糸魚川-静岡構造線活断層系中北部で 新たに得られた活動時期

産業技術総合研究所活断層・地震研究センター* 谷 口 薫
東洋大学社会学部** 渡 辺 満 久
名古屋大学大学院環境学研究科*** 鈴 木 康 弘
国立高等専門学校機構鶴岡工業高等専門学校**** 澤 祥

Newly-found Surface Faulting Event on the North-central Portion of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line Active Fault System

Kaoru TANIGUCHI

Active Fault and Earthquake Research Center, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced
Industrial Science and Technology, 1-1-1 Higashi, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8567, Japan

Mitsuhisa WATANABE

Toyo University, 28-20 Hakusan 5-chome, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8606, Japan

Yasuhiro SUZUKI

Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi 464-8601, Japan

Hiroshi SAWA

Tsuruoka National College of Technology, 104 Ino-oka sawada, Tsuruoka-shi, Yamagata 997-8511, Japan

(Received February 9, 2010; Accepted April 9, 2011)

The 150 km long Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line Active Fault System (ISTL) in central Japan is one of the most active fault systems in Japan. Paleoseismological studies 1980s have revealed that the most recent event and the average recurrence interval of the ISTL. The approximately 7 km long portion of the fault system between Matsumoto and Okaya has been regarded as a gap without any active fault trace. The gap namely the "Shiojiri Pass Gap" has long been taken as a segment boundary owing to the geometric discontinuity. Recent geomorphological analyses of the gap have demonstrated a through-going left-lateral slip associated with recent earthquakes in this area, based on aerial photograph interpretation and excavation studies. Excavation study on this portion revealed that the latest faulting event occurred between 1,700 cal. B.P. to 1,310 cal. B.P. (255 A.D. -645 A.D.). The timing of the last faulting event at this study area coincides with the timing in the Gofukuji fault and Okaya fault. The active faults extending from the Matsumoto basin as far as the northwestern margin of the Suwa basin display the evidence for its recent reactivation at the same time.

Key words: Active fault, Excavation study, Left-lateral offset, "Shiojiri Pass Gap", Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line Active Fault System

* 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1

** 〒112-8606 東京都文京区白山 5-28-20

*** 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

**** 〒997-8511 山形県鶴岡市井岡沢田 104

§1. はじめに

糸魚川-静岡構造線活断層系（以下、糸静線活断層系と称す）は、長さ150kmの長大な活断層系 (Fig. 1) の1つとして知られている [下川・他 (1995), 中田・今泉 (2002) など]. 巨視的には連続する断層系であるが、詳細に検討すると、断層トレースの不連続や形状の変化、変動地形の形態的特徴の変化などがみられる. また、数多くの地点で古地震学的な調査が実施されており [白馬・大町・池田: 奥村・他 (1998), 松本: 奥村・他 (1994), 岡谷: 東郷・他 (1988, 1989, 2008), 茅野・富士見: 糸静線活断層系発掘調査研究グループ (1988), 小淵

沢: 奥村 (1996)], それらの結果に基づき、糸静線活断層系は、約1,200年前頃に白馬から小淵沢に至る約100kmの区間が活動したとされている [地震調査研究推進本部地震調査委員会 (1996)]. また、糸静線活断層系の中部にあたる、牛伏寺断層を含む区間については、今後数百年以内の地震発生確率が日本の内陸活断層の中で最も高い活断層の一つとされている [地震調査研究推進本部地震調査委員会 (1996)]. その後、Okumura (2001) は、糸静線活断層系北部・中部および牛伏寺断層について、土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会 (2004) は、松本以南の糸静線活断層系について、活断層の分布や位

Fig. 1. Index map of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line (ISTL) Active Fault System. The solid lines denote active faults. Rectangle shows location of detailed geomorphic map of Fig. 2. Distribution of active faults is based on Nakata and Imaizumi (2002). The background shaded relief image is rendered with 50m DEM issued by Geographical Survey Institute. Hakuba, Omachi, Ikeda, site: Okumura *et al.* (1998), Matsumoto 1 (Namiyanagi site): Okumura *et al.* (1994), Matsumoto 2 (Nakayama Sengokusawagawa, Ushibusegawga site): JSCE (2004), Okumura *et al.* (2000), Okaya site: JSCE (2004), Togo *et al.* (1988, 1989, 2008), Chino, Fujimi site: Research Group for Ito-Shizu Tectonic Line Active Faults (1988), Kobuchisawa site: Okumura (1996).

