

栃木県関谷断層の活動履歴調査(1) - 黒磯市^{もむら}百村における補足調査 - Paleoseismological study of the Sekiya fault in Tochigi Prefecture (1) - Complementary study at Momura, Kuroiso City -

宮下由香里¹・杉山雄一²・山元孝広³・丸山直樹⁴・大石 朗⁵
Yukari Miyashita¹, Yuichi Sugiyama², Takahiro Yamamoto³,
Naoki Maruyama⁴ and Akira Oishi⁵

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

³ 深部地質環境研究センター (Research Center for Deep Geological Environments, GSJ/AIST, t-yamamoto@aist.go.jp)

^{4,5} 株式会社ニュージェック (NEWJEC Inc., maruyamank@newjec.co.jp, ooishiak@tokyo.newjec.co.jp)

Abstract: Additional radiocarbon dating of 17 samples strongly constrained the last rupture event on the northern Sekiya fault in the 14-15th century or later, and the penultimate event 4,000 to 5,000 years ago. The NS-striking Sekiya reverse fault extends for 30 km in the northern Tochigi Prefecture. In the last year (2000), we identified two recent faulting events in a trench on the northern Sekiya fault, but we could not tightly constrain the timings of the events.

キーワード: 活断層, 古地震学, 関谷断層, 栃木県, トレンチ

Keywords: 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 30km に達する. 活断層研究センターでは, 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, 平成 12 年度より, 同断層の調査を行ってきた. 平成 12 年度は同断層の北部に位置する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掘削調査を実施し, 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となった. また, これに先行する活動が確認され, その時期は 5~6 千年前と推定された(宮下ほか, 2001a, b). しかし, 関谷断層の活動間隔を見積もるためには, 最新活動時期と先行する活動の時期をより限定することが必要である. あわせて, 1683 年に起こったとされる日光地震(寒川・室井, 1989)との対応を明らかにすることも望まれる. そこで, 平成 12 年度にトレンチ壁面から採取した試料を用いて, さらに ¹⁴C 年代測定を行った. また, 榛名二ツ岳伊香保軽石, 沼沢-沼沢湖軽石(5 千年前: 山元, 1995)について, 角閃石の屈折率測定を行い, 不足していたデータを補完した. なお, 関谷断層の位置および百村トレンチ掘削地点の詳細については, 宮下ほか(2001a, b)を参照されたい.

2. ¹⁴C 年代測定結果

百村地区では, 那珂川支流木ノ俣川右岸に位置する低位面上で 1 地点(トレンチ A), 高位面上で 2 地点(トレンチ B および C)の計 3 地点でトレンチ調査を実施した. 各トレンチ壁面のスケッチと試料採取位置を Fig. 1~3 に, ¹⁴C 年代測定結果を Table 1~3 に示す. すべての図表において, 今回新たに得られた ¹⁴C 年代値には, その右肩に*記号を付した. なお, 測定はすべて株式会社地球科学研究所を通じて, 米国ベータアナリティック社に依頼した.

2.1 トレンチ A

先行する活動: 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/被覆関係が確認できなかった. しかし, AF1 下盤側に楔状に分布する A4 層は, 層相および分布形態から, 先行する活動に伴って堆積した可能性がある(宮下ほか, 2001a). A4 層が崩積性堆積物であるとする, 先行する活動は, A4 層構成層が示す年代以降, A2 層堆積前であったと考えられる. そこで, 地層境界がより明確で, なおかつこれまでデータの得られていない北側壁面の A4 層最上部から 1 試料, A2 層下部から 3 試料を選び, ¹⁴C 年代を測定した. その結果, A4 層最上部から 4770 ± 70yBP (BC 3640-3510 / 3420-3390 年), A2 層最下部から 3080 ± 80yBP (BC 1420-1260 年)の ¹⁴C 年代が得られた (Table 1).

2.2 トレンチ B

最新活動：トレンチ B では、Hr-FP を含む B2 層が BF1 に切れ、下盤側 B2 層最上部の年代として、 $1360 \pm 60\text{yBP}$ (AD 640-690 年) と $520 \pm 60\text{yBP}$ (AD 1400-1440 年) が得られている。とくに後者は、BF1 に切られる B2 層から得られた最も若い年代である。そこで、この年代値の信憑性を確認するため、下盤側 B2 層最上部のほぼ同じ層準から 2 試料を選び、 ^{14}C 年代を測定した。その結果、 $580 \pm 70\text{yBP}$ (AD 1300-1420 年) 及び $570 \pm 60\text{yBP}$ (AD 1310-1370 / 1380-1420 年) が得られた。

