰土層である．本層中部からは， 6390 ± 80 yBP (BC5470 ~ 5300 年) の ^{14}C 年代が得られた．

B7 層は橙褐色を呈する火山灰土層である．閃緑岩の中礫を含む．

B8 層は径 5 ~ 10 cm の円礫を主体とする砂礫層である．構成礫の岩種は閃緑岩，斑岩などであり，基質はシルト ~ 粗粒砂からなる．基質の色，粒度の違いによる成層構造が見られる．中粒砂 ~ 細粒砂層中には，径 1 cm 以下のカンラン石，斜方輝石を含むスコリアからなる再堆積した日光男体沓掛スコリア (Nk-Ku：約 2.2 ~ 1.4 万年前；鈴木，1993) が，2 cm 以下の厚さで挟まれる．

断層崖の基部と，その約 7 m 西方において逆断層が確認された．断層崖基部の断層 (BF1) は西傾斜 20° の明瞭な断層面を持った逆断層である．B8 層より B2 層までが BF1 よって切られ，繰り返している．BF1 による B7 層 ~ B2 層下面の傾斜隔離は 0.7 ~ 1 m 程度であり，この間に傾斜隔離の累積は認められない．断層崖の基部から約 7 m 西方の断層 (BF2) は，雁行する低角逆断層群からなる．BF2 は少なくとも B5 層中部までを切り，B4 層には変位を与えていない．BF2 沿いでは，B8 層から B7 層，B7 層から B6 層，B6 層から B5 層への層相及び色調の変化から，B7 層 ~ B5 層が逆転していることが読み取れる．

4.3 トレンチ C

トレンチ C の形状及び周辺の詳細地形を第 12 図，壁面のスケッチを第 13 図と第 14 図に示す．また， ^{14}C 年代測定結果を第 4 表に示す．各壁面の傾斜は 60° である．

本トレンチに現れた地層は，上位から，表土 (C1)，腐植土層 1 (C2)，軽石混じり腐植土層 (C3)，黄褐色シルト層 (C4)，腐植土層 2 (C5)，褐色火山灰土層 (C6)，橙褐色火山灰土層 (C7)，砂礫層 (C8) に区分した．

C2 層は灰褐色を呈する腐植土層である．一部に Hr-FP 起源と考えられる角閃石の濃集層からなる成層構造が発達する．本層の下部からは， 1190 ± 60 yBP (AD770 ~ 900 年) から 1010 ± 60 yBP (AD990 ~ 1040 年) にわたる ^{14}C 年代が得られた．

C3 層は均質な腐植土を主体とし，Hr-FP が濃集する．本層からは， 1630 ± 70 yBP (AD370 ~ 530 年) から 1160 ± 60 yBP (AD790 ~ 970 年) にわたる ^{14}C 年代が得られた．

C4 層は黄褐色を呈するシルト層である．基底部に径 1 ~ 3 cm の風化した熔結凝灰岩礫を含む．

C5 層は均質な腐植土層である．層厚は隆起側で厚く，低下側に向かって薄くなる．本層の上面は 10° ~ 30° で東に傾斜しているのに対し，下面の傾斜は 5° ~ 10° である．本層からは， 8990 ± 60 yBP (BC8260 ~ 8200 年) から 5440 ± 70 yBP (BC4350 ~ 4240 年) にわたる ^{14}C 年代が得られた．

C6 層は褐色を呈する火山灰土層である．本層からは， 11000 ± 70 yBP (BC11200 ~ 10940 年) から 8520 ± 80 yBP (BC7600 ~ 7530 年) にわたる ^{14}C 年代が得られた．

C7 層は橙褐色を呈する火山灰土層である．本層最下部 (下底より 10 cm 以内) には，Nk-Ku が挟まれる．Nk-Ku は 1 ~ 4 に区分されているが，それらのうちで供給源 (日光男体山) からの分布主軸がトレンチ調査地点を含む北東方向へ延びるものは限られることから，日光男体沓掛スコリア 3 (Nk-Ku3：約 1.6 万年前) と推定される．なお，Nk-Ku 中の火山ガラス及び鉱物の屈折率分析結果に対する比較データは，現在のところ得られていない (第 1 表)．

C8 層は径 5 ~ 10 cm の円 ~ 亜円礫を主体とする砂礫層である．構成礫の岩種は閃緑岩，斑岩などであり，基質はシルト ~ 粗粒砂からなる．

トレンチ壁面には，2 つの逆断層が確認された．東側の断層 (CF1) は西傾斜 15° のシャープな面を持つ低角逆断層で，C7 層から C3 層までを切っている．西側の断層 (CF2) は C5 層までを切り，C4 層に覆われる．

5. 活動履歴

5.1 最新活動時期

トレンチBではHr-FPを含むB2層がBF1に切られ、トレンチCでもHr-FPを含むC3層がCF1に切られている。したがって、テフラ層序との関係からみると、黒磯市百村地区の関谷断層は6世紀のHr-FPの降下後に最新の活動を行ったと考えられる。

さらに、トレンチBでは、BF1に切られているB2層から、 $520 \pm 60\text{yBP}$ (AD1400~1440年)と $1360 \pm 60\text{yBP}$ (AD640~690年)の ^{14}C 年代値が得られている(第11図)。また、トレンチCでは、CF1に切られているC3層から、 $1230 \pm 60\text{yBP}$ (AD700~880年)及び $1260 \pm 60\text{yBP}$ (AD680~810, 840~860年)の ^{14}C 年代値が得られている(第14図)。

以上の ^{14}C 年代データに基づくと、百村地区の関谷断層の最新活動時期は7世紀以降と考えられ、室町時代以降に下る可能性がある。

なお、トレンチAでは、Hr-FPを含むA2層が断層変位を被っているか断定できない。しかし、トレンチAを掘削した低位面上の断層崖は高位面上のトレンチB地点まで連続する(第2図b)ことから、トレンチA地点でもBF1の活動と同時期に断層活動が生じたと考えられる。トレンチA地点では、A2層堆積後に断層活動が生じ、隆起側のA2層~A5層の崩落によってA2'層が形成されたと解釈できる。

5.2 先行する断層活動の時期

トレンチBではB5層中部の堆積後、B4層堆積前にBF2の活動があったと考えられる。トレンチCではC5層の堆積後、C4層の堆積前にCF2断層の活動があったと考えられる。C5層とC4層は、層相及び層位関係の類似、並びにC5層とB5層の ^{14}C 年代の対応から、それぞれB5層とB4層に対比される。したがって、BF2とCF2は同じ時期に活動した可能性が高い。

トレンチBでは、B5層の中部と上部から、それぞれ $6340 \pm 80\text{yBP}$ (BC5370~5270年)、 $5170 \pm 80\text{yBP}$ (BC4040~3940年)の ^{14}C 年代値が得られている。後者は、B5層上部に挟まれるNm-NKの年代(約5000yBP)と矛盾しない。また、B4層に含まれる腐植質ブロックからは $4460 \pm 80\text{yBP}$ (BC3340~3000, 2980~2940年)、B3層下底部からは $3630 \pm 70\text{yBP}$ (BC2120~2090, 2050~1900年)及び $3560 \pm 70\text{yBP}$ (BC1970~1770年)の年代がそれぞれ得られている(第11図)。一方、トレンチCでは、C5層最上部から $5440 \pm 70\text{yBP}$ (BC4350~4240年)、C3層下底部から $1630 \pm 70\text{yBP}$ (AD370~530年)の年代が得られている(第14図)。

以上の ^{14}C 年代データから、先行する断層活動の時期は、おおよそBC3000~4000年頃(5000~6000年前頃)と考えられる。

トレンチAでは、先行する断層活動を明確に示す断層と地層との切断/被覆関係などは見いだせなかった。しかし、AF1下盤側にくさび状に分布するA4層は、層相、分布形態及び ^{14}C 年代データから、5000~6000年前頃の活動に伴って堆積した可能性がある。

5.3 今後の課題

関谷断層の最新活動については、今回の調査により、6世紀の榛名二ツ岳伊香保軽石の降下後であることが判明したが、今後、その時期をより限定すると共に、歴史地震との対応を明らかにすることが望まれる。また、先行する活動については、沼沢・沼沢湖軽石の降下時期との前後関係を確定することが期待される。さらに、平均変位速度や1回の活動による変位量に関するデータについても、より充実させる必要がある。平成13年度には、関谷断層南部においてトレンチ調査などを実施し、これらの課題の解決を目指したい。

