三峠活断層系，殿田断層世木林地区の トレンチ調査と最近の活動履歴

植村 善博* 岡田 篤正** 金田 平太郎***
川畑 大作** 竹村 恵二** 松浦 旅人****

**Trenching study on the Tonoda Fault of the Mitoke Active Fault System
at Sekibayashi, Kyoto Prefecture, Southwest Japan**

Yoshihiro UEMURA*, Atsumasa OKADA**, Heitarou KANEDA***,
Daisaku KAWABATA** Keiji TAKEMURA** and Tabito MATSUURA****

Abstract

The Mitoke active fault system (MAFS) is about 50 km long with a NW-WNW strike in the western margin of the Tamba Mountains, and is generally characterized by an uplifting of the northeast side accompanied by a left-lateral slip. The MAFS is composed of many active faults and is one of the largest active fault system in the northern Kinki district. The Tonoda fault is situated in the central part of the MAFS and is about 15 km long. Based on a study of the fault topography, the Tonoda fault acted with an uplifting northeastern side and a left-lateral slip during the late Quaternary period. A paleoseismological study was requested due to the lack of evidence on which to base on evaluation of earthquake risk.

To clarify the age of the latest event and intervals of events of the Tonoda fault during the late Quaternary, trenches were excavated across the fault scarplet at Sekibayashi where this fault cut river terraces with a NW trend.

The results of this study can be summarized as follows:

This fault is a reverse fault with northeastern side up-thrown and fault planes dips about 80° to the north. Based on differences of geologic section and fault striation, this is accompanied by a left lateral slip.

1) The vertical displacements of depositional surfaces of L1 and L2 terraces are 5 to 9 m and 1.9-3 m respectively, based on drilling and trenching data. This fault is characterized by a average vertical slip rate of 0.1-0.3 m/1,000 years during the late Quaternary period.

2) At trench B, three faulting events were identified since 11 ka. The latest event was

* 佛教大学文学部

** 京都大学大学院理学研究科

*** 四国電力

**** 日本工営 K.K.

* Bukkyo University

** Kyoto University

*** Shikoku Power Co.

**** Nihon-Koei Co.

dated to be 1,950~2,310y.B.P. (A.D. 100~B.C. 395), that is from the Middle Yayoi to Latest Jomon period. The second and third latest events were dated to be 5,500~7,500y.B.P. and 8,500~10,710y.B.P. The average recurrence interval of faulting is estimated to be about 3,740 years. A much older faulting event from 17,000~22,000y.B.P. was only identified at trench A because of the poor resolution for a paleoseismicity analysis.

Key words : trenching survey, paleoseismology, Tonoda fault, Mitoke active fault system
キーワード : トレンチ調査, 古地震学, 殿田断層, 三峠活断層系

I. はじめに

丹波高地西縁部には三峠活断層系が発達している。これは北西～南東走向で北東隆起および左ずれの変位様式をもつ多数の活断層から構成されている(図1)。また、幅約5kmの断層帯をなしており、三峠断層、周山断層、芦生断層、殿田断層、神吉・越畑断層、亀岡断層(活断層研究会, 1991)などが含まれる。本断層系は福知山市南部から亀岡盆地東南縁まで約50kmにわたって連続し、近畿北部における大規模な活断層系を形成する。

本研究の目的は三峠活断層系の中央部に位置する殿田断層の最新活動時期、活動間隔、断層運動の様式と変位量を解明することである。また、本断層の近辺には須知、園部、亀岡などの人口集中地区が分布しており、これらの情報は地震の長期的発生危険度評価をおこなうための基礎資料を提供する。1997年3月、筆者らは京都府船井郡日吉町世木林地区において殿田断層のトレンチ調査を実施した。その結果、最新活動時期や活動履歴などについて新発見が得られたので報告する。