先行する活動：トレンチ B では、少なくとも 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た。そこで、BF2 に直接切られる B5 層の最上部から 3 試料、B4 層下底部から 1 試料を選び、 ^{14}C 年代を測定した。その結果、前 3 試料からは $7450 \pm 60\text{yBP}$ (BC 6400-6230 年)、 7130 ± 80 (BC 6050-5910 年)、 $6630 \pm 90\text{yBP}$ (BC 5640-5490 年)、後者からは、 $5050 \pm 80\text{yBP}$ (BC 3960-3720 年) が得られた。しかし、B4 層はシルトを主体とし、B8 層のブロックを含むこと、層厚が隆起側で厚く、低下側で薄化・尖滅することから、BF2 活動直後に堆積した崩積性堆積物の可能性が高い。B4 層を崩積性堆積物と見なすと、BF2 の活動は B4 層から得られた最も若い年代以降と考えられる。

2.3 トレンチ C

最新活動：トレンチ C では、Hr-FP を含む C3 層が CF1 に切れ、下盤側最上部の年代として、 $1260 \pm 60\text{yBP}$ (AD 680-810 / 840-860 年) が得られている。隣接するトレンチ B での調査結果を考慮すると、CF1 は、肉眼では確認できないが、C2 層に覆われる C3 層の上面にまで達していると推定される。そこで、これまで年代測定をした試料採取位置 (Fig. 3 の右から 3 つ目の垂直グリッド沿い) よりも、約 50cm 前面 (東側) の下盤側と推定される C3 層から 2 試料、約 1m 前面の C3 層とこれを覆う C2 層からそれぞれ 1 試料を選び、 ^{14}C 年代を測定した。その結果、約 50cm 前面の C3 層から $1030 \pm 80\text{yBP}$ (AD 960-1040 年) および $1460 \pm 60\text{yBP}$ (AD 550-650 年)、約 1m 前面の C3 層および C2 層からはそれぞれ、 $1050 \pm 70\text{yBP}$ (AD 910-920 / 960-1030 年) および $960 \pm 60\text{yBP}$ (AD 1010-1160 年) が得られた。C3 層と C2 層から得られた ^{14}C 年代値は、一部層序と逆転して、ほぼ同じ時代を示す。C2 層には C3 層中に挟在する Hr-FP 起源の角閃石濃集層が成層構造をなして挟まれる (宮下ほか, 2001a) ことから、C2 層に含まれる腐植質の多くも C3 層に由来する可能性がある。この場合、CF1 の活動時期の上限を C2 層の ^{14}C 年代により拘束することは、適当ではないと考えられる。

先行する活動：トレンチ C では、C5 層の堆積後、C4 層の堆積前に CF2 の活動があったと考えられる。C4 層からは年代測定に適した試料が得られなかつ

たため、C5 層上部から 3 試料を選び、 ^{14}C 年代を測定した。その結果、最新で $4380 \pm 70\text{yBP}$ (BC 3090-2900 年) の年代値が得られた。

3. テフラ分析結果

トレンチ壁面から採取したテフラの同定は、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。分析は株式会社京都フィッシュトラックに依頼した。今回は、榛名二ツ岳伊香保軽石 (Hr-FP) および沼沢 - 沼沢湖軽石 (Nm-NK) について、角閃石の屈折率を測定した。結果をこれまでに記載されている両軽石のデータとあわせて、Table 4 に示す。

3.1 榛名二ツ岳伊香保軽石 (Hr-FP)

火山ガラスと斜方輝石の屈折率については、山元 (1997) の値にほぼ等しい。角閃石については、山元 (1997) では、1.672-1.676 の範囲に 90% の値が含まれるのに対して、今回得られた値は、1.674-1.680 の範囲に 87% が含まれる。比較のために、1.672-1.676 の範囲に限定すると、33% となる。したがって、今回得られた値の方が、より屈折率が大きい側にシフトした分布を持っている。

3.2 沼沢 - 沼沢湖軽石 (Nm-NK)

火山ガラスと斜方輝石の屈折率については、山元 (1997) および山元 (1995) の値にほぼ等しい。角閃石について今回得られた値は、1.672-1.675 の範囲に 85% が含まれる。比較のために 1.673-1.675 の範囲に限定しても 69% の値が含まれ、調和的である。

4. 活動履歴

トレンチ A~C の各層から得られた ^{14}C 年代と、トレンチ壁面の観察結果から推定される断層の活動時期を Fig. 4 に示す。

4.1 最新活動時期

トレンチ B では、B2 層が BF1 に切られており、下盤側 B2 層最上部の 3 試料 (12 年度測定 1 試料、13 年度追加測定 2 試料) から、14~15 世紀を示す年代値が得られた。この ^{14}C 年代データに基づくと、トレンチ B における最新活動時期は、14~15 世紀以降と考えられる。