置・形状、活動履歴などに基づき、地震規模と破壊領域を推定している。従来、糸静線活断層系中北部、松本盆地と諏訪盆地の境界付近にあたる牛伏寺断層の南端付近から諏訪盆地北西端の岡谷にかけての約7kmの区間は、明瞭な活断層が認められてこなかった[今泉・他(1999)、松多・他(1999)など]。このため、地形的な高まりである塩尻峠付近は「塩尻峠ギャップ」と呼ばれるような幾何セグメントの境界であるとする考え方が多い[土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会(2004)など]。

近年、大縮尺空中写真を用いた詳細な空中写真判読やLiDAR計測などの結果から、「塩尻峠ギャップ」とされている上記の区間において、明瞭な左ずれ変位を伴う複数の活断層が認定され、一部の区間、とくに活断層F-18から活断層F-22にかけての範囲は変位基準となる地形面が分布しないため、変位地形や活断層の分布・連続性、そしてその存在が不明瞭である区間があるものの、糸静線活断層系は松本盆地から諏訪盆地まではほぼ連続して延びていることが明らかにされている[澤・他(2007)、Fig. 2]。とくに、今回詳細な調査対象とした牛伏寺断層と岡谷断層との間に位置する塩尻峠周辺の断層については、系統的な谷の屈曲を根拠として認定された活断層であり、従来の研究ではまったく指摘されていないものであった(Fig. 2)。

本研究の目的は、(1)従来は「塩尻峠ギャップ」とされてきた塩尻峠付近の活断層分布の空白域において、澤・他(2007)によって変動地形学的に認定された活断層を地質学的に確認すること、(2)その活動時期を解明し、牛伏寺断層や岡谷断層で報告されている活動時期との関係を検討すること、である。

以上の目的を達成するために、塩尻峠北東の岡谷市塩^{えん}嶺^{りゅう}御^ご野^の立^{たち}公園付近で掘削調査を実施した。

§2. トレンチ掘削調査

2.1 掘削地点周辺の断層変位地形

研究対象とした活断層は、澤・他(2007)によって「活断層F-22」とされたもので、延長3.5km・北北西-南南東走向の非常に明瞭な左横ずれ変位を伴うものである(Fig. 2のStudy Area)。この断層線は、岡谷市今井付近の盆地底では扇状地面(L1a面)に約1-2mの北東側隆起の縦ずれを示す。その北西延長の山地内では北側の山地から北西-南東へ流下する複数の河谷を系統的に左屈曲させ、その最大左横ずれ変位量は250mにも達する[澤・他(2007)]。河谷の系統的屈曲は、すべて左横ずれを示し、活断層線の一般走向が似ていて、北北西延長に牛伏寺断層が位置するので、それと同様に左横ずれを主

体としていえる。活断層F-22の南西側に位置する活断層F-26、F-27、F-28は、岡谷断層[岡谷断層発掘調査研究グループ(1984)]にほぼ対応する活断層であり、L面群に変位を与えている。また、中島A・B遺跡地点(Fig. 2のNJ)や神明地点(Fig. 2のSN)で実施されたトレンチ調査では、最近約10,000年間に複数の断層活動があったことが報告されている[土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会(2004)、東郷・他(1988, 1989, 2008)]。

活断層F-22の北西延長にあたる活断層F-18は、片丘付近では複数の河谷を系統的に左屈曲させ、M1面に西側隆起の上下変位を与えている。片丘から旧塩尻にかけての区間は、地形面の発達が悪く、変位基準が乏しいため、活断層線を認定しにくい。活断層F-18の南端部から活断層F-19および活断層F-22の北端部付近にかけては、長さが短い数条の活断層が認定されるが、左横ずれ変位は不明である。

旧塩尻付近では、活断層F-19を横断する1条の谷に左ずれを想定させる屈曲が認められるが、その信頼度は低い。池田・他(1997)は、澤・他(2007)の活断層F-19とはほぼ同じ位置の山麓線に、片丘付近から塩尻峠付近まで連続する推定活断層を示している。この推定活断層は高位段丘群を変位させるが、中位段丘以下の形成年代が若い地形面は変位させておらず、旧塩尻付近では、断層は山麓線に位置するが、高位段丘面に断層による食い違いは示されていない[池田・他(1997)]。また、旧塩尻付近の東山地点(Fig. 2のHG)で実施されたトレンチ調査では、約36,000年前の堆積物には断層活動の痕跡は認められていない[土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会(2004)]。

高ボッチ山から旧塩尻付近にかけては、地下構造調査も行われている。土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会(2004)は、高ボッチ山から旧塩尻付近の範囲において、反射法地震探査を実施し、その結果、牛伏寺断層と岡谷断層の延長上にあたる地域に、活動的かつ累積性を示すような、活断層の存在を示唆する変位は、実施した地下構造調査の精度内では捉えられなかったとしている。一方、池田・他(2007)は旧塩尻付近から西側の測線で実施した浅部高分解能反射法探査と重力探査の結果から、盆地堆積物を大きく変位させる東傾斜の断層が存在し、それが最も活動的であるとの指摘をしている。

塩尻峠の北西付近では、断層線の延長は短い活断層F-20に沿って河谷に5条の系統的な左横ずれ変位が認められる。この活断層F-20の南東延長にあたる、塩尻峠の南東に連続する活断層F-21は、2条に分かれて分布し、幅約100mの凹地を形成するが、明瞭な横ずれ変