謝辞

関谷断層の調査にあたり、黒磯市総務部、同建設部にご協力を賜りました。黒磯市の月井

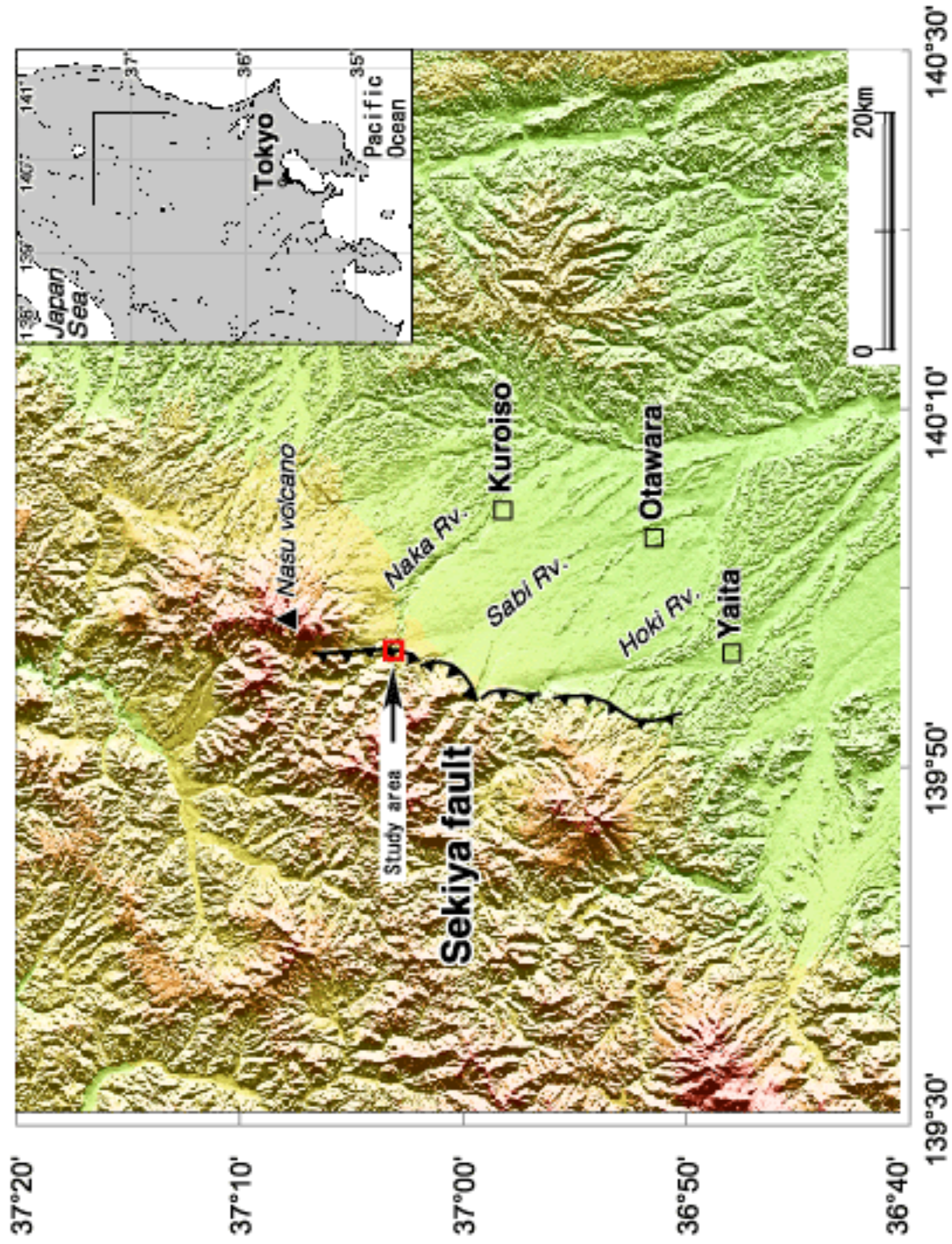
隆氏，高根沢清次氏，大田原市の高根沢レイ氏，横須賀市の学校法人横須賀学院には，トレンチ用地の使用を快くお許しいただきました．産業技術総合研究所地球科学情報研究部門の名和一成氏には，第 1 図の地形図を作成していただきました．以上の方々に記して，心より御礼申し上げます．

文 献

- 伴 雅雄・高岡宣雄（1995）東北日本弧，那須火山群の形成史．岩鉱，**90**，195-214．
- 早川唯弘・広瀬和男・野口 真（1985）碓氷川上流域における河岸段丘の発達と関谷断層の活動．活断層研究，no. 1，41-53．
- 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，437 p．
- 町田 洋・新井房夫（1992）火山灰アトラス．東京大学出版会，276 p．
- 寒川 旭・室井利一郎（1989）街道・宿場の移転と地震．塩原街道と関谷宿について．．考古学と自然科学，**21**，85-92．
- 鈴木毅彦（1993）北関東那須野原周辺に分布する指標テフラ層．地学雑誌，**102**，73-90．
- 山元孝広（1995）沼沢火山における火砕流噴火の多様性：沼沢湖および水沼火砕堆積物の層序．火山，**40**，67-81．
- 山元孝広（1997）テフラ層序からみた那須茶臼岳火山の噴火史．地質雑，**103**，676-691．
- 山元孝広・伴 雅雄（1997）那須火山地質図．地質調査所．
- 山元孝広・滝沢文教・高橋 浩・久保和也・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久（2000）20 万分の 1 地質図幅「日光」．地質調査所．

成果の公表

- 宮下由香里・杉山雄一・山元孝広・吉岡敏和・寒川 旭・宍倉正展・丸山直樹・大石 朗（2000）栃木県・関谷断層の活動履歴調査（速報）．日本地震学会講演予稿集 2000 年度秋季大会，P083．
- 宮下由香里・杉山雄一・山元孝広・吉岡敏和・寒川 旭・宍倉正展・丸山直樹・大石 朗・細矢卓志（2001）栃木県・関谷断層の活動履歴調査．地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会予稿集，Jm-P007．
- 宮下由香里・山元孝広・吉岡敏和・寒川 旭・宍倉正展・丸山直樹・大石 朗・細矢卓志・杉山雄一（2001）栃木県・関谷断層のトレンチ調査．地質雑，**107**（受理済・印刷中）．

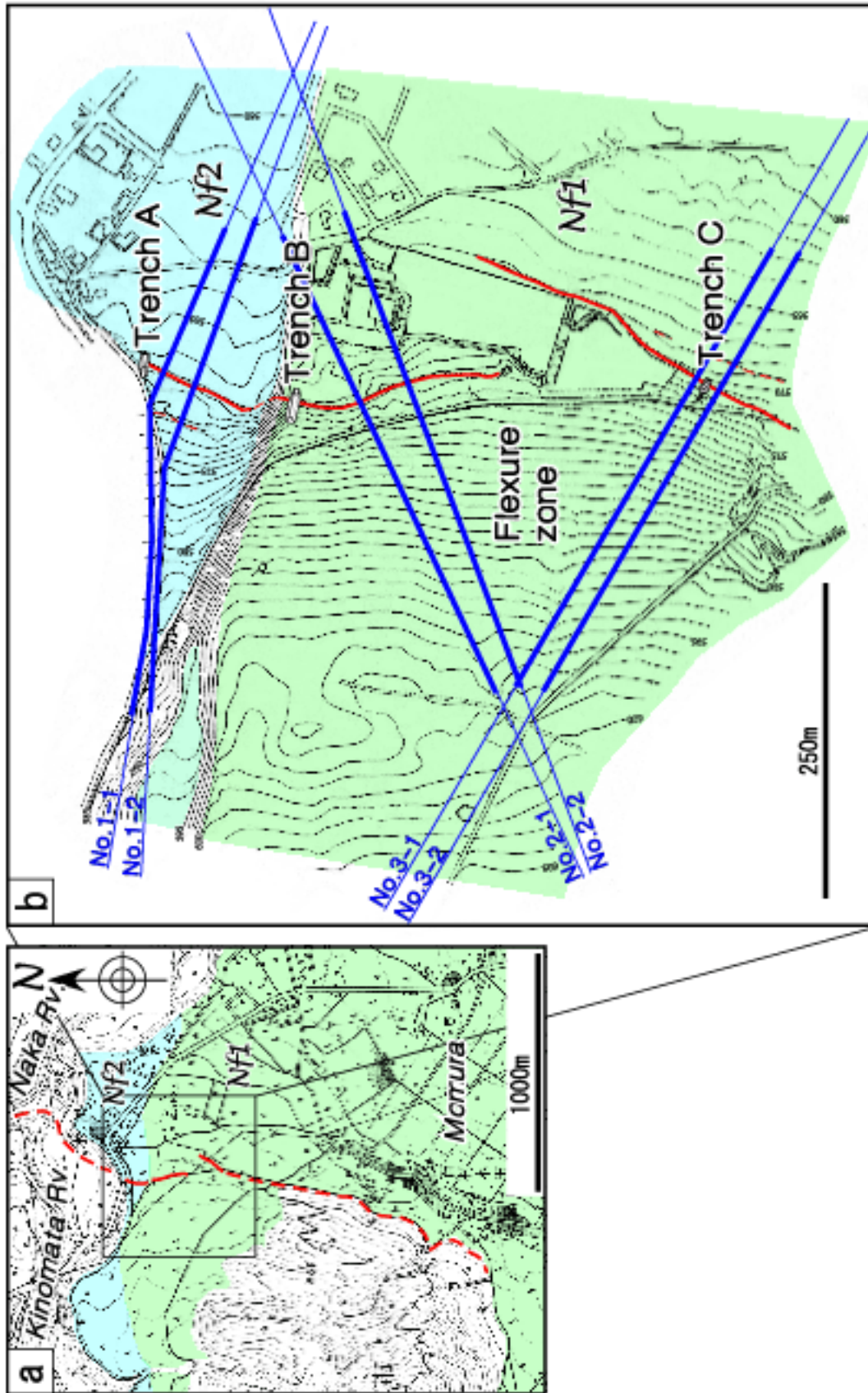


第1図. 関谷断層位置図.