トレンチ A では最新活動時期を特定するデータは得られていないが、この地点の新鮮な低断層崖が約 125m 南のトレンチ B に連続することから、B 地点と同じ時期に最新活動があったと考えられる (宮下ほか, 2001a)。最新活動前の堆積物と推定される A2 層と、同活動後に A2~A5 層の崩落によって堆積したと推定される A2' 層の ^{14}C 年代は、トレンチ B と同時期に最新活動があったとする考えと矛盾しない。トレンチ C では、C2 層の ^{14}C 年代を CF1 の活動時

期の拘束に用いるか否かによって、最新活動時期についての結論が異なってくる。前述のように、最新活動時期をC2層の¹⁴C年代によって拘束することは適当でないと考え、この地点における最新活動時期は、10~11世紀以降となり、トレンチBの最新活動時期と重なる(Fig. 4)。他方、C2層の¹⁴C年代がこの地点における最新活動の上限年代を示すと考えた場合には、最新活動時期は10~11世紀頃となり、トレンチBでの最新活動時期とは異なる。

両トレンチが約330mしか離れていないことを考慮すると、現時点では前者の方がより可能性が高いと思われる。この場合、百村地区の関谷断層は、14~15世紀以降に最新活動を行ったと考えられる。

4.2 先行する断層活動の時期

トレンチAでは、A4層を先行する断層活動に伴う崩積性堆積物と見なした場合、この活動の時期はA4層の最新年代(4770 ± 70yBP : BC 3640-3510 / 3420-3390年)以降、A2層最下部(3080 ± 80yBP : BC 1420-1260年)の堆積前と考えられる。トレンチBでは、B4層をBF2の活動直後に堆積した崩積性堆積物と見なすと、この活動はB4層の最新年代(4460 ± 80yBP : BC 3340-3000 / 2980-2940年)以降、B3層最下部(3630 ± 70yBP : BC 2120-2090 / 2050-1900年)の堆積前に起こったと考えられる。トレンチCでは、C5層の堆積後、C4層の堆積前にCF2の活動があったと考えられ、C5層上部から最新で4380 ± 70yBP (BC 3090-2900年)の年代値が得られた。

以上の¹⁴C年代データと、A4層およびB4層を断層活動に伴う崩積性堆積物と見なす考え方に基づく

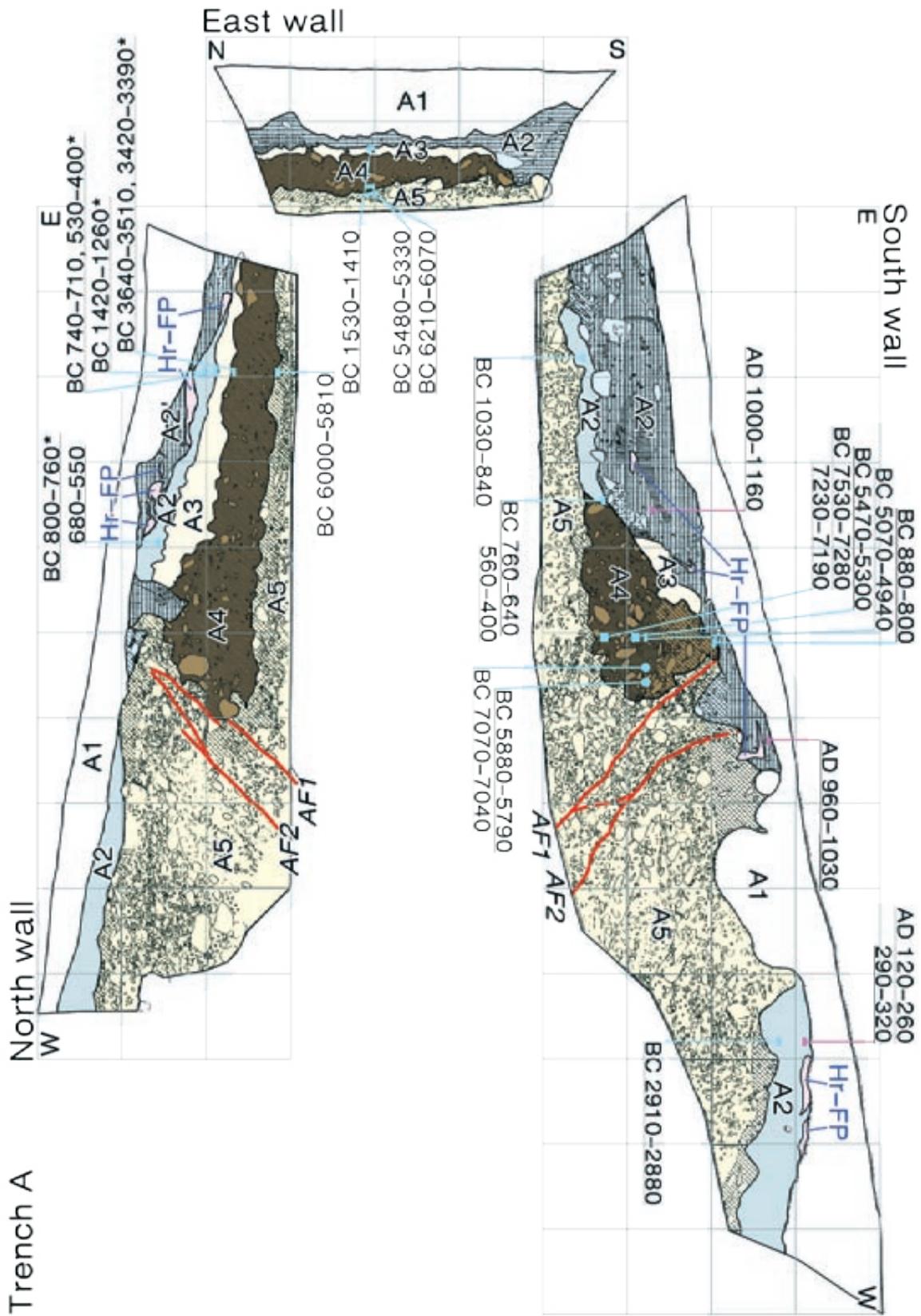
と、先行する断層活動の時期は、およそ4千~5千年前と考えられる。この値は、宮下ほか(2001a)による先行活動の推定年代より千年ほど若い。