Fig. 2. Geomorphic map around the Shiojiri pass [modified after Sawa *et al.* (2007)]. Mapped area is shown in Fig. 1. Active fault I, certainly mapped active fault trace; Active fault II, certainly existing active faults, but their location of traces are uncertain because of erosion or artificial modification; Active fault III, certainly existing active faults, but their location of traces are uncertain because of being buried by younger deposits; Active fault IV, fault can be recognized based on tectonic landform, but have no evidence of late Quaternary faulting. Topographic map (scale=1/25000) “Shiojiri”, “Hachibuseyama” and “Suwa” issued by Geographical Survey Institute were used as base map. HG: Higashiyama site [JSCE (2004)], ST: Shiojiri-Toge site [JSCE (2004)], SM: Shiojiri-Toge-Minami site [JSCE (2004)] NJ: Nakajima A, B site [Togo *et al.* (1988, 1989, 2008)], SN: Shinmei site [JSCE (2004)].

位地形は認められない。塩尻峠南地点 (Fig. 2 の SM) で実施されたトレンチ調査では、最近 10,000 年前以降の活動は認められておらず、塩尻峠地点 (Fig. 2 の ST) では断層露頭の観察から、39 B.C. 以降の活動が示唆されるが、同時に地すべりである可能性も指摘されている [土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会 (2004)].

以上のように、活断層 F-22 では、複数の左横ずれ変位や形成年代が若い地形面 (L 面群) に変位が認められるなど、新时期の断層変位地形が明瞭である。それに対して、活断層 F-19, F-20, F-21 では、断層変位地形は認められるものの、変位している地形面が古く、その分布にも不明瞭さがある。従って、塩尻峠付近では、牛伏寺断層からほぼ連続する活断層 F-18 の南東側延長部の最新の活動を、活断層 F-22 が記録していると判断し、掘削をおこなった。

掘削地点の詳細な地形図を Fig. 3 に示す。ここでは、約 2m のリッジ状の高まりをもつ南西上がりの崖地形が北西-南東方向に連続する。掘削地点の北西延長では、尾根 (Fig. 3 の R-R') が左横ずれ変位を示し、さらにその延長部に位置する河谷 (Fig. 3 の S) には最大約 45m、小規模な谷底平野 (Fig. 3 の V) には最大約 35m の左横ずれ変位が認められる。

ところで、本地域には多数の地すべり地形が分布している [清水・他 (2003)]. 掘削地点の北東側にある崖 (Fig. 3 の L) は、滑落崖であり、リッジ状の高まりの東縁は、地すべりブロックのサイドクラックに相当する可能性が考えられる。しかし、仮にサイドクラックであるならば、右横ずれ変位が認定されるはずであるが、周囲の河谷と尾根には明瞭な左ずれ変位が確認できる。したがって、これが地すべりに伴う右横ずれの変位を示すとは考えにくい。

2.2 地層区分

トレンチ溝は活断層線と直交するように走向 N70° W・幅 6m・深さ 3m の規模で掘削し、その中央部付近に南西側隆起を示す複数の高角活断層が出現した (Fig. 4)。ピット壁面に露出した地層は層相に基づき、下位から塩嶺累層・軽石層・褐色ローム層・黒土層 (腐植層)・表土に区分される。最下部には、やや風化の進んだ凝灰質角礫が露出し、これは基盤をなす鮮新-更新統の塩嶺類層 [Momose *et al.* (1959)] と考えられる。軽石層は、黒雲母と角閃石に富むという重鉱物組成の特徴から、約 10 万年前に降下した御岳第 1 テフラ [On-Pm1, 町田・新井 (2003)] に対比される可能性が高い。褐色ローム層の中部 (グリッド N0.8-1.1/深度 1.8-2.0, N2.0-2.4/深度 2.0-2.4 付近) には、赤褐色の軽石層がパッチ

Fig. 3. Detailed fault distribution around the trench site. Mapped area is shown in Fig. 2. Thin lines denote contour lines at the interval of 1 m. Topographic map is made from 1 m LiDAR DEM.

Fig. 4. Logs of the trench walls. Grid interval is 1 m. Tiny horizontal black bars in the logs indicate sampling points for radiocarbon dating. Calibrated years B.P. is shown with each sample name. See Table 1 detailed dating results.

Table 1. Calibrated radiocarbon age.