断層線の位置は山元ほか (2000) による。陰影図の作成には国土地理院発行国土数値情報50 mメッシュ (DEM) を使用。

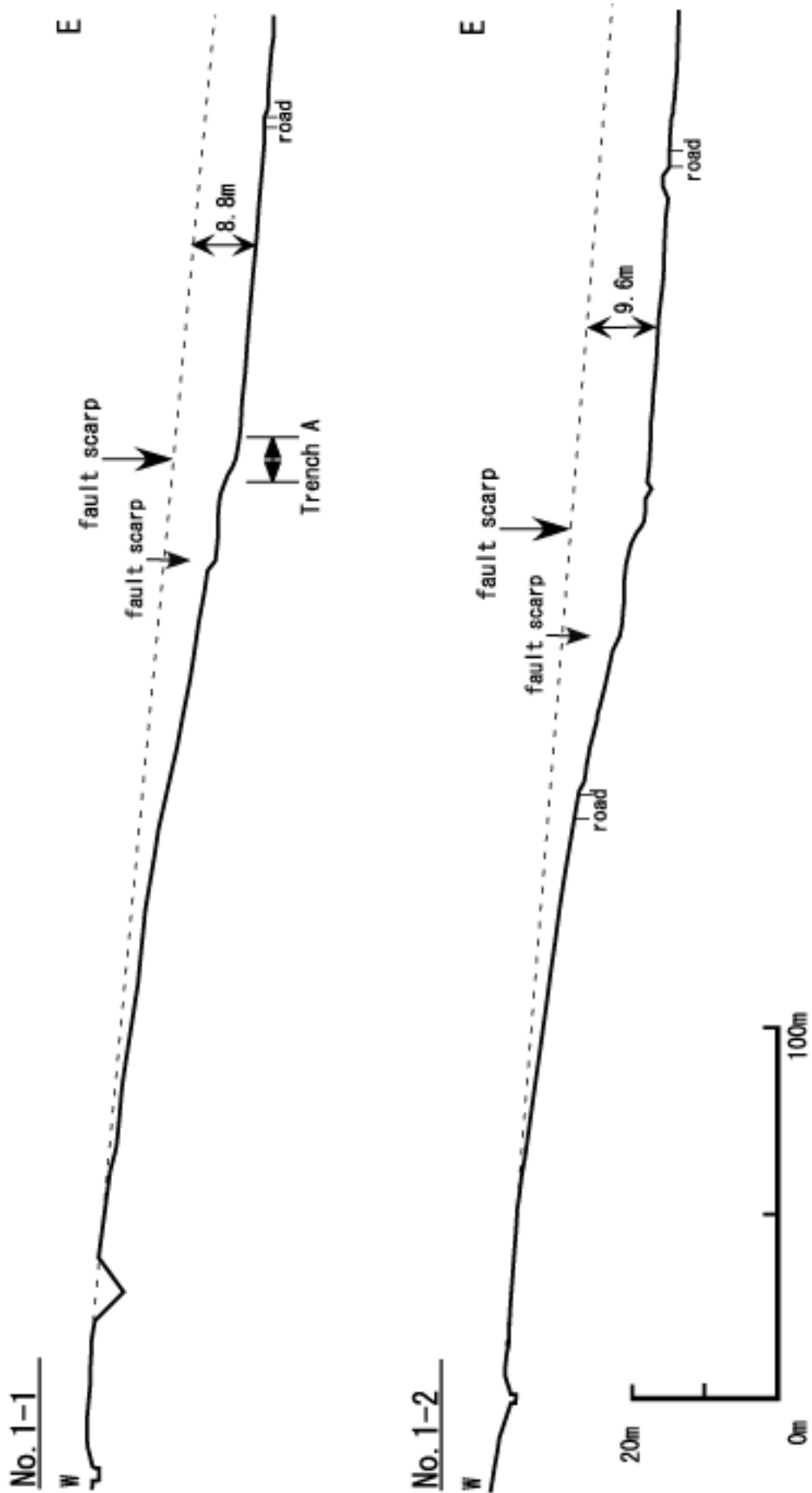
Fig. 1. Index map and detailed distribution of the Sekiya fault.

Digital Map 50m Grid (Elevation) of the Geographical Survey Institute is used for arranging the background topographic map.

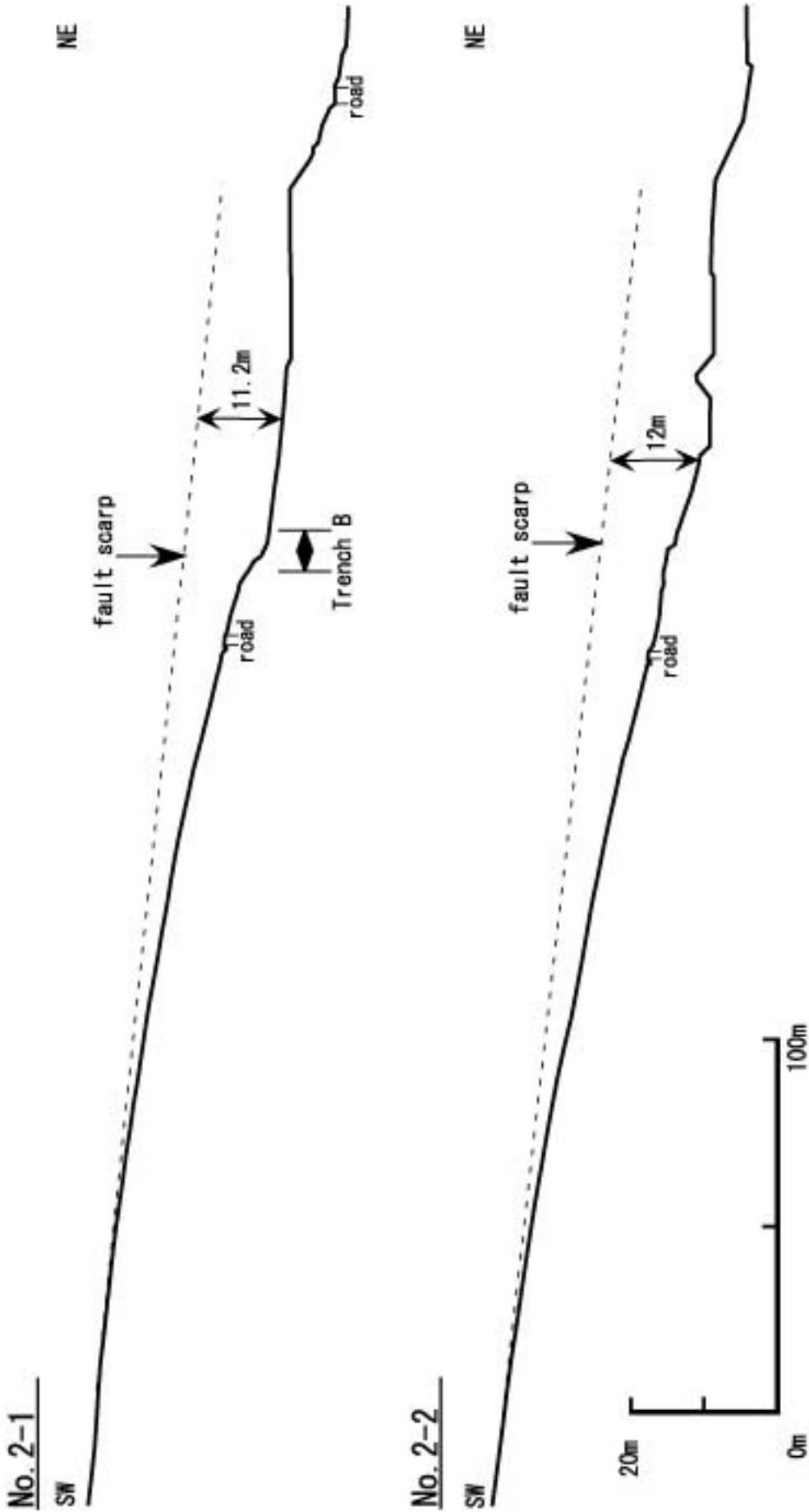


第2図. 黒磯市百村地区における関谷断層の分布 (a) とトレンチ掘削位置 (b) .
 Nf1, Nf2はそれぞれ那須野ヶ原扇状地面1, 2を示す. b图中的青線は地形断面図作成位置を示し, 太線部が第3~5図の地形断面図の範囲に対応する.