謝辞 本研究を行うに当たり、土地所有者の方をはじめとして、地元の皆様に多大なるご協力を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表します。

文 献

- 町田 洋・新井房夫(1992)火山灰アトラス。東京大学出版会、276p。
- 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(2001a)栃木県関谷断層の活動履歴調査。活断層・古地震研究報告、no. 1、53-76。
- 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(2001b)栃木県・関谷断層のトレンチ調査。地質雑、107、722-725。
- 寒川 旭・室井利一郎(1989)街道・宿場の移転と地震。然科学、21、85-92。
- 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。

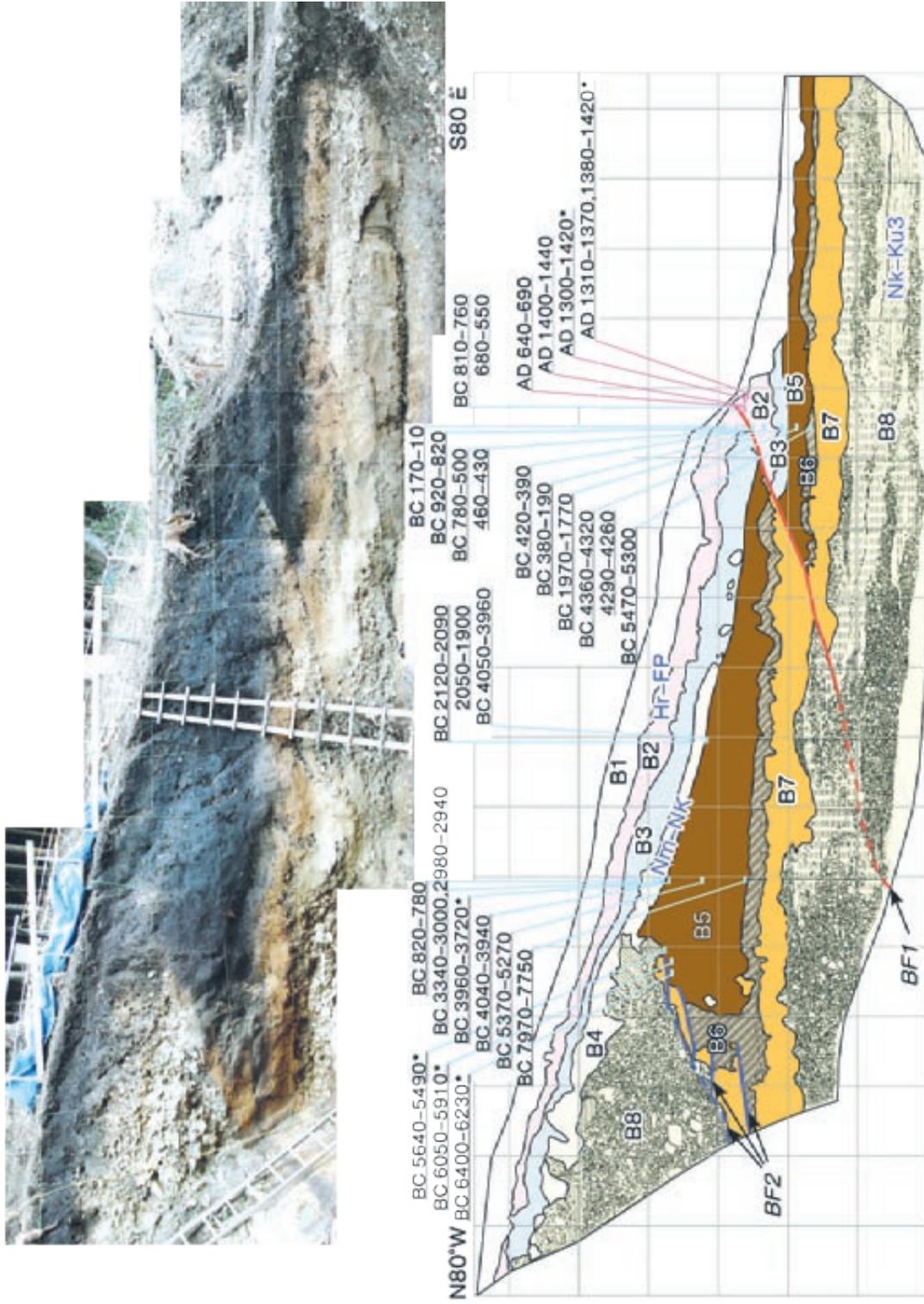
(受付：2002年8月6日、受理：2002年9月20日)