Sample	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional ^{14}C age ($\pm 1\sigma$, yr B.P.)	Calendar age* ¹ (1σ , cal. B.P.)	Analysis method	Pretreat- ment* ²	Laboratory No.* ³
TT-N-1	Organic sediment	-17.8	1730 $\pm$ 30	1580-1700	AMS	A	IAAA-61672
TT-N-2	Organic sediment	-18.8	3990 $\pm$ 40	4420-4520	AMS	A	IAAA-61673
TT-N-3	Organic sediment	-19.6	6710 $\pm$ 40	7520-7610	AMS	A	IAAA-61674
TT-N-4	Organic sediment	-20.0	1440 $\pm$ 30	1310-1350	AMS	A	IAAA-61675
TT-S-2	Organic sediment	-19.2	3520 $\pm$ 40	3720-3850	AMS	A	IAAA-61676
TT-S-3	Organic sediment	-20.9	2320 $\pm$ 40	2210-2360	AMS	A	IAAA-61677
TT-S-4	Organic sediment	-20.5	7960 $\pm$ 40	8730-8980	AMS	A	IAAA-61678
TT-S-5	Organic sediment	-22.1	7270 $\pm$ 50	8020-8160	AMS	A	IAAA-61679

*¹ Calibrated ages and their probability calculated by CALIB REV. 6.0.0 (Stuiver and Reimer, 1993, Reimer *et al.*, 2009)

*² A for acid washes

*³ Analyzed by Institute of Accelerator Analysis Ltd.

状に産出する。その産状や色調から御岳三岳テフラ（御岳第4テフラ）[On-Mt, On-PmIV, 約57 ka, Machida (1999)]に対比される可能性がある。褐色ローム層は、次に述べる黒土層の年代から、数万年前-約1万年前に堆積したと考えられる。黒土層の上部からは1,580-1,700 cal. B.P. (TT-N-1), 2,210-2,360 cal. B.P. (TT-S-3), 下部からは7,520-7,610 cal. B.P. (TT-N-3), 8,730-8,980 cal. B.P. (TT-S-4)の年代値が得られている（Table 1, 以降も特にことわらない限り暦年補正（後述）をおこなった年代値はcal. B.P.で示す）。最上位の表土は非常に攪乱されたところがある。

2.3 断層構造

トレンチ両側壁面の中央部には高角な断層が認められる。南側壁面には、高角な断層の東側にそれから枝分かれしたと思われる比較的低角な断層も観察される。高角な断層断層はOn-Pm1を複雑に変形させ、黒土層までを切断し、表土に覆われる。見かけ上は南西側上がりであり、断層面に横ずれを示す条線などの構造は確認できなかった。

北側壁面では、2条の高角な断層とその西側に複数のクラックが認められる。断層を境に東側と西側では褐色ローム層と黒土層の分布や層厚が異なる。2条の断層のうち東側の断層は、褐色ローム層上位の黒土層内で数条に分岐（グリッドN28/深度1.9, N26/深度2.6付近）し、黒土層全体を切っている（グリッドN33/深度1.0付近）。その走向・傾斜は、N12°W・82°Sであり、活断層の地表トレースとも一致する。西側の断層は、褐色ローム層中程までは明瞭に地層を変位させているが、それより上方では不明瞭となる（グリッドN26/深度1.8付近）。走向・傾斜は、下部でN40°W・84°S、上部で

N48°W・59°Sであり、上端付近でやや低角化する。この断層の走向は、活断層の地表トレースとはやや斜交する。断層によって切断されている黒土層からは、1,580-1,700 cal. B.P. (TT-N-1), 4,420-4,520 cal. B.P. (TT-N-2), 7,520-7,610 cal. B.P. (TT-N-3), 断層を覆う表土からは1,310-1,350 cal. B.P. (TT-N-4)を示す ^{14}C 年代値が得られている。

南側壁面においても、断層によって、黒土層に分布の不連続や褐色ローム層が取り込まれるような変形や切断がみられる（グリッドS22-29/深度1.9-2.8付近）。断層は2条に分岐（グリッドS31/深度2.4付近）し、黒土層上部まで達する。走向・傾斜は、下部でN30°W・88°N、中部でN32°W・90°である。また、壁面中央部（グリッドS22-28/深度2.3-2.8付近）にも、やや低角な断層があり、褐色ローム層と黒土層下部が変位している。これは黒土層の上端まで変位させる断層から副次的に派生したものと判断される。この断層に沿って黒土層が褐色ローム層中に取り込まれ、引きずられるような変位を受けており（グリッドS12-29/深度2.6-3.4付近）、トレンチ下部付近からは、8,020-8,160 cal. B.P. (TT-S-5), 黒土層下部付近からは、8,730-8,980 cal. B.P. (TT-S-4), 上部付近からは2,210-2,360 cal. B.P. (TT-S-3), 3,720-3,850 cal. B.P. (TT-S-2)の年代が得られている。なお、断層を覆って分布する表土下位にみられるくぼみのような構造は、倒木の影響によって生じた可能性が高い（グリッドS11-26/深度1.3-1.5付近）。

トレンチ両側壁面には、複数のクラック群が認められる。クラックの上部では褐色ローム層上部が開口し、黒土層が落ち込むような構造がみられる（グリッドN12-14, S34-36付近）。これらは、断層の西側（隆起側）に

Fig. 5. Plan view of the trench with log of the trench floor. Location is shown in Fig. 4.