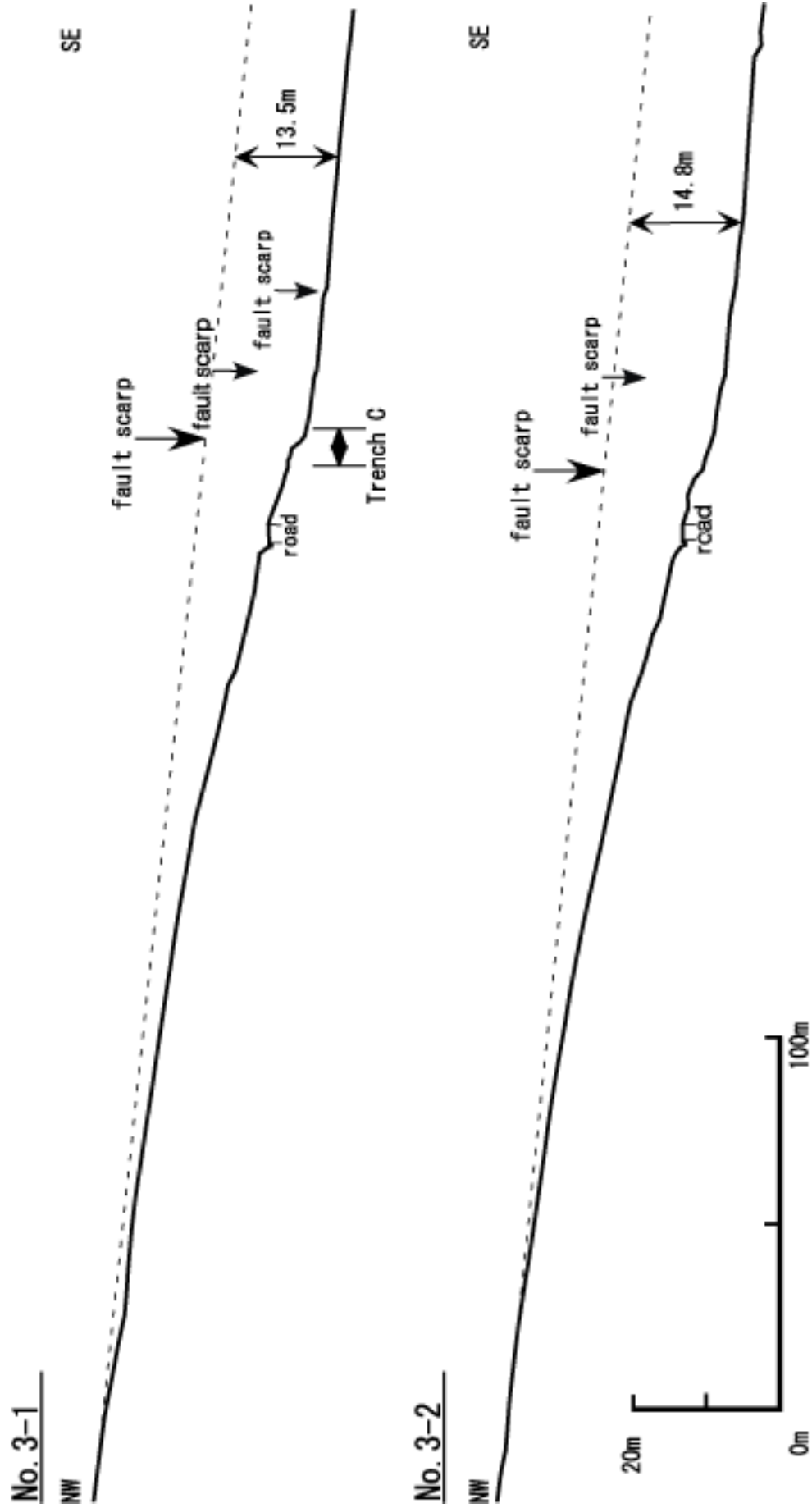
Fig. 2. Trace of the Sekiya fault in Momura area of Kuroiso City (a) and detailed topographic map showing trench sites (b).
 Nf1 and Nf2 are the Nasunogahara alluvial fan surface 1 and ditto 2, respectively. Blue lines in figure b indicate the topographic survey lines and thicker parts of the lines show the location of profiles shown in Figs. 3, 4 and 5.



第3図. 測線No. 1-1及びNo. 1-2における地形断面図.
 Fig. 3. Topographic profiles across the Sekiya fault on the N12 surface.



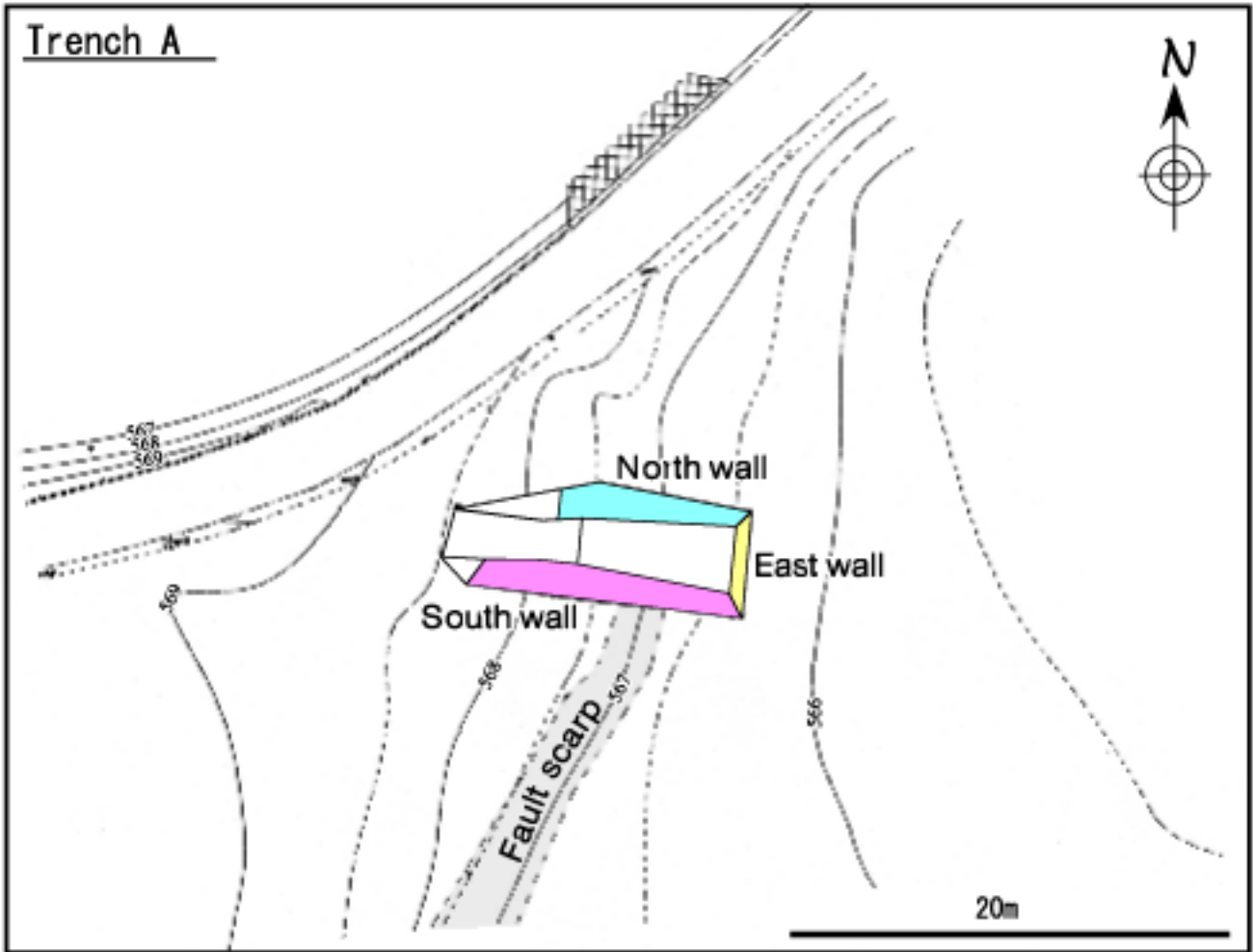
第4図. 測線No. 2-1及びNo. 2-2における地形断面図.
Fig. 4. Topographic profiles across the Sekiya fault on the Nf1 surface.