II. 殿田断層の変位地形と活動史

殿田断層は、船井郡丹波町中台付近から同郡日吉町上世木南方まで西北西～北西の走向をもって、約15kmにわたって連続する。明瞭な断層変位地形が発達することから、第四紀中後期を通じて活発な断層運動を継続してきたと考えられる。大橋(1975)、吉岡(1987)、植村(1988)らにより変位地形や断層運動の性質が明らかにされ、岡田ほか(1996)によって本断層の東半部の位置が図示

された。活断層研究会(1991)によれば、第四紀中後期には北東隆起と左ずれの活動を繰り返し、縦ずれ平均変位速度は0.08~0.3m/千年とされている。植村(1988)は谷の屈曲から左ずれ変位の累積が約200mに達し、約50万年前から現在につづく活動が開始されたこと、西部の西北西走向の地域では左ずれが卓越し、東部の北西走向の地域では北東隆起と左ずれの両成分が同程度となり、走向変化が断層運動の様式と関係することを指摘した。本断層は東西性の地質構造が卓越する丹波帯の付加岩体中を走るが、殿田付近では地質境界に右ずれ変位を与えている(井本ほか, 1989)。なお、本地域での被害地震記録として1830年の京都文政地震(マグニチュード6.5)があり、その震央は本断層の南延長につづく神吉・越畑断層付近に推定されている(三木, 1979; 宇佐美, 1996)。

III. 世木林地区の段丘面と変位地形

1) 段丘面の区分と構成層

丹波高地南部を必従的に東から西へ流れる大堰川は、その中流部で穿入蛇行を形成し、世木林には半円形状に段丘化した滑走斜面が分布する(口絵2-1)。本地区の段丘面は図2のようにH, M, L1, L2, L3, L4の6面に分類される。

H面は高度220~230mに定高性のある尾根状地形として分布し、現河床からの比高は70~80mに達する。厚さ約5m以上の風化した大～巨礫層からなり、砂岩や頁岩はクサリ礫となっている(Loc. 1)。表層部に約1~2mの赤褐色土が発達する。

図 1 丹波高地西部における三峠活断層系の分布と接峰面。
活断層研究会 (1991) を修正, 谷幅 500m 以下を埋積して作成, 等高線は 50m 間隔。

Fig. 1 Distribution of the Mitoke Active Fault system and summit level of the Tamba Mountains.

M 面は世木林集落東方に高度 176~178m で幅せまく分布する。黄褐色の大礫を中心とした厚さ 5 m 以上の砂礫層からなる。Loc. 2 では砂礫層と基盤岩との断層関係がみられ, 丹波層群の緑色岩と急傾斜した M 面砂礫層 (走向・傾斜は $N36^{\circ}W \cdot 76^{\circ}N$) とが断層で接している。断層面の走向・傾斜は $N50^{\circ}W \cdot 86^{\circ}N$ である。M 面の北側に分布する小丘には基盤岩類が露出しており, M 面の砂礫層が削剥され基底面が現われたものと推定される。

L1 面は高度 165~170m の細長い台地状の分布をなす。現河床からの比高は約 15m である。

L2 面は世木林集落をのせる面で, 高度は 160~165m。主に L1 面と大堰川流路との間に分布し, L1 面西端を蛇行状の侵食崖で限っており, 千谷

川によって形成されたものと推定される。

L3 面は高度 155~162m の低平な面で L1, L2 面分布域の南側に広く分布する。西端は大堰川により 3~5 m 程度下刻されている。L4 面は千谷川の下流部に分布する局地的な面である。

段丘面の形成年代は広域テフラとの関係や地形と堆積物の特徴などから, H 面で 20~30 万年前, M 面で約 10 万年前, L1 面で約 3 万年前, L2 面で 1.5 万年前, L3 面で 1 万年前頃と推定されている (植村, 1988)。また, L4 面の離水は完新世後期であろう。

2) 断層変位地形の特徴と変位量

本地区の中央部に走向 $N46^{\circ}W$ の直線的な低崖が走り, それを境に北側に L1 面, L2 面, 南側に

図 2 世木林地区の段丘面区分と地質断面およびトレンチの位置。

Fig. 2 Distribution map of the terraces, location of the geologic sections and trenching sites at Sekibayashi area.