のみ認められることから、西側の地層が東側に対して相対的に隆起することによって生じたオープクラック（開口亀裂）であると考えられる。クラック群の走向は、北側壁面で $N65-85^{\circ}W$ であり、トレンチ壁面の断層 ($N30-52^{\circ}W$) や地表トレースとも斜交し、地表では右ステップを示す。このような現象は、高角な断層での左横ずれに伴って生じたものであると解釈できる。

さらに、トレンチ底面では、断層を挟んで On-Pm1 と褐色ローム層が接し、On-Pm1 が断層面に沿って引き伸ばされていて、褐色ローム層と指交状に接している (Fig. 5, 底面グリッド 0.09-0.1m/0.3-0.4m 付近)。また、底面グリッド 0.05-0.15m/0.5-0.7m 付近では、断層は On-Pm1 中を通過し、断層の東側に局所的に分布する On-Pm1 中にも褐色ローム層が取り込まれている。断層を覆って On-Pm1 が分布し、その堆積後に縦ずれ成分が卓越する断層変位が生じているのであるならば、On-Pm1 は断層の両側に分布するはずである。しかし、On-Pm1 は断層の西側に比べ東側では、ごく局所的に分布するに過ぎない。このような分布は、もともとトレンチ南壁面側に分布していた On-Pm1 が断層の左横ずれ変位によって現在の場所まで移動し、その過程で褐色ローム層を取り込んだと仮定すれば説明が可能である。

前述のように、トレンチ調査地点の北西延長では、断層を横切る河谷に最大約 35m の左横ずれが認められる (Fig. 3 の V)。澤・他 (2007) は、変位地形の新鮮さ（谷の横断面形が V 字型で新鮮、屈曲が明瞭など）から屈曲する谷の形成時期を最終氷期最盛期以前（約 1-2 万年

前）には遡らないと仮定している。トレンチ壁面で認められる黒土層の年代が約 1 万年前以降であることから判断すると、本地点においても、河谷の屈曲量と同程度の横ずれ変位量が記録されていることが期待される。トレンチ底面で見られる On-Pm1 が、トレンチ北壁面の On-Pm1（グリッド N2.6-3.1/深度 3.2-3.5 付近）に対比されたとすれば、左横ずれ変位量は少なくとも数 m 以上と見積もることも可能であるが、その正確な数値は不明である。

以上のように、1) 活断層の地表トレースと一致した、地表付近まで地層を切断する高角度の活断層がトレンチ中で確認され、2) 活断層の一般走向とは斜交して右ステップを示すオープクラック群がトレンチ内の高角な断層の西側に存在し、3) ローム層上部に 2) と関連した開口現象が認められること、4) トレンチ底面でみられる断層面に沿った引きずり構造が観察されることから、トレンチ内で認められる断層構造は、地形から認定された活断層線の左横ずれを主体とする活動を示していると判断した。

§3. 考 察

3.1 古地震活動時期

以下の議論に用いる年代値は、他の研究結果および本研究で得られた年代値を CALIB REV. 6.0.0 [Stuiver and Reimer (1993)], INTCAL09 [Reimer *et al.* (2009)] を用いて暦年較正し、 1σ の幅の範囲で示した値である (A.D., B.C. は暦年代を示す)。なお、奥村・他 (1994, 2000)、奥

村・佃 (1995), Okumura (2001) については, 年代測定結果が示されていないため, 原著に示された値をそのまま採用している.

断層によって切られている黒土層上部の年代値 (グリッド N2.8-2.9/深度 1.2 付近) は, 255-375 A.D. (TT-N-1, 1,580-1,700 cal. B.P.) であることから, その活動時期は 255 A.D. 以降であったことは確実である. 断層変位を覆っている表土から得られた ^{14}C 年代値 (グリッド N3.8-3.9/深度 1.2 付近) は, 601-645 A.D. (TT-N-4, 1,310-1,350 cal. B.P.) であることから, 本地点における最新活動時期は, 255 A.D. 以後, 645 A.D. 以前であったと考えられる.

また, 5,663-5,569 B.C. (TT-N-3, 7,520-7,610 cal. B.P.), 7,029-6,778 B.C. (TT-S-4, 8,730-8,980 cal. B.P.) の年代を示す黒土層下部には複数の断層が認められる. それらの断層は黒土層上部まで達することなく黒土層下部付近でせん減 (グリッド N2.6/深度 1.9, N2.9/深度 1.8, N2.9/深度 2.1, S2.2/深度 2.3 付近) し, 褐色ローム層が黒土層に取り込まれたり, 褐色ローム層中に黒土層が引きずられるように複雑な変形をしていること (グリッド N2.5-3.1/深度 1.8-2.6, S1.2-2.9/深度 2.6-3.4, S2.2-2.9/深度 1.9-2.8 付近) から, 黒土層堆積中である約 7,000 年前から 2,000 年前の期間に複数回の断層活動があったことが示唆される. ただし, 黒土層中の構造が不明瞭で, それらの活動層準を分離することは困難であることから, その活動時期や回数を特定することはできない. なお, 千石沢川地点, 中島 A 遺跡地点, 神明地点では, この期間に地震イベントが報告されており, 本地点で認められる活動が, これらのいずれかに対応する可能性が

ある (Fig. 6).