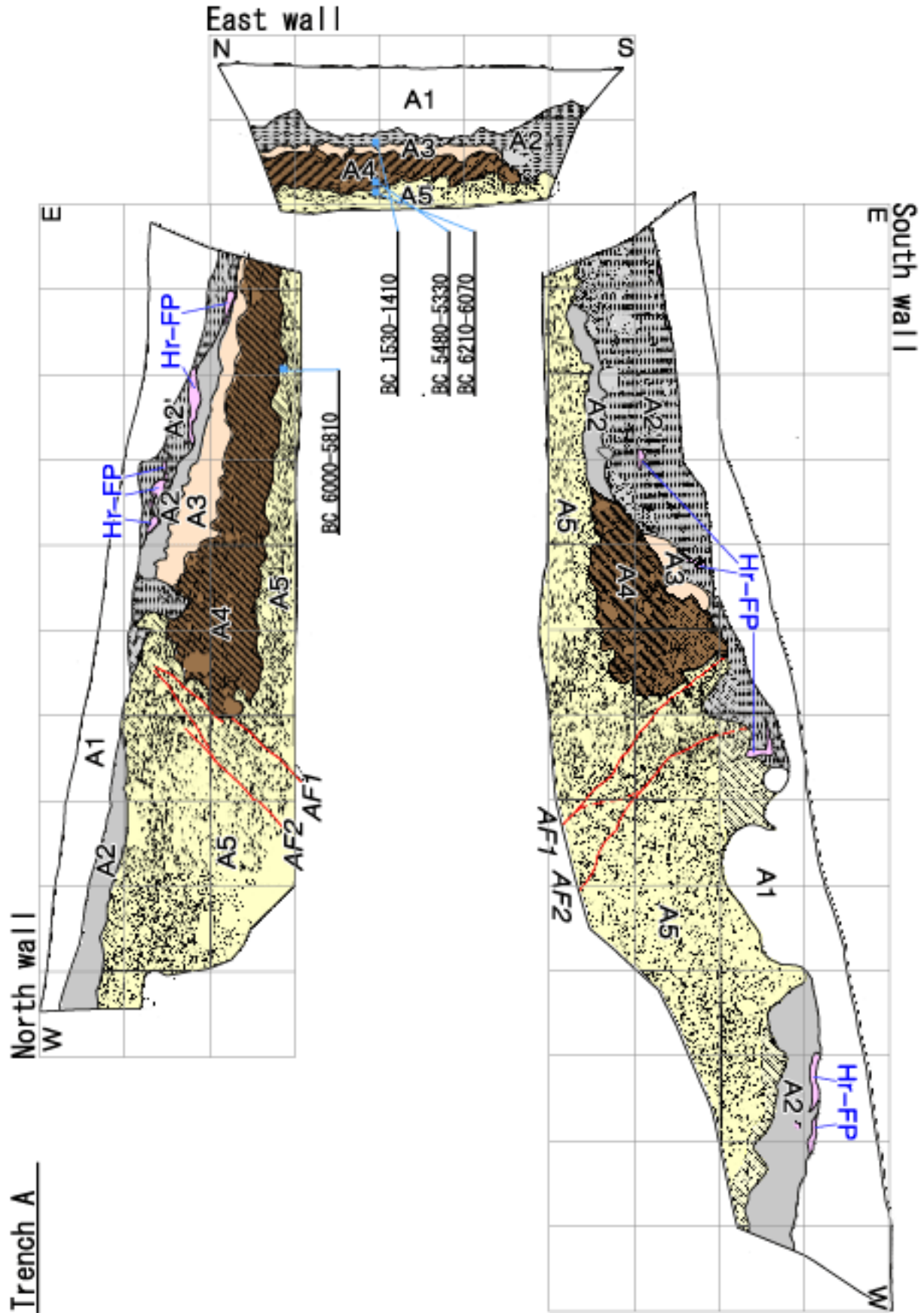
第5図. 測線No. 3-1及びNo. 3-2における地形断面図。
Fig. 5. Topographic profiles across the Sekiya fault on the Nf1 surface.

第 1 表. トレンチ壁面から採取されたテフラの分析結果.

Sample	Mineral composition	Refractive index mode		
		Glass	Opx	Hbl
Haruna-Futatsudake-Ikaho tephra (Hr-FP)				
Hr-FP	Hbl > Opx, [Cpx]	1.506-1.508 (8: 1.707-1.710 (90%))		
A	Hbl > Opx, [Cpx]	1.506-1.508 (7: 1.707-1.710 (9(1.672-1.676 (90%)))		
B	Hbl, Opx	1.501-1.504	1.708-1.712	1.672-1.677
Numazawa-Numazawako tephra (Nm-NK)				
Nm-NK	Hbl > Opx; Qtz	1.500-1.501 (7(1.707-1.709 (70%))		
A	Hbl > Opx; Qtz	1.500-1.501 (8(1.707-1.709 (6(1.673-1.675 (80%)))		
C	Hbl > Opx, [Cpx], Q t	1.500-1.501 (7(1.705-1.708 (7(1.673-1.675 (50%)))		
Nikko-Nantai-Kutsukake tephra (Nk-Ku)				
Nk-Ku	Opx > Cpx, [Ol]	1.504-1.506 (9: 1.704-1.707 (40%))		

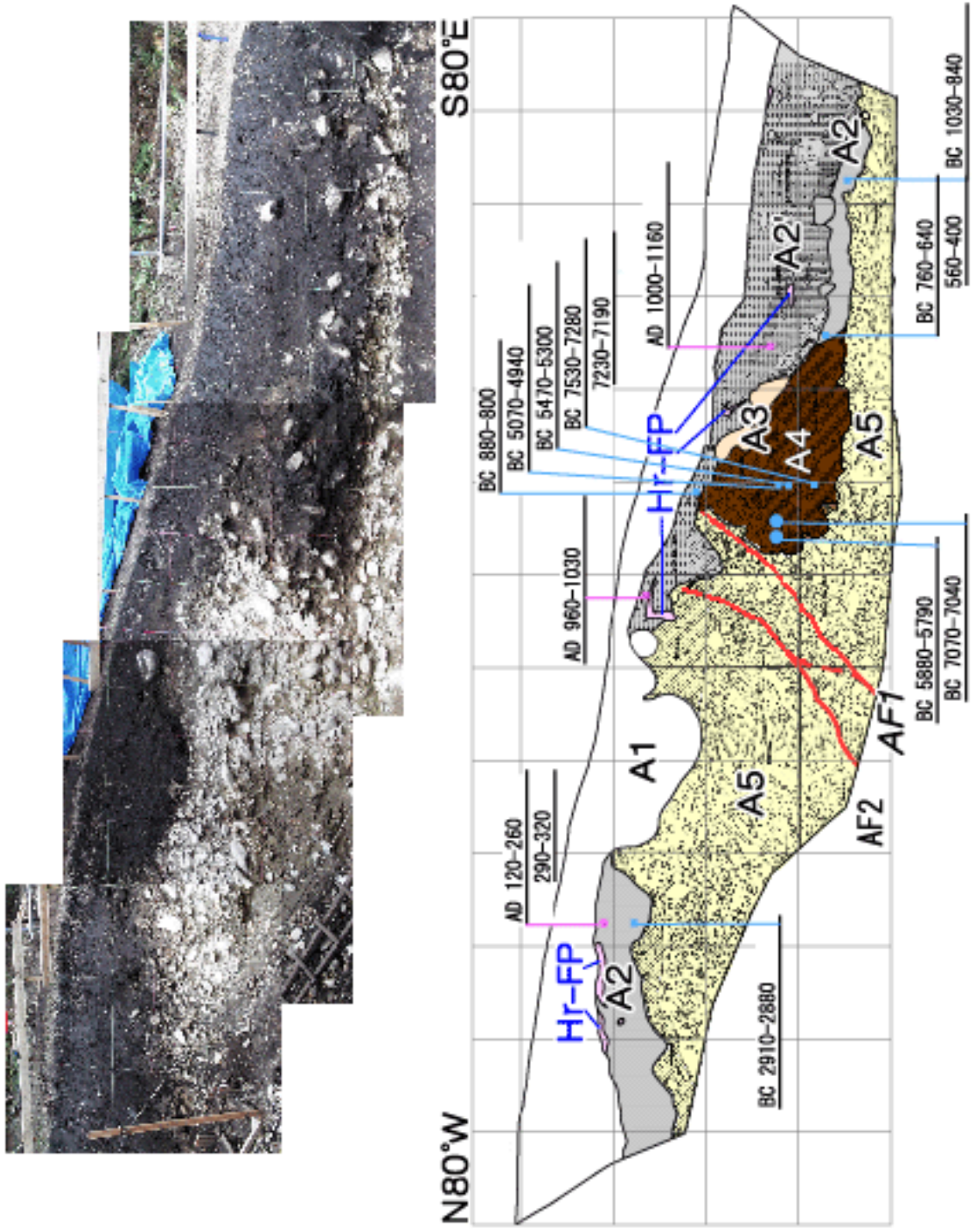


第6図. トレンチA掘削地点周辺の地形測量図.
Fig. 6. Topographic survey map around trench A.



第7図. トレンチAの壁面スケッチ (グリッド間隔: 1 m).
 Fig. 7. Sketches of trench A (grid interval: 1 m).

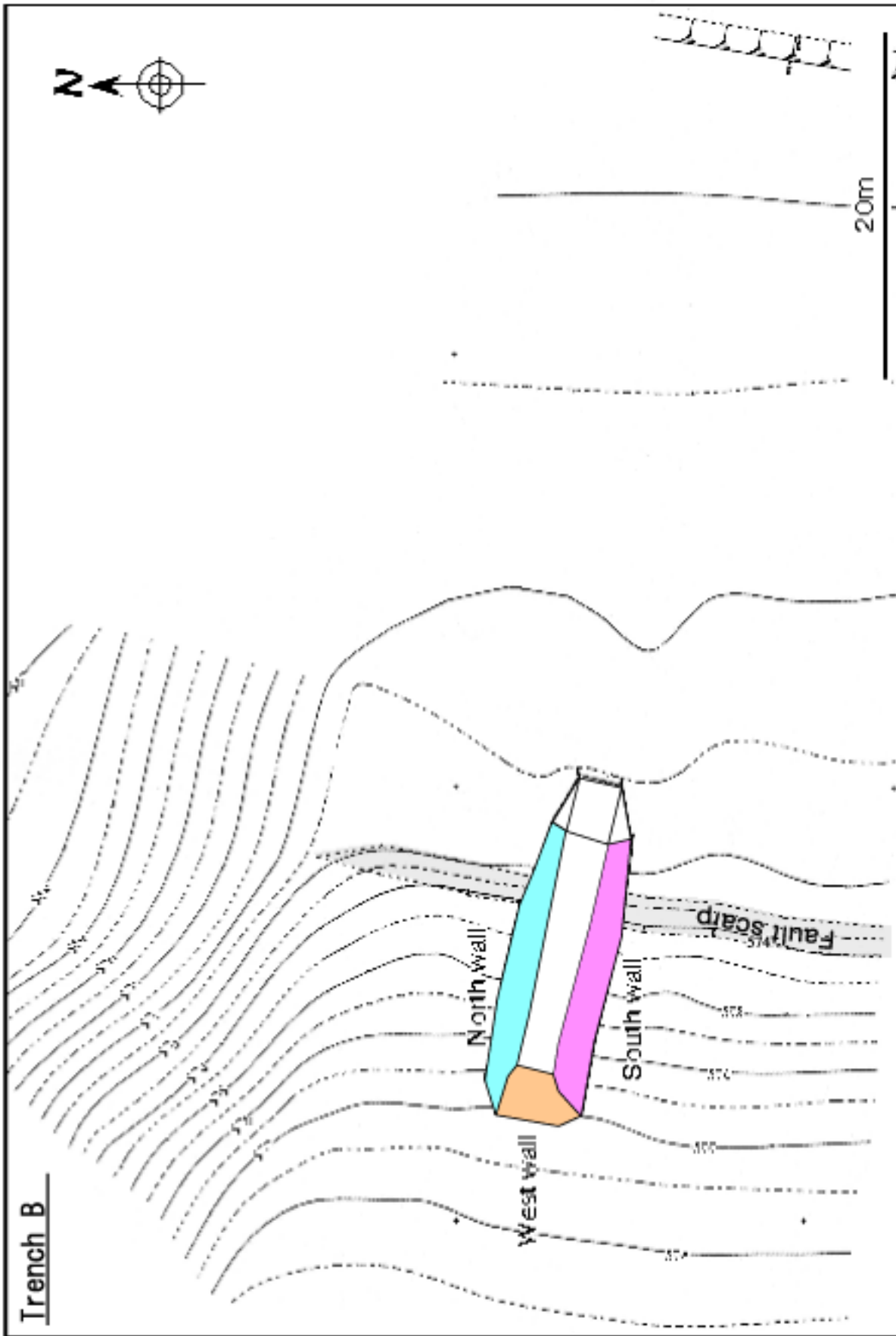
Trench A (South wall)