図 3 殿田断層を横断する W-X, Y-Z 地質断面。
断面の位置は図 2 に示す。

Fig. 3 Geologic sections of the W-X and Y-Z lines across the Tonoda Fault.
The location of the sections are shown in Fig. 2.

L3 面が分布する。この低崖は殿田断層の位置と走向に一致すること、大堰川流路とは逆に南向きであり、これを挟んで形成時期の異なる段丘面が接していること、この線上で基盤の丘が屈曲していることなどから、低断層崖と認定される（口絵

2-2)。変位地形の特徴は、北上がりで左ずれを伴うことを示唆する。L1 面および L2 面は断層により切られているが、L3 面は変位していない。低断層崖の比高は、L1 面で約 3.4m、L2 面では 1.4m である。低下側では L1 面および L2 面が L3

面の下に埋設していると推定され、実際の変位量はさらに大きいと予想される。

この点を検討するため、低断層崖と直交し L1 面と L3 面を横断して実施されたボーリングの結果とコア観察にもとづいて、W-X および Y-Z の地質断面図を作成した (図 3)。L1 面の砂礫層の厚さは上、下盤ともに 3~4 m である。Y-Z 断面では、断層を境に L1 砂礫層上面およびその基底の不整合面に南落ち約 5 m の落差が生じている。一方、W-X 断面では L1 面砂礫層上面および基底の不整合面に約 9 m の上下変位が認められ、Y-Z 断面の約 2 倍に増大している。このため、低下側には厚さ約 8 m のシルトや粘土層が堆積しており、粘土層中に始良 Tn (AT) 火山灰 (以下 AT と略記) が挟まれている。これらの事実から以下のことが推定される。(1) 基盤岩を削って平坦な侵食面が形成された後、ほぼ一様の厚さで L1 面砂礫層が堆積した。(2) 断層運動により南側が低下し、湿地環境下で AT 火山灰を挟む粘土質層が堆積した。(3) その後、断層運動が繰り返され変位が累積した。上下変位量は走向方向に約 90 m の間で東側へ 2 倍に増大している。これは左ずれによる側方移動の結果、見かけ上変位量が東ほど大きくなったと考えられる。

IV. トレンチ調査とその結果

1) 調査地点およびトレンチの位置

トレンチ調査は図 2 に示した世木林地区の A, B, C, D の 4 地点で実施された¹⁾。以下では良好な結果が得られた B トレンチ、次に A トレンチの順に述べる。

トレンチは低断層崖に直交するほぼ N40° E 方向とし、A トレンチは L1 面と L3 面を、B トレンチでは L2 面と L3 面を横断して掘削された。本地区は日吉ダム建設の骨材バース基地であったため、全域に厚さ 3~4 m 程度の盛土がなされていた。明治 41 年製作の地籍図²⁾を編集した図 4 によると、L1, L2 面上には世木林の集落と不規則な形状の耕地がみられる。一方、L3 面上には条里型地割の水田が広がっていて対照的である。東端部には支谷を塞ぎ止めて扇池が築造されている。

本地点では原地形が埋没または改変されており、トレンチ位置の決定や掘削作業に困難を伴った。掘削作業にはパワーシャベルを用い、まず盛土の基底レベルまで掘り下げて犬走りを設け、そこからさらに下方へ掘削をおこなった。壁面は約 40 度の勾配を作り、整形後に水洗などをおこなった。その後 1 m メッシュに区画し、北から南へ順に A~H と名づけた。スケッチは 20 分の 1 スケールでおこなった。なお、盛土はスケッチの対象から除外した。

採取試料のうち、火山灰の分析、同定は京都フィッシュントラックおよび古環境研究所に委託した。¹⁴C 年代測定試料はすべて地球科学研究所に委託し、Groningen 大学の加速器で AMS 法によって測定された。すべての ¹⁴C 年代値は半減期 5568 年を用い、 $\delta^{13}\text{C}$ による補正をおこなった。また、暦年代は Stuvier and Reimer (1993) の方法により補正し、誤差 1 σ の範囲の値を示した。