本調査から得られた最新活動時期は, 255 A.D. 以後, 645 A.D. 以前であり, 牛伏寺断層の並柳地点 (Fig. 1 の Matsumoto 1) [150-334 A.D., 奥村・他 (1994)], 千石沢川地点 (Fig. 1 の Matsumoto 2) [77-527 A.D., 土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会 (2004)], 中山地点 (Fig. 1 の Matsumoto 2) [156 B.C., 奥村・他 (2000), Okumura (2001)], 牛伏川地点 (Fig. 1 の Matsumoto 2) [59-1,013 A.D., 土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会 (2004)], 塩尻峠地点 (Fig. 2 の ST) [39 B.C. 以降, 土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会 (2004)], 岡谷断層の中島 B 遺跡地点 (Fig. 2 の NJ) [218-582 A.D., 東郷・他 (2008)], 神明地点 (Fig. 2 の SN) [87 B.C.-531 A.D., 土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会 (2004)] で得られた活動時期と調和的である (Fig. 6).

したがって, 本断層の最新活動時には, 少なくとも松本盆地から諏訪盆地北西端に至る, 牛伏寺断層から塩尻峠付近を経て岡谷断層までの範囲が活動したと考えられる. しかしながら, 牛伏寺断層の最新活動時期 [815-1,162 A.D., 奥村・他 (1994, 2000), 576-884 A.D., 土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会 (2004)] とは必ずしも一致しない (Fig. 6).

本調査結果で最新活動時期の上限を決定している年代試料 (TT-N-4) は, 表土から得た試料 1 点のみであり, 土壌母材に含まれる有機物の再堆積したものである可能性も否定できない. その場合, 本地点で認められる地震イベントは, 約 1,700 年前 (255 A.D.) 以降に少なくとも 1 回ということになり, 牛伏寺断層の最新活動時に同時に活動した可能性もある. ただし, 今回のトレンチ調査

Fig. 6. Time-space diagram of the paleoseismic events on the north-central portion of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line Active Fault System (Gofukuji fault - Okaya fault). The other paleoseismic data are as follows: Togo *et al.* (1988, 1989, 2008), Okumura *et al.* (1994, 2000), Okumura and Tsukuda (1995), Okumura (2001), JSCE (2004), and this study. Rectangles indicate the timing of faulting events. Dash lines indicate uncertainties in the timing of faulting event.

結果からは、約1,700年前以降に複数回の活動があったことを判断するだけの分解能はない。

牛伏寺断層以北の糸静線活断層系では、1,700年前以降の活動は知られていない〔奥村・他(1998)〕。岡谷断層では牛伏寺断層の中山地点の最新活動と重なるような地震イベントは知られてない(Fig. 6)。釜無山断層群の活動時期は約1,200年前とされている〔Fig. 1のChino, 糸静線活断層系発掘調査研究グループ(1998)〕が、岡谷断層と釜無山断層群の中間に位置する諏訪盆地南東の茅野断層の最新活動は、約2,000年前〔遠田・他(2008)〕または約2,300年前〔近藤・他(2008)〕とされている。

このことは、牛伏寺断層から岡谷断層までの範囲が破壊するケースと、塩尻峠周辺から岡谷断層までの範囲が破壊するケースがあることを示唆している可能性がある。

3.2 塩尻峠周辺の活断層の意義—「塩尻峠ギャップ」の否定—

本研究では、従来「塩尻峠ギャップ」とされてきた塩尻峠付近において、澤・他(2007)が変動地形学的手法によって新たに認定した活断層について、活動様式および活動履歴を確認するためにトレンチ掘削調査を実施した。その結果、右ステップを示すオープンクラック群の存在やローム層上部の開口現象、断層面近傍における引きずりなど、左横ずれの変形構造を示す、完新統を変位させる複数の高角な活断層を地質学的に確認した。

活断層分布が明瞭ではない範囲(例えば、活断層F-19の南北延長付近, Fig. 2)は依然として残るものの、本研究の結果、その不連続部は2km程度となり、「活断層が分布しない」ことを理由に、本地域を幾何セグメントの境界とする考え方は否定される。また、活動時期についても、牛伏寺断層と岡谷断層と同時期に活動した可能性があるため、本地域を挙動セグメントの境界とする考え方にも再考する余地が生じる。