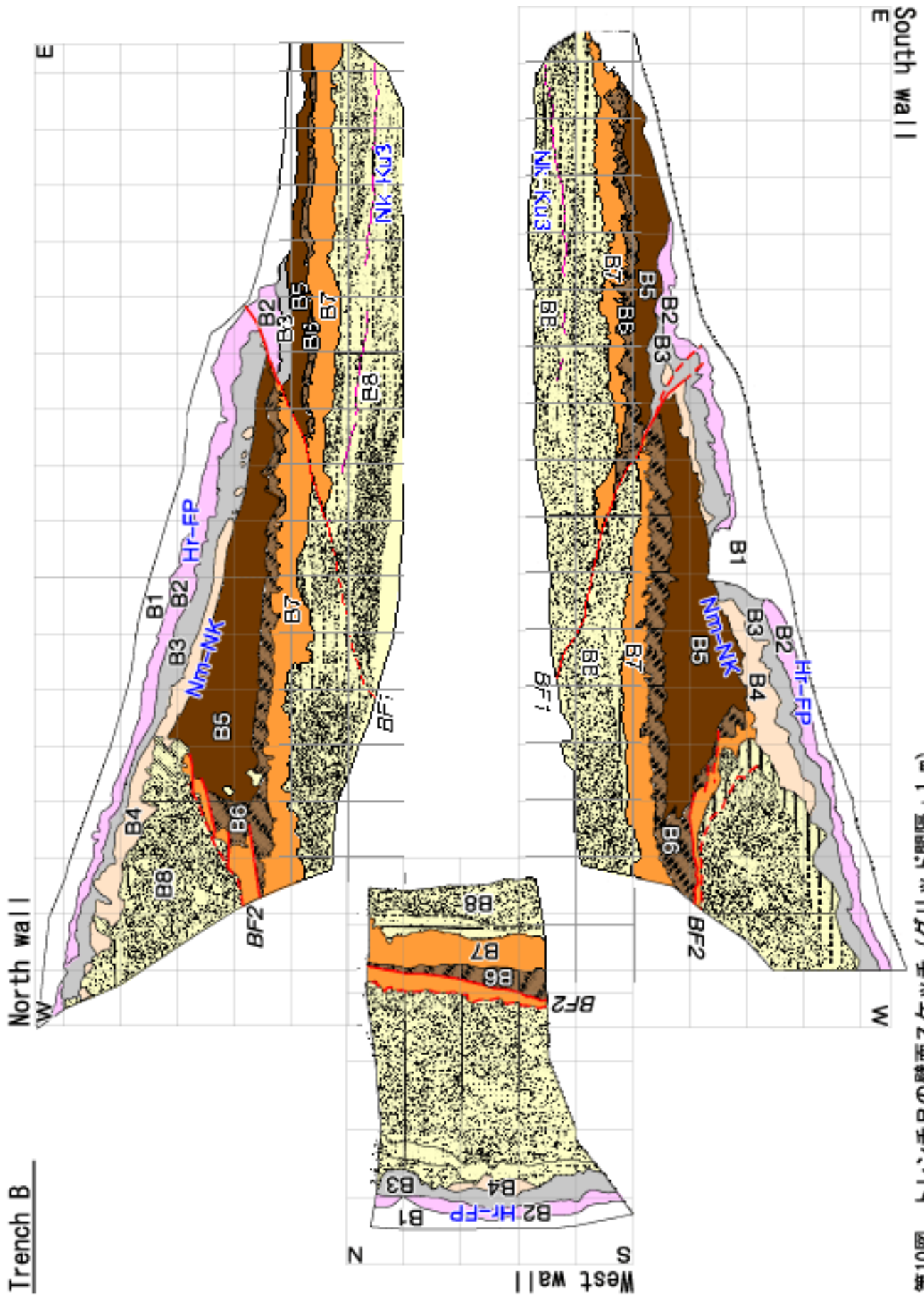
第8図. トレンチA南側壁面の写真とスケッチ (反転) 及び¹⁴C年代値。
 Fig. 8. Flipped-over photograph and sketch of the south wall of trench A and ¹⁴C ages (cal AD/BC; 1 σ).

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

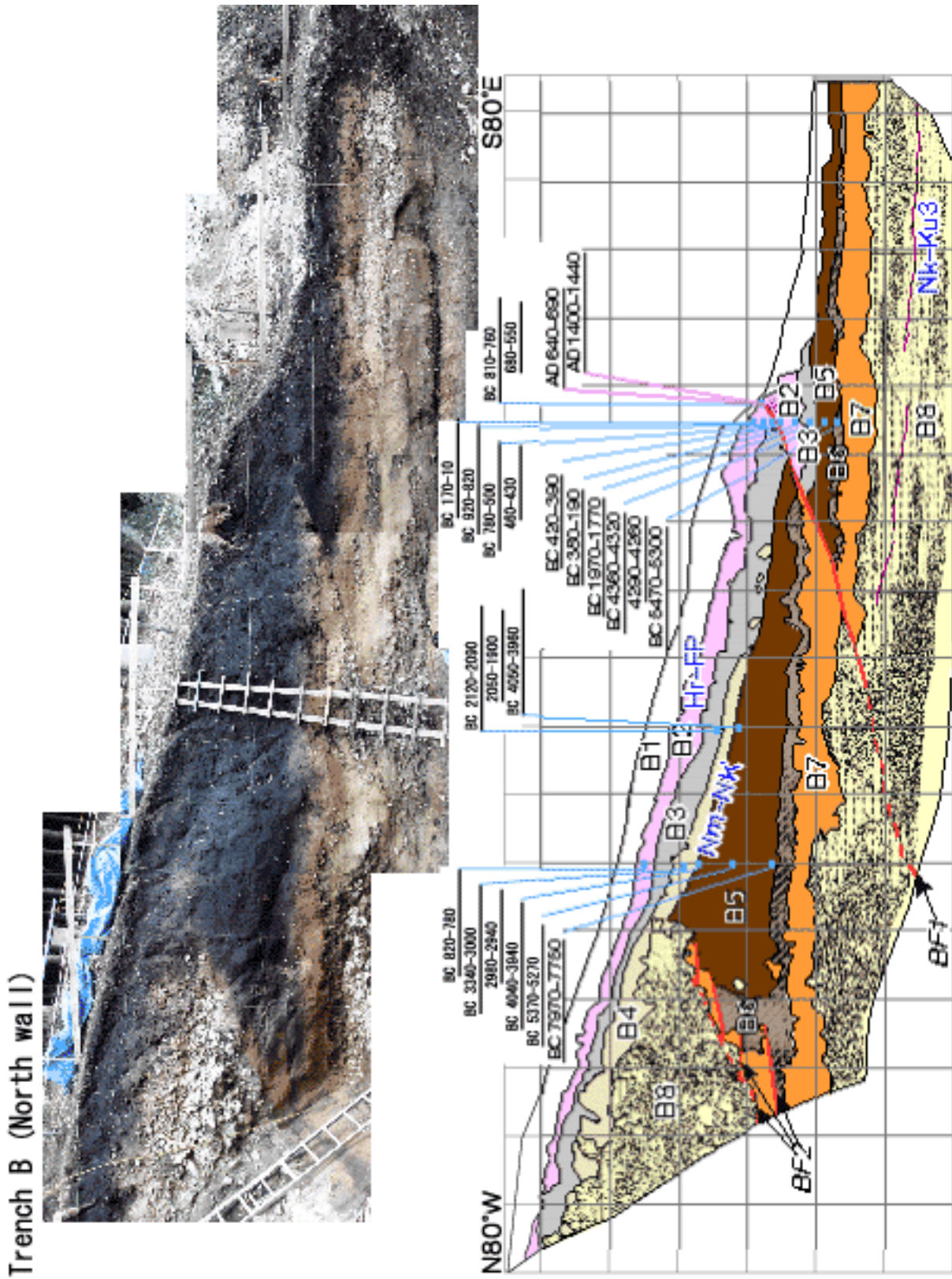
Sample No.	Lab No. (Beta-)	Location trench/wall	Horizon	Material	Method	Measured ¹⁴ C age (y BP)	¹³ C (‰)	Conventional ¹⁴ C age (y BP)	Calibrated age (Cal AD/BC; 1)
SEK1-1	152287	A/N	A5	humic soil		7020±90	-23.8	7040±90	BC 6000-5810
SEK1-2	152288	A/S	A2'	humic soil		1020±70	-23.7	1040±70	AD 960-1030
SEK1-3	152289	A/S	A2	humic soil	ext.	2400±70	-23.9	2420±70	BC 760-640, 560-400
SEK1-4	152290	A/S	A2'	humic soil		960±70	-23.7	980±70	AD 1000-1160
SEK1-5	152291	A/S	A2	humic soil		2780±80	-23.8	2800±80	BC 1030-840
SEK1-6	152292	A/E	A5	humic soil	AMS	7270±40	-24.1	7280±40	BC 6210-6070
SEK1-7	152293	A/E	A4	humic soil		6430±70	-24.3	6440±70	BC 5480-5330
SEK1-8	152294	A/E	A2'	humic soil		3180±70	-23.4	3210±70	BC 1530-1410
SEK1-9	152295	A/S	A4	charcoal	AMS	8050±40	-25.3	8050±40	BC 7070-7040
SEK1-10	152296	A/S	A4	charcoal	AMS	6980±40	-25.9	6970±40	BC 5880-5790
SEK1-11	152297	A/S	A2	humic soil		1780±70	-22.8	1810±70	AD 120-260, 290-320
SEK1-12	152298	A/S	A2	humic soil		4240±60	-23.2	4270±60	BC 2910-2880
SEK1-13	152299	A/S	A4	humic soil	ext.	8310±110	-23.9	8330±110	BC 7530-7280, 7230-7190
SEK1-14	152300	A/S	A4	humic soil		6370±80	-23.5	6390±80	BC 5470-5300
SEK1-15	152301	A/S	A4	humic soil		6090±60	-23.4	6110±60	BC 5070-4940
SEK1-16	152302	A/S	A2'	humic soil	ext.	2630±70	-22.6	2670±70	BC 880-800