第1図. トレンチAの壁面スケッチ (グリッド間隔: 1m) および¹⁴C年代値.

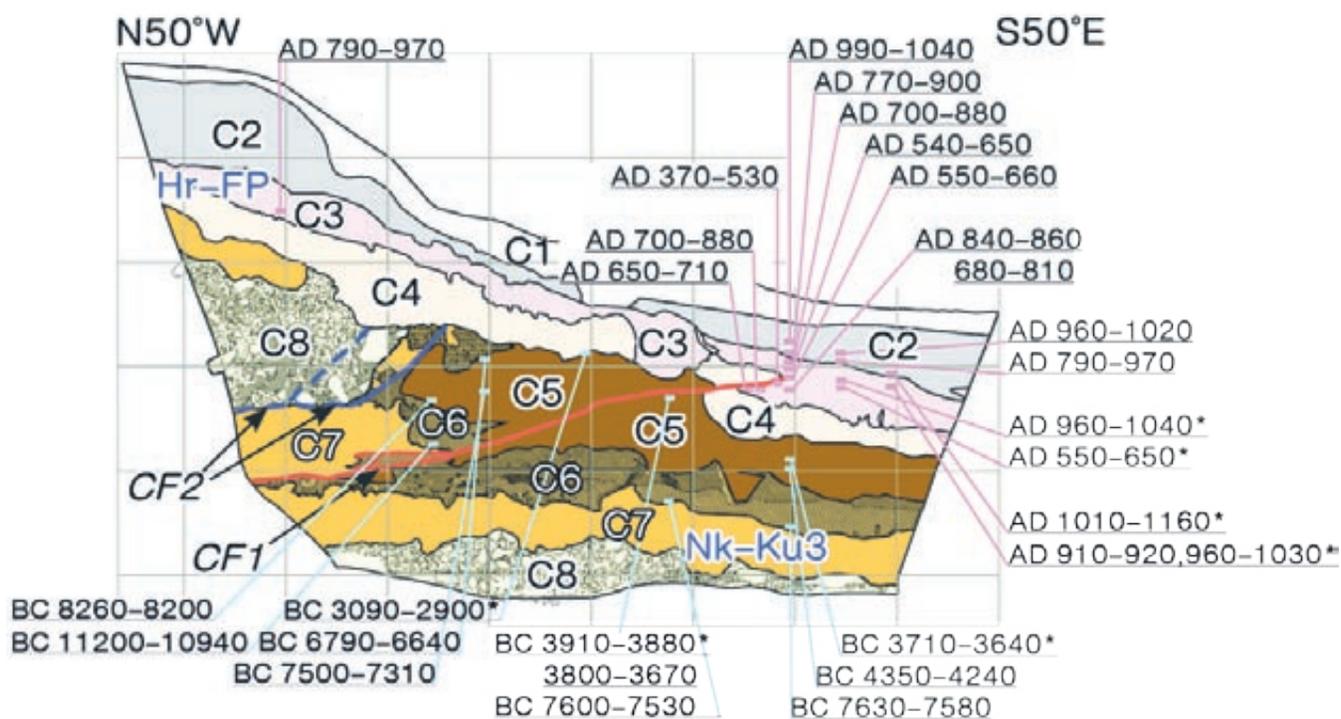
Fig. 1. Logs of trench A (grid interval: 1m) and ¹⁴C ages (cal AD/BC; 1σ). Newly obtained ¹⁴C dates are asterisked.