従来の知見では、地形的に認定される糸静線活断層系中部の明瞭な左横ずれ変位は、牛伏寺断層と茅野断層でしか確認されていなかった〔今泉・他(1999)、松多・他(1999)など〕。しかし、澤・他(2007)および本研究は、牛伏寺断層と茅野断層の中間にあたる塩尻峠周辺において、左横ずれ変位を示す活断層を地形学的・地質学的に確認した。糸静線活断層系の連続性や幾何および挙動セグメントの区分を考える上でも、この発見の意義は大きい。

§4. ま と め

空中写真判読、現地調査およびトレンチ調査に基づいた地形学的・地質学的調査の結果から、以下の知見が得られた。

1) 牛伏寺断層の南部延長にあたる塩尻峠付近に新たに認定された活断層の活動様式および活動履歴を確認するために、掘削調査を実施した結果、複数の高角な活断層が認められた。また、トレンチ壁面で確認された変形構造からも、変動地形と同様に、左横ずれ変位が確認された。

2) 最新活動時期は1,700 cal. B.P. (255 A.D.) 以後、1,310 cal. B.P. (645 A.D.) 以前であったと考えられる。また、約7,000から2,000年前の期間に複数回の断層活動があったことが示唆される。

3) 本地点の活動時期には、少なくとも松本盆地から諏訪盆地北西端までの範囲が活動した可能性が高い。

4) 前記1)~3) から考えて、活断層の分布が不明瞭である区間は依然として残るものの、少なくとも「活断層が分布しない」ということを根拠に塩尻峠付近をギャップ(幾何セグメントの境界)とする考え方は再考する必要がある。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、糸魚川—静岡構造線活断層帯重点観測変動地形グループの方々(松多信尚・田力正好・廣内大助・杉戸信彦・隈元 崇・石黒聡士・佐藤善輝・中村優太・安藤俊人・内田主税・佐野滋樹・野澤竜二郎・坂上寛之各氏)および活断層・地震研究センターの近藤久雄氏には有用な意見を頂いた。査読者である今泉俊文氏、匿名査読者および編集担当委員の遠田晋次氏によるご意見・ご指摘により、本稿は大幅に改善されました。

トレンチ調査にあたっては、岡谷市ほか関係諸氏に便宜を図って頂いた。トレンチ掘削時には、玉野総合コンサルタント(株)には多大な協力を得た。以上の方々に大変感謝申し上げます。

本調査は文部科学省の「糸魚川—静岡構造線断層帯における重点的な調査観測」の一環として実施された。

文 献

- 土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会, 2004, 原子力発電所の活断層評価技術—長大活断層系のセグメンテーション—糸魚川—静岡構造線活断層系を例として, CD-ROM (1枚), 379 pp.
- 池田安隆・松多信尚・東郷正美・今泉俊文・佐藤比呂志, 1997, 糸魚川静岡構造線活断層系・松本盆地南部地域の詳細断層地形判読, 活断層研究, **16**, 28-34.
- 池田安隆・岩崎貴哉・狩野謙一・伊藤谷生・佐藤比呂志・阿部信太郎, 2007, 3.1 断層帯の地下構造解明のための反射法地震探査および重力探査, 「糸魚川—静岡構造線活断層帯における重点的な調査観測 平成18年度報告書」, 文部科学省研究開発局・国土交通省国土