2) B トレンチ壁面の地質と層序

(1) 層序と層相

L2 面と L3 面を横断して掘削されたトレンチに断層が現われた。これは低断層崖の脚部より 4~5 m 北側に位置する。断層を挟んで北側には丹波層群の緑色岩とこれを不整合に覆う砂礫層、南側にはシルト、砂、砂礫層が分布する (口絵 2-3)。図 5 は東西両壁面のスケッチである。層相と連続性から、未固結層を上位から順に 1~7 層に区分した。以下、西壁面を中心に各層の特色を記載する。

1 層：灰オリーブ色のシルト層で細礫を含む。盛土前の水田土壌であり、旧地表面に沿って約 20~30 cm の厚さで連続する。崖下の F, G ではオリーブ黒色の粘土質シルトとなる。

2 層：灰・暗オリーブ色のシルト質細砂層で、淘汰が悪く径 5 cm 以下の礫が点在する。A, B 付近で厚さ 20~30 cm だが、D, E 付近では最大 1 m 程度まで厚くなる。G, H ではオリーブ黒色の粘土質シルトとなる。石垣用の置き石がこの中にみられ、人工的な盛土と考えられる。東壁面では、細砂主体の 2a と砂質シルトからなる 2b に細分されるが、人工的に削剥を受けており D より北側には分布しないと考えられる。

図 4 世木林地区の地籍図（明治 41 年作成）と土地利用。

1. 家屋, 2. 田, 3. 畑, 4. 荒地, 5. 樹林, 6. 池・河川, 7. 崖, 8. トレンチ位置

Fig. 4 Cadastral map of the Sekibayashi area (measured in 1908).

1. house, 2. paddy field, 3. field, 4. waste land, 5. woods, 6. pond and river, 7. scarp, 8. trenching site

3層：黒褐色の有機質シルト層で、径3～8cm程度の礫が含まれる。D, Eで30～40cmの厚さを持ち、両側へ薄くなってせん滅する。G, Hでは砂礫に移り変わる。東壁面では1m程度と厚く、粘土質となっている。D3から古墳～奈良期の、E4からは奈良～平安期の土師器片が出土した（以下土器および年代は鋤柄俊夫氏の鑑定による）。

4層：黄褐色の砂質シルト層で、淘汰はよく層理はみられない。全体としてくさび状の発達を示し、最大1.4mの厚さをもつが、D, Eで急激に薄くなる。酸化鉄が吸着した細管が多数垂直に入っており、全体に生物による攪乱が著しい。このような特徴は斜面堆積物の可能性がある。C2付近には崩壊に起因すると思われる砂礫のプリズム層が挟まれる。これは断層近辺で厚く、離れるにつれ薄くなる楔形の崖錐性堆積層である（跡津川断

層発掘調査団ほか, 1989）。

5層：灰褐色シルト層で、ほぼ水平な堆積状態を示すが、上面にはかなり起伏がある。F, G下部では黒褐色粘土質シルトになる。上部の約20cmは茶褐色化した古土壌となっている。断層近傍では北へ傾き下がる部分がみられる。

6層：灰色の砂および砂礫層で、D, Eの礫を含む中～粗砂層はF付近で砂礫層と指交している。礫は砂岩、チャートの径10～16cmの垂角～垂円礫からなる。砂をマトリクスとし、未固結でくずれやすい。東壁面では砂がちの砂礫となっている。これはトレンチ底から下方へ90cmまで堆積しているが、基盤との不整合面は確認できなかった。本層は1.4m以上の厚さをもつ。岩相の特徴およびインプリケーションが南西方向からの水流を示すことから、千谷川によって供給された砂礫層と

図 5 B トレンチの東西壁面スケッチ。

Fig. 5 Sketches of the east and west walls of the B trench.