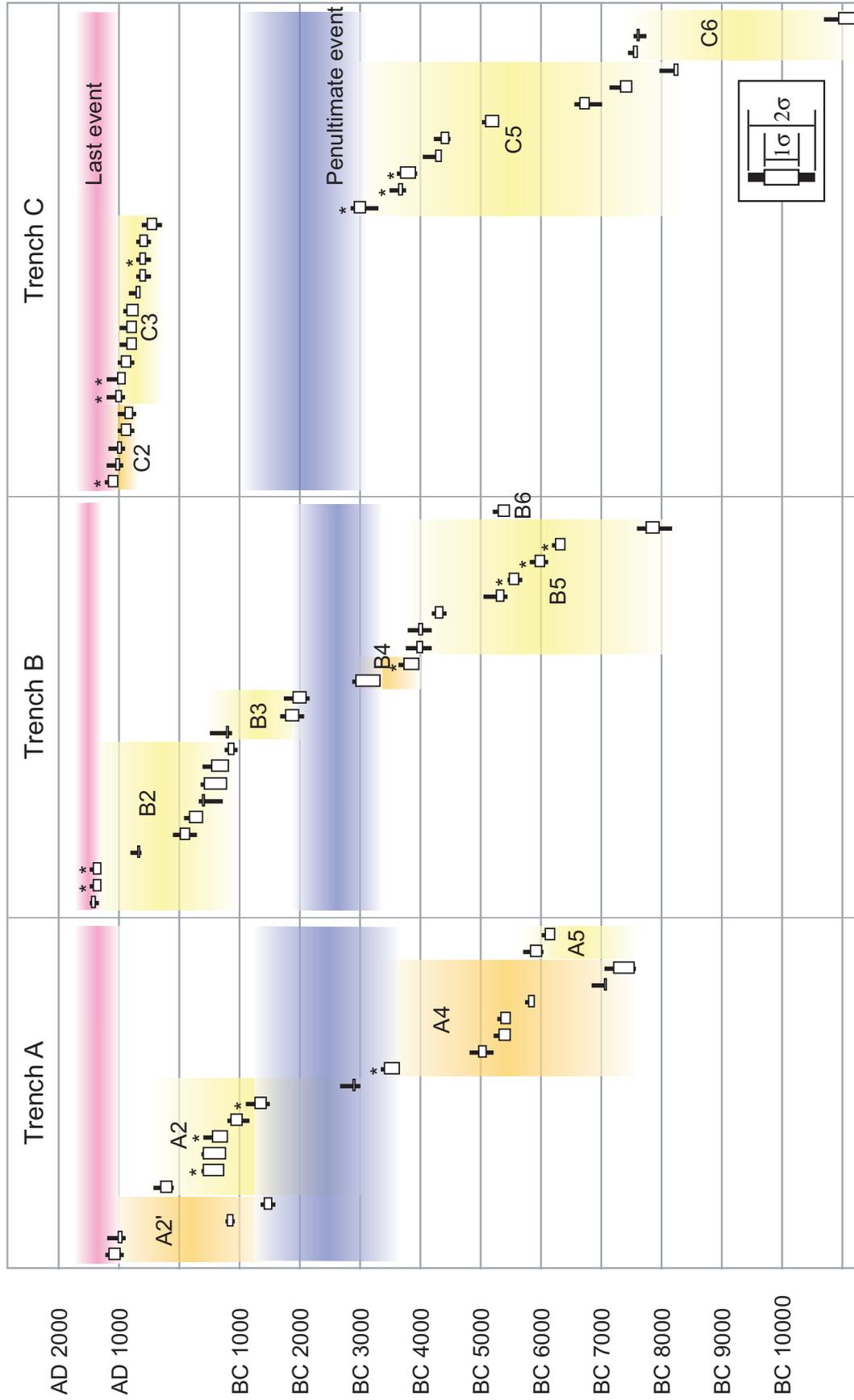
Trench B (North wall)



第2図. トレンチ B 北側壁面の写真とスケッチ (グリッド間隔: 1 m) および¹⁴C年代値.
Fig. 2. Photograph and log of the north wall of trench B (grid interval: 1m), and ¹⁴C ages (cal AD/BC; 1σ). Newly obtained ¹⁴C dates are asterisked.

Trench C (South wall)





第4図. トレンチA～Cの各層から得られた¹⁴C年代とイベントの推定時期. 白抜きバーは1σ, 黒いバーは2σを表す.
 Fig. 4. Diagrams showing ¹⁴C ages obtained from each layer in trenches A - C, and estimated timings of the last and penultimate faulting events. White rectangles mean 1 σ ranges and thick lines mean 2 σ ranges, respectively.