- 地理院・国立大学法人東京大学地震研究所, 6-25.
- 今泉俊文・東郷正美・澤 祥・池田安隆・松多信尚, 1999, 都市圏活断層図「諏訪」, 国土地理院技術資料, D.1-No.368.
- 糸静線活断層系発掘調査研究グループ, 1988, 糸静線活断層系中部, 若宮, 大沢断層の性格と第四紀後期における活動—富士見, 茅野における発掘調査, 東京大学地震研究所彙報, **63**, 349-408.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 1996, 「糸魚川-静岡構造線活断層系の調査結果と評価について」, 平成8年9月11日, 10 pp.
- 近藤久雄・杉戸信彦・木下博之・池田哲哉, 2008, 高時間分解能堆積物に基づく古地震履歴復元と不規則な大地震発生—糸静線活断層系・茅野断層のジオスライサー調査—, 日本活断層学会2008年度秋季学術大会予稿集, 69-70.
- Machida, H., 1999, Quaternary widespread tephra catalog in and around Japan: Recent Progress, The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyu), **38**, 194-201.
- 町田 洋・新井房夫, 2003, 新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺], 東京大学出版会, 336 pp.
- 松多信尚・池田安隆・東郷正美・今泉俊文・澤 祥, 1999, 都市圏活断層図「松本」, 国土地理院技術資料, D.1-No.368.
- Momose, K., K. Kobayashi, and T. Yamada, 1959, Paleomagnetic and geologic researches for the volcanic rocks around Lake Suwa, Bull. Earthq. Res. Inst., **37**, 433-481.
- 中田 高・今泉俊文 (編著), 2002, 活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会, DVD-ROM (2枚), 60 pp, 付図1葉.
- 岡谷断層発掘調査研究グループ, 1984, 糸静線活断層系のトレンチ調査 (岡谷地区, 1983), 地震予知連絡会会報, **32**, 364-372.
- 奥村晃史, 1996, 糸魚川-静岡構造線活断層系下葛木断層の断層露頭—山梨・長野県境—, 第四紀露頭集編集委員会編, 第四紀露頭集—日本のテフラ, 236-236.
- Okumura, K., 2001, Paleoseismology of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line in Central Japan, J. Seismol., **5**, 411-431.
- 奥村晃史・佃 栄吉, 1995, 1988年糸魚川-静岡構造線活断層系牛伏寺断層 (松本市並柳地区) トレンチ調査, 活断層研究, **13**, 54-59.
- 奥村晃史・下川浩一・山崎晴雄・佃 栄吉, 1994, 糸魚川-静岡構造線活断層系の最近の断層活動—牛伏寺断層・松本市並柳地区トレンチ発掘調査—, 地震2, **46**, 425-438.
- 奥村晃史・井村隆介・今泉俊文・東郷正美・澤 祥・水野清秀・荻谷愛彦・齊藤英二, 1998, 糸魚川-静岡構造線活断層系北部の最近の断層活動—神城断層・松本盆地東縁断層トレンチ発掘調査—, 地震2, **50** 別冊, 35-51.
- 奥村晃史・斎藤耕志・福澤仁之・水野清秀・荻谷愛彦・藤原 治, 2000, 糸魚川-静岡構造線活断層系活動史の最近の再検討—牛伏寺断層中山トレンチと諏訪湖底ボーリングの詳細解析—, 月刊地球, 号外**28**, 92-100.
- Reimer, P.J., M.G.L. Baillie, E. Bard, A. Bayliss, J.W. Beck, P.G. Blackwell, C. Bronk Ramsey, C.E. Buck, G.S. Burr, R.L. Edwards, M. Friedrich, P.M. Grootes, T.P. Guilderson, I. Hajdas, T.J. Heaton, A.G. Hogg, K.A. Hughen, K.F. Kaiser, B. Kromer, F.G. McCormac, S.W. Manning, R.W. Reimer, D.A. Richards, J.R. Southon, S. Talamo, C.S.M. Turney, J. van der Plicht, and C.E. Weyhenmeyer, 2009, IntCal09 and Marine09 Radiocarbon, Age Calibration Curves, 0-50,000 Years cal BP, Radiocarbon, **51**, 1111-1150.
- 澤 祥・谷口 薫・廣内大助・松多信尚・内田主税・佐藤善輝・石黒聡士・田力正好・杉戸信彦・安藤俊人・隈元 崇・佐野滋樹・野澤竜二郎・坂上寛之・渡辺満久・鈴木康弘, 2007, 糸魚川-静岡構造線活断層帯中部, 松本盆地南部・塩尻峠および諏訪盆地南岸断層群の変動地形の再検討, 活断層研究, **27**, 169-190.
- 清水文健・八木浩司・桧垣大助・井口 隆・大八木規夫, 2003, 地すべり地形分布図 第16集「長野」, 防災科学技術研究所研究資料, 第238号.
- 下川浩一・水野清秀・井村隆介・奥村晃史・杉山雄一・山崎晴雄, 1995, 糸魚川-静岡構造線活断層系ストリップマップ, 構造図, **11**, 地質調査所.
- Stuiver, M. and P. J. Reimer, 1993, Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program, Radiocarbon, **35**, 215-230.
- 遠田晋次・奥村晃史・三浦大助・原口 強・都司嘉宣, 2008, 3.5 より詳しい地震活動履歴解明のための地質学および史料地震学的研究, 「糸魚川-静岡構造線活断層帯における重点的な調査観測 平成19年度報告書」, 文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・国立大学法人東京大学地震研究所, 84-95.
- 東郷正美・今泉俊文・宮内崇裕・貝塚爽平・岡田篤正・平川一臣・平野信一・太田陽子・澤 祥・村井 勇・有山智雄・松田時彦, 1988, 1983年糸静線活断層系 (岡谷地区中島A遺跡地) トレンチ調査, 活断層研究, **5**, 3-10.
- 東郷正美・今泉俊文・宮内崇裕・長岡信治・吉岡敏和・岡田篤正・平野信一・桜井一賀・村井 勇・松田時彦, 1989, 1984年糸静線活断層系 (岡谷地区中島A遺跡地) トレンチ調査, 活断層研究, **6**, 64-71.
- 東郷正美・今泉俊文・岡田篤正・澤 祥・松田時彦, 2008, 糸静線活断層系・岡谷断層の最新活動に関する資料, 法政大学多摩研究報告, **23**, 1-16.