判断される。

7層：断層の上盤側にみられる厚さ約50cmの砂礫層で、L2面の構成層である。基盤の緑色岩を不整合に覆う。東壁面では20cm以下と薄く、人工的に削剥されている可能性が高い。砂岩、チャートの5~12cm大の亜円~亜角礫からなり、インブリケーションは南西からの流向を示す。本層は

千谷川から供給されたもので、下盤の6層下部の砂礫層と対比できる。

丹波層群：茶~暗褐色で、幾分風化した緑色岩である。多数のせん断面が生じており、剥離しやすくなっている。とくに断層面から幅20cm程の範囲では、1~2cm以下の細片状となり著しく破碎されている。

(2) プリズム層

プリズム層とは断層崖の直下にくさび状をなし、堆積している砂礫層である。地震時の断層運動により砂礫から構成される断層崖の一部が崩壊して形成された地層と考えられる。本トレンチではP1およびP2の2層が認められた。

P1層：4層と5層の間に挟まれる砂礫層で、断面ではくさび状の形状を示す。断層付近で1.2mと厚く、離れると急に薄くなって消滅する。礫は砂岩とチャートからなる淘汰の悪い亜角～亜円礫で、7層とよく似る。東壁面では西壁面より厚さと幅が約2倍になる。この中部に挟まれる薄い粘土層は旧表土層であり、地層を上下に区分するものではない。

P2層：西壁面にのみ観察され、6層の砂層中に挟まれている。70cm以上の厚さをもち、断層から約1.6m離れたところで消滅する。これは6層上部の砂層と指交関係にあると判断される。

(3) ^{14}C 年代と地層の堆積年代

トレンチから採取した年代測定試料およびそれらの測定結果を表1のBWおよびBEに示した。2層からは $380 \pm 50\text{y.B.P.}$ の年代が得られ、暦年補正年代ではA.D. 1450～1525となり15世紀後半から16世紀初頭を示す。この頃に人工的な盛土が形成されたと推定される。

3層の上部では $1,530 \pm 40$, $1,570 \pm 40$, $1,730 \pm 40\text{y.B.P.}$ の年代が、下部から $1,930 \pm 40$, $1,950 \pm 40\text{y.B.P.}$ の年代が得られた。西壁面の $2,580 \pm 40\text{y.B.P.}$ は他の値よりかなり古い値で、下位の4層の年代とも重なっており、再堆積の可能性があり、除外する。この場合、3層の年代は1,530～1,950y.B.P. (暦年補正年代でA.D. 25～600)の間とみなすことができる。

4層上部の年代として西壁面からは $3,140 \pm 50$, $4,790 \pm 50\text{y.B.P.}$ 、東壁面から $2,310 \pm 40$, $2,360 \pm 50$, $3,370 \pm 40\text{y.B.P.}$ の年代が得られた。下部から $5,360 \pm 50$, $5,530 \pm 50$, $5,500 \pm 50\text{y.B.P.}$ の年代が得られている。本層の年代が大きくばらつくのは、斜面の堆積物であり、かなり長期にわたる形成と風化作用を受けたことによると推定される。西壁面からの $7,610 \pm 60\text{y.B.P.}$ は他のものより約

2,000年も古く、下位の5層の年代とも重なり、再堆積の可能性が大きいので除外する。そこで4層の年代は $2,310 \sim 5,500\text{y.B.P.}$ (暦年補正年代でB.C. 375～4365)とみることができる。5層では上部から $7,490 \pm 60$, $7,530 \pm 50$, $8,500 \pm 60\text{y.B.P.}$ が、下部から $8,020 \pm 60$, $8,380 \pm 50\text{y.B.P.}$ の年代値が得られ、一部逆転している。本層の堆積年代は $7,490 \sim 8,500\text{y.B.P.}$ (暦年補正年代でB.C. 6215～7545)とみて矛盾はない。

6層からは $10,710 \pm 70\text{y.B.P.}$ のみが得られ、上部の堆積年代として約1万年前が妥当と考えられる。また、P1層の中の $8,330 \pm 60\text{y.B.P.}$ は崩壊前の旧表土の年代を示すと考えられる。以上の検討にもとづくと、P1層の年代は $5,500 \sim 7,490\text{y.B.P.}$ の間、P2層は $8,500 \sim 10,710\text{y.B.P.}$ の間に形成されたと推定される。