第1表, トレンチAの¹⁴C年代測定結果一覧表.
Table 1. 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 σ)
SEK1-1	152287	A/N	A5	humic soil	β	7020±90	-23.8	7040±90	BC 6000-5810
SEK1-2	152288	A/S	A2'	humic soil	β	1020±70	-23.7	1040±70	AD 960-1030
SEK1-3	152289	A/S	A2	humic soil	β ext.	2400±70	-23.9	2420±70	BC 760-640, 560-400
SEK1-4	152290	A/S	A2'	humic soil	β	960±70	-23.7	980±70	AD 1000-1160
SEK1-5	152291	A/S	A2	humic soil	β	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	β	6430±70	-24.3	6440±70	BC 5480-5330
SEK1-8	152294	A/E	A2'	humic soil	β	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	β	1780±70	-22.8	1810±70	AD 120-260, 290-320
SEK1-12	152298	A/S	A2	humic soil	β	4240±60	-23.2	4270±60	BC 2910-2880
SEK1-13	152299	A/S	A4	humic soil	β ext.	8310±110	-23.9	8330±110	BC 7530-7280, 7230-7190
SEK1-14	152300	A/S	A4	humic soil	β	6370±80	-23.5	6390±80	BC 5470-5300
SEK1-15	152301	A/S	A4	humic soil	β	6090±60	-23.4	6110±60	BC 5070-4940
SEK1-16	152302	A/S	A2'	humic soil	β ext.	2630±70	-22.6	2670±70	BC 880-800
SEK1-17*	158178	A/N	A4	humic soil	β	4760±70	-24.2	4770±70	BC 3640-3510, BC 3420-3390
SEK1-18*	158179	A/N	A2	humic soil	β	3040±80	-22.6	3080±80	BC 1420-1260
SEK1-19*	158180	A/N	A2	humic soil	β	2350±60	-22.1	2400±60	BC 740-710, BC 530-400
SEK1-20*	158181	A/N	A2	humic soil	β	2510±70	-22.9	2550±70	BC 800-760, BC 680-550

第2表. トレンチBの¹⁴C年代測定結果一覧表.
Table 2. 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 σ)
SEK2-1	152368	B/N	B5	humic soil	β	8760±60	-23.5	8790±60	BC 7970-7750
SEK2-2	152369	B/N	B5	humic soil	β	6310±80	-23.5	6340±80	BC 5370-5270
SEK2-3	152370	B/N	B5	humic soil	β	5140±70	-23.3	5170±80	BC 4040-3940
SEK2-4	152371	B/N	B4	humic soil	β	4430±80	-22.9	4460±80	BC 3340-3000, 2980-2940
SEK2-5	152372	B/N	B2	humic soil	β	2550±60	-20.6	2620±70	BC 820-780
SEK2-6	152373	B/N	B5	humic soil	β	5180±70	-22.8	5210±70	BC 4050-3960
SEK2-7	152374	B/N	B3	humic soil	β	3580±70	-22.1	3630±70	BC 2120-2090, 2050-1900
SEK2-8	152375	B/N	B6	humic soil	β	6360±80	-22.9	6390±80	BC 5470-5300
SEK2-9	152376	B/N	B5	humic soil	β	5450±60	-22.9	5480±60	BC 4360-4320, 4290-4260
SEK2-10	152377	B/N	B3	humic soil	β	3490±70	-21.2	3560±70	BC 1970-1770
SEK2-11	152378	B/N	B2	humic soil	β	2140±60	-20.2	2210±60	BC 380-190
SEK2-12	152379	B/N	B2	humic soil	β	2280±60	-20.1	2360±60	BC 420-390
SEK2-13	152380	B/N	B2	humic soil	β	2410±60	-20.0	2490±60	BC 780-500, 460-430
SEK2-14	152381	B/N	B2	humic soil	β	2650±60	-20.2	2720±60	BC 920-820
SEK2-15	152382	B/N	B2	humic soil	β	2010±60	-21.4	2070±60	BC 170-10
SEK2-16	152383	B/N	B2	humic soil	β	2500±80	-21.4	2560±80	BC 810-760, 680-550
SEK2-17	152384	B/N	B2	humic soil	β	1300±60	-21.4	1360±60	AD 640-690
SEK2-18	152385	B/N	B2	humic soil	β	470±60	-21.7	520±60	AD 1400-1440
SEK2-19*	158182	B/N	B5	humic soil	β	7430±60	-23.7	7450±60	BC 6400-6230
SEK2-20*	158183	B/N	B5	humic soil	β	7110±80	-23.9	7130±80	BC 6050-5910
SEK2-21*	158184	B/N	B5	humic soil	β	6610±90	-23.8	6630±90	BC 5640-5490
SEK2-22*	158185	B/N	B4	humic soil	β	5030±80	-23.3	5050±80	BC 3960-3720
SEK2-23*	158186	B/N	B2	humic soil	β	530±70	-22.2	580±70	AD 1300-1420
SEK2-24*	158187	B/N	B2	humic soil	β	520±60	-22.2	570±60	AD 1310-1370, AD 1380-1420