第9図. トレンチB掘削地点周辺の地形測量図.
Fig. 9. Topographic survey map around trench B.



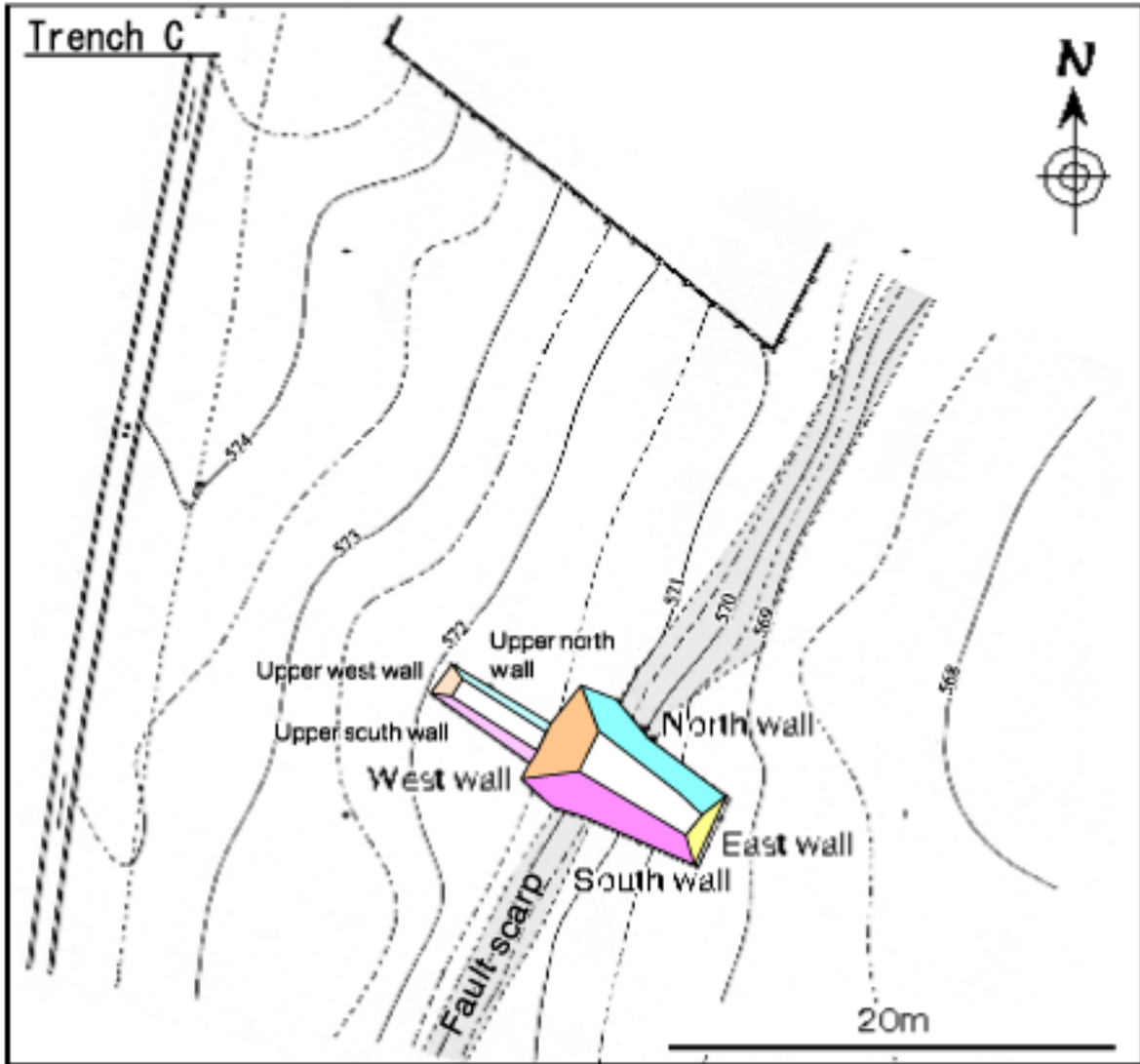
第10図. トレンチBの壁面スケッチ (グリッド間隔: 1 m).
 Fig. 10. Sketches of trench B (grid interval: 1 m).



第11図. トレンチB北側壁面の写真とスケッチ及び¹⁴C年代値.
Fig. 11. Photograph and sketch of the north wall of trench B and ¹⁴C ages (cal AD/BC; 1σ).

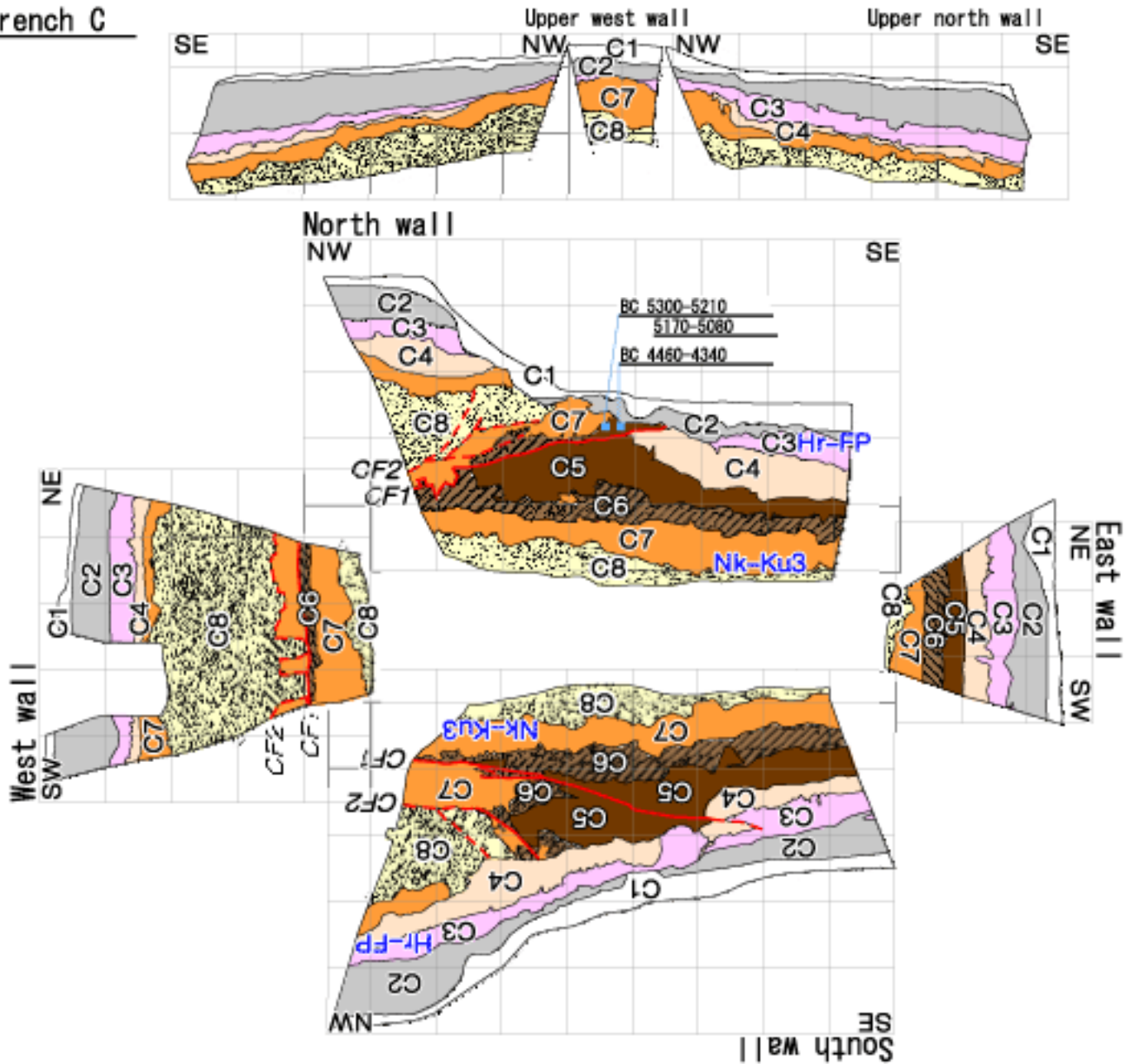
第3表．トレンチBの¹⁴C年代測定結果一覧表．
Table 3. Radiocarbon dating results of trench B.