(4) 断層付近の変形構造

緑色岩と第四紀層とを境する主断層面は明瞭である。西壁面で走向・傾斜は $\text{N}40^\circ \sim 50^\circ \text{W} \cdot 82^\circ \text{N}$ 、東壁面で $\text{N}36^\circ \sim 38^\circ \text{W} \cdot 80^\circ \text{N}$ と北上がりの逆断層である。断層面に断層粘土は観察されないが、断層から幅30cm程度の部分では礫が $70 \sim 80$ 度まで急傾斜し、引きずり変形を受けている。西壁面上部の7層を切る部分では、重力の影響により断層面はオーバーハングしている。東面で $\text{N}38^\circ \text{W} \cdot 80^\circ \text{N}$ の断層面に 28°E の条線が認められ、水平成分が卓越していることを推定させる。

また、6層および7層の上面を対比させると、2.1および1.7mの高度差を生じており、上下変位量は平均値で1.9mとなる。しかし、先に述べたように7層は6層の下部にあたる可能性が高く、その場合には変位量は最大3m程度になる。

3) A トレンチ壁面の地質・層序

A トレンチは既存の不規則な掘削穴を整形して観察をおこなった (口絵2-4)。このトレンチはL1面とL3面間に築造された扇池底を横断している。

(1) 壁面全体の地質

100分の1でおこなった概略スケッチを図6に示す。断層の出現位置は扇池底であり、低断層崖の脚部より約6m南側にあたる。断層を挟んで地

図 6 A トレンチ全体の概略スケッチ.

Fig. 6 Simplified sketches of the east and west walls of the A trench.

質構成は大きく異なっている。北側には、厚さ 3~3.5m の L1 面砂礫層と、これに不整合に覆われる丹波層群の緑色岩がみられる。南側は、粘土層を主とする細粒層と、それを不整合に覆う扇池の溜池底堆積物からなる。

L1 面砂礫層は淡黄褐色を呈し、チャート、砂岩、頁岩、緑色岩の亜円礫および亜角礫を中心とした巨~大礫からなる。径 20~30cm の礫が大部分をしめ、最大径は 38cm に達する。マトリクスは径 0.5~5 cm の礫を主とするため、空隙が多く崩壊しやすい。緑色岩は緑褐~暗褐色を呈し、不整合面付近では風化しているが、その他の部分では岩石組織を残している。砂礫層との不整合面は平坦であるが、北方へゆるく傾斜している。

主断層面の走向・傾斜は $N50^{\circ}\sim 64^{\circ}W \cdot 80^{\circ}N$ で、北側隆起を示す逆断層である。断層に沿う部分では礫や砂、粘土層の引きずり変形帯が生じている。また、上盤側では主断層から 6 m 以内の範囲に砂礫層の基底面を変位させる断層が 2 条みられる。走向・傾斜は各々 $N40^{\circ}W \cdot 84^{\circ}S$ および $N48^{\circ}W \cdot$

$82^{\circ}S$ の南落ち正断層であり、見かけの縦ずれ変位量は北上がり約 1.1m および 1.3m であった。

一方、砂礫層の基底面を変位させていない断層もある。それらの走向・傾斜は、 $N4^{\circ}W \cdot 30^{\circ}N$, $N32^{\circ}W \cdot 30^{\circ}N$, $N4^{\circ}W \cdot 58^{\circ}N$ である。走向は主断層より北にふれ、かつ北傾斜で低角度の断層面をもつ点で注目される。

(2) 層序と層相

図 7 に断層近辺のスケッチを示した。上盤側は緑色岩と L1 面砂礫層、下盤側は厚さ 7 m 以上の粘土層や泥炭を主とする未固結層からなる。以下では、未固結層を 8 層に区分し、西壁面を中心にその層序と層相を記載する。