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

Sample No.	Lab No. (Beta-)	Location trench/wall	Horizon	Material	Method	Measured ¹⁴ C age (y BP)	δ ¹³ C (‰)	Conventional ¹⁴ C age (y BP)	Calibrated age (Cal AD/BC; 1 σ)
SEK3-1	152386	C/S	C2	humic soil	β	1090±60	-20.8	1160±60	AD 790-970
SEK3-2	152387	C/S	C2	humic soil	β	990±60	-21.1	1050±60	AD 960-1020
SEK3-3	152388	C/S	C6	humic soil	β	8570±60	-22.2	8620±60	BC 7630-7580
SEK3-4	152389	C/S	C5	humic soil	β	5390±70	-21.9	5440±70	BC 4350-4240
SEK3-5	152390	C/S	C3	humic soil	β	1170±60	-19.5	1260±60	AD 680-810, 840-860
SEK3-6	152391	C/S	C3	humic soil	β	1370±70	-20.0	1450±70	AD 550-660
SEK3-7	152392	C/S	C3	humic soil	β	1380±60	-19.4	1470±60	AD 540-650
SEK3-8	152393	C/S	C3	humic soil	β	1140±60	-19.6	1230±60	AD 700-880
SEK3-9	152394	C/S	C2	humic soil	β	1210±60	-26.3	1190±60	AD 770-900
SEK3-10	152395	C/S	C2	humic soil	β	960±60	-21.6	1010±60	AD 990-1040
SEK3-11	152396	C/S	C6	humic soil	β	8490±80	-23.3	8520±80	BC 7600-7530
SEK3-12	152397	C/S	C6	humic soil	β	10960±70	-22.4	11000±70	BC 11200-10940
SEK3-13	152398	C/S	C5	humic soil	β	8970±60	-23.2	8990±60	BC 8260-8200
SEK3-14	152399	C/S	C3	humic soil	β	1090±60	-20.3	1160±60	AD 790-970
SEK3-15	152400	C/S	C3	humic soil	β	1540±70	-19.3	1630±70	AD 370-530
SEK3-16	152401	C/S	C3	humic soil	β	1140±60	-19.2	1230±60	AD 700-880
SEK3-17	152402	C/S	C3	humic soil	β	1250±60	-19.6	1340±60	AD 650-710
SEK3-18	152403	C/N	C5	humic soil	β	5510±80	-22.4	5550±80	BC 4460-4340
SEK3-19	152404	C/N	C5	humic soil	β	6210±60	-22.5	6250±60	BC 5300-5210, 5170-5080
SEK3-20	152405	C/S	C5	humic soil	β	7830±60	-22.5	7870±60	BC 6790-6640
SEK3-21	152406	C/S	C5	humic soil	β	8280±70	-22.1	8320±70	BC 7500-7310
SEK3-22*	158188	C/S	C5	humic soil	β	4340±70	-22.4	4380±70	BC 3090-2900
SEK3-23*	158189	C/S	C5	humic soil	β	4930±70	-21.7	4980±70	BC 3910-3880, BC 3800-3670
SEK3-24*	158190	C/S	C5	humic soil	β	4830±70	-21.9	4880±70	BC 3710-3640
SEK3-25*	158191	C/S	C3	humic soil	β	1390±60	-20.3	1460±60	AD 550-650
SEK3-26*	158192	C/S	C3	humic soil	β	960±80	-20.5	1030±80	AD 960-1040
SEK3-27*	158193	C/S	C3	humic soil	β	970±70	-19.8	1050±70	AD 910-920, AD 960-1030
SEK3-28*	158194	C/S	C2	humic soil	β	890±60	-20.8	960±60	AD 1010-1160

第4表. トレンチ壁面から採取されたテフラの分析結果.
Table 4. Characteristics of tephras obtained from trench walls.

Sample	Mineral composition	Refractive index mode		
		Glass	Opx	Hbl
Haruna-Futatsudake-Ikaho tephra (Hr-FP)				
Hr-FP	Hbl > Opx, [Cpx]	1.506-1.508 (83%)	1.707-1.710 (90%)	1.674-1.680 (87%)*
A	Hbl > Opx, [Cpx]	1.506-1.508 (75%)	1.707-1.710 (90%)	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 (70%)	1.707-1.709 (70%)	1.672-1.675 (85%)*
A	Hbl > Opx; Qtz	1.500-1.501 (80%)	1.707-1.709 (60%)	1.673-1.675 (80%)
C	Hbl > Opx, [Cpx], Qtz	1.500-1.501 (70%)	1.705-1.708 (70%)	1.673-1.675 (50%)
Nikko-Nantai-Kutsukake tephra (Nk-Ku)				
Nk-Ku	Opx > Cpx, [Ol]	1.504-1.506 (95%)	1.704-1.707 (40%)	

A=Yamamoto (1997); B=Machida and Arai (1992); C=Yamamoto (1995); Hbl=hornblende;
Opx=orthopyroxene; Cpx=clinopyroxene; Qtz=quartz; Ol=olivine; []=minor component.