Sample No.	Lab No. (Beta-)	Location trench/wall	Horizon	Material	Method	Measured ¹⁴ C age (y BP)	¹³ C (‰)	Conventional ¹⁴ C age (y BP)	Calibrated age (Cal AD/BC; 1)
SEK2-1	152368	B/N	B5	humic soil		8760±60	-23.5	8790±60	BC 7970-7750
SEK2-2	152369	B/N	B5	humic soil		6310±80	-23.5	6340±80	BC 5370-5270
SEK2-3	152370	B/N	B5	humic soil		5140±70	-23.3	5170±80	BC 4040-3940
SEK2-4	152371	B/N	B4	humic soil		4430±80	-22.9	4460±80	BC 3340-3000, 2980-2940
SEK2-5	152372	B/N	B2	humic soil		2550±60	-20.6	2620±70	BC 820-780
SEK2-6	152373	B/N	B5	humic soil		5180±70	-22.8	5210±70	BC 4050-3960
SEK2-7	152374	B/N	B3	humic soil		3580±70	-22.1	3630±70	BC 2120-2090, 2050-1900
SEK2-8	152375	B/N	B6	humic soil		6360±80	-22.9	6390±80	BC 5470-5300
SEK2-9	152376	B/N	B5	humic soil		5450±60	-22.9	5480±60	BC 4360-4320, 4290-4260
SEK2-10	152377	B/N	B3	humic soil		3490±70	-21.2	3560±70	BC 1970-1770
SEK2-11	152378	B/N	B2	humic soil		2140±60	-20.2	2210±60	BC 380-190
SEK2-12	152379	B/N	B2	humic soil		2280±60	-20.1	2360±60	BC 420-390
SEK2-13	152380	B/N	B2	humic soil		2410±60	-20.0	2490±60	BC 780-500, 460-430
SEK2-14	152381	B/N	B2	humic soil		2650±60	-20.2	2720±60	BC 920-820
SEK2-15	152382	B/N	B2	humic soil		2010±60	-21.4	2070±60	BC 170-10
SEK2-16	152383	B/N	B2	humic soil		2500±80	-21.4	2560±80	BC 810-760, 680-550
SEK2-17	152384	B/N	B2	humic soil		1300±60	-21.4	1360±60	AD 640-690
SEK2-18	152385	B/N	B2	humic soil		470±60	-21.7	520±60	AD 1400-1440



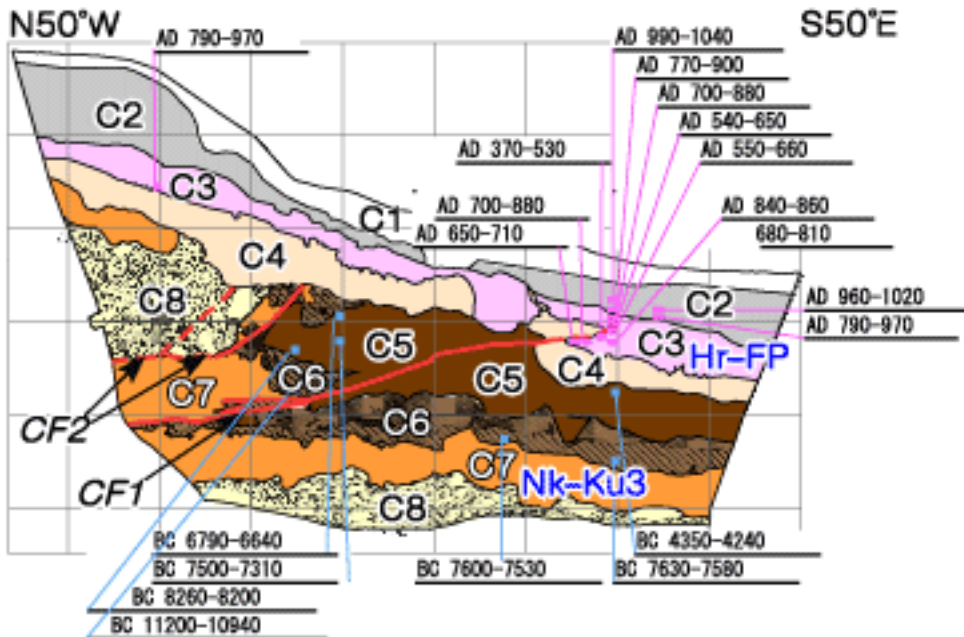
第12図. トレンチC掘削地点周辺の地形測量図.
Fig. 12. Topographic survey map around trench C.

Trench C



第13図. トレンチCの壁面スケッチ (グリッド間隔: 1 m).
 Fig. 13. Sketches of trench C (grid interval: 1 m).

Trench C (South wall)



第14図. トレンチC南側壁面の写真とスケッチ（反転）及び¹⁴C年代値.

Fig. 14. Flipped-over photograph and sketch of the south wall of trench C and ¹⁴C ages (cal AD/BC; 1σ).

第4表・トレンチCの¹⁴C年代測定結果一覧表。
Table 4. Radiocarbon dating results of trench C.

Sample No.	Lab No. (Beta-)	Location trench/wall	Horizon	Material	Method	Measured ¹⁴ C age (y BP)	¹³ C (‰)	Conventional ¹⁴ C age (y BP)	Calibrated age (Cal AD/BC; 1 σ)
SEK3-1	152386	C/S	C2	humic soil		1090±60	-20.8	1160±60	AD 790-970
SEK3-2	152387	C/S	C2	humic soil		990±60	-21.1	1050±60	AD 960-1020
SEK3-3	152388	C/S	C6	humic soil		8570±60	-22.2	8620±60	BC 7630-7580
SEK3-4	152389	C/S	C5	humic soil		5390±70	-21.9	5440±70	BC 4350-4240
SEK3-5	152390	C/S	C3	humic soil		1170±60	-19.5	1260±60	AD 680-810, 840-860
SEK3-6	152391	C/S	C3	humic soil		1370±70	-20.0	1450±70	AD 550-660
SEK3-7	152392	C/S	C3	humic soil		1380±60	-19.4	1470±60	AD 540-650
SEK3-8	152393	C/S	C3	humic soil		1140±60	-19.6	1230±60	AD 700-880
SEK3-9	152394	C/S	C2	humic soil		1210±60	-26.3	1190±60	AD 770-900
SEK3-10	152395	C/S	C2	humic soil		960±60	-21.6	1010±60	AD 990-1040
SEK3-11	152396	C/S	C6	humic soil		8490±80	-23.3	8520±80	BC 7600-7530
SEK3-12	152397	C/S	C6	humic soil		10960±70	-22.4	11000±70	BC 11200-10940
SEK3-13	152398	C/S	C5	humic soil		8970±60	-23.2	8990±60	BC 8260-8200
SEK3-14	152399	C/S	C3	humic soil		1090±60	-20.3	1160±60	AD 790-970
SEK3-15	152400	C/S	C3	humic soil		1540±70	-19.3	1630±70	AD 370-530
SEK3-16	152401	C/S	C3	humic soil		1140±60	-19.2	1230±60	AD 700-880
SEK3-17	152402	C/S	C3	humic soil		1250±60	-19.6	1340±60	AD 650-710
SEK3-18	152403	C/N	C5	humic soil		5510±80	-22.4	5550±80	BC 4460-4340
SEK3-19	152404	C/N	C5	humic soil		6210±60	-22.5	6250±60	BC 5300-5210, 5170-5080
SEK3-20	152405	C/S	C5	humic soil		7830±60	-22.5	7870±60	BC 6790-6640
SEK3-21	152406	C/S	C5	humic soil		8280±70	-22.1	8320±70	BC 7500-7310