1 層: 1.5m 以上の厚さをもつ扇池の溜池底堆積物である。上部は厚さ 0.8m 以上の灰~灰青色の粘土層からなり、薄い砂層を挟む。13~14 世紀の瓦器碗片を出土した。下部は約 0.7m のよく締まった粘土質マトリクスの砂礫層である。径 3~7 cm のチャート、砂岩の亜円~亜角礫からなり、褐色の砂やシルトが充填している。基底部から 13~14

図 7 A トレンチにおける断層付近の東西壁面スケッチ。
凡例は図 5 に示す。

Fig. 7 Sketches of the fault zone of the east and west walls of the A Trench.
Legend is the same as that in Fig. 5.

世紀の羽釜破片や土師器片が出土した。地層の特徴から、扇池築造時に池底を突き固めた人工的な地層とみなされる。13~14 世紀を下限とする土器の産出から、池の築造期はこれと同時期かやや古い可能性が高い。

2 層：厚さ約 0.9m の茶褐色、緑灰色の有機質粘土～シルト層である。1 層とは不整合関係にある。上部に火山ガラスを多く含む層準がある。このガラスはバブルウォール型で、屈折率は平均 1.4983 (1.497~1.500) および 1.5109 (1.509~1.512) とバイモーダルを示す。このような特徴は、AT 火山灰と鬼界アカホヤ (K-Ah) 火山灰 (以下 K-Ah と略記) のガラスが混合した結果である。この層準より下位では、AT 起源のガラスしか検出されないことから、ほぼ K-Ah の降下層準にあたると思われる。

3 層：灰色シルト層で、層理を示さない。約

0.9m の厚さを持ち、褐色粘土を縞状に挟むことがある。

4 層：厚さ 0.3m の淡黄色の無層理・塊状のシルト層である。

5 層：黒褐色有機質粘土～泥炭層で厚さ約 0.8 m。薄い葉理を持ち、材化石を含む。基底部には厚さ 3 cm の火山灰が挟まれる。これは黒雲母、角閃石 (カミングトン閃石を含む)、斜方輝石からなり、ガラスの屈折率は平均 1.4991 (1.498~1.500) と 1.5025 (1.502~1.504) に集中する。高い値が本テフラのもので、上記の岩石記載の特徴は野村ほか (1995) による大山起源の弥山軽石 (MsP) に一致する。低い値のものは AT 起源のガラスが二次的に混入したものである。

6 層：茶褐色有機質粘土層からなり、材や植物化石を含む。厚さ約 0.7m で、中部に厚さ約 20cm の AT 火山灰を挟む。本層中の AT および粘土層

表 1 B・A トレンチにおける ^{14}C 年代 (AMS) 測定値.

Table 1 Radiocarbon ages (AMS method) of the samples from the Sekibayasi trenches.

Sample No	Unit	Lab. No Beta	Material	^{14}C Age (yrs. B. P.)	Calender year
BW-12	2	104695	charcoal	380 ± 50	AD 1450~1525
BW-13	3	104696	organic sediments	$1,730 \pm 40$	AD 250~390
BW-6	3	104690	organic sediments	$1,930 \pm 40$	AD 55~120
BW-9	3	104693	organic sediments	$2,580 \pm 40$	BC 800~780
BE-10	3	104707	organic sediments	$1,530 \pm 40$	AD 530~600
BE-12	3	104709	organic sediments	$1,570 \pm 40$	AD 435~555
BE-9	3	104706	organic sediments	$1,950 \pm 40$	AD 25~100
BW-8	4	104692	organic sediments	$3,140 \pm 50$	BC 1435~1385
BW-5	4	104689	organic sediments	$4,790 \pm 50$	BC 3645~3520
BW-7	4	104691	charred material	$5,360 \pm 50$	BC 4255~4140
BW-3	4	104688	organic sediments	$7,610 \pm 60$	BC 6455~6390
BE-7	4	104704	organic sediments	$2,310 \pm 40$	BC 395~375
BE-11	4	104708	charred material	$2,360 \pm 50$	BC 415~385
BE-8	4	104705	organic sediments	$3,370 \pm 40$	BC 1690~1615
BE-5	4	104702	organic sediments	$5,500 \pm 50$	BC 4365~4330
BE-6	4	104703	organic sediments	$5,530 \pm 50$	BC 4435~4420
BE-4	P2	104701	organic sediments	$8,330 \pm 60$	BC 7455~7295
BW-1	5	104686	organic sediments	$8,020 \pm 60$	BC 7025~6765
BW-2	5	104687	organic sediments	$8,500 \pm 60$	BC 7545~7490
BE-2	5	104699	organic sediments	$7,490 \pm 60$	BC 6390~6215
BE-3	5	104700	organic sediments	$7,530 \pm 50$	BC 6410~6350
BE-1	5	104698	organic sediments	$8,380 \pm 50$	BC 7485~7415
BW-10	6	104694	organic sediments	$10,710 \pm 70$	—
AW-4	2	104680	charcoal	$2,280 \pm 50$	BC 390~355
AW-3	3	104679	peat	$8,010 \pm 60$	BC 7025~6755
AW-1	3	104678	peat	$9,280 \pm 60$	BC 8385~8200
AW-9	3	104685	wood	$24,050 \pm 160$	—
AW-8	4	104684	wood	$24,510 \pm 180$	—
AW-7	4	104683	wood	$26,160 \pm 180$	—
AW-5	4	104681	organic sediments	$26,540 \pm 210$	—
AW-6	4	104682	organic sediments	$25,690 \pm 200$	—

^{14}C ages were calculated based on $\delta^{13}\text{C}$ and using Libby half-life of 5,568 years.

Calendar years were estimated by the calibration program of Stuiver and Reimer (1993) and ranges of age are 68.3% probability (1σ).

や5層の弥山軽石を挟む泥炭層などは液状化による変形を受け、乱雑な変形を示す。東壁面では本層下部にくさび状をした断面をもつ礫層がみられる。これは最大径 20cm, 3~8 cm 大の亜円礫からなる。断層粘土に由来する黒色粉状物がマトリクス中に多く含まれており、断層によって引きずり上げられたものと考えられる。

7層：灰黄色、淡褐色の粘土層で基底部に薄い砂層を挟む。未分解の植物片が含まれる。厚さ 0.4m 以下で、東壁面ではみられない。

8層：淡褐色の礫混じり粘土層で、厚さ 0.6m 以上に達する。径 1~5 cm の淘汰のよいチャート・砂岩の亜円~亜角礫を含む。

(3) ^{14}C 年代と地層の堆積年代

本トレンチから得られた8試料の年代測定結果を表1のAWに示した。また、MsPの降下年代は野村ほか(1995)による1.74万年前頃を採用し、ATは2.5万年前を採用する(町田・新井, 1992)。1層は扇池の堆積物で、下底から13~14世紀の土器が産する。したがって、 $2,280 \pm 50$ y.B.P.の値は明らかに古く、再堆積したものとみられる。

2層は上部から $8,010 \pm 60$ y.B.P.、下部から $9,280 \pm 60$ y.B.P.が得られたが、上部試料の直下にK-Ah火山灰の降下層準があり、この年代は古すぎる。火山灰の降下年代を基準にすると、本層は約6千~1万年前頃の地層とみなされる。3、4層からは試料が得られなかった。

5層から $24,050 \pm 160$ および $24,510 \pm 180$ y.B.P.が得られた。しかし、本層基底部にはMsP火山灰が認定されており、これらの値は古すぎる。また、本層の花粉構成はモミ、ツガ、ニヨウマツ、カバ、コナラの各属が各々10%程度含まれており、1.5~2万年前頃の最寒冷期頃の花粉組成と一致する。したがって、本層の年代は1.5~1.8万年前程度とみるのが妥当であろう。

6層は $26,160 \pm 180$ y.B.P.の値のみであるが、AT火山灰との層位関係から妥当な値とみられ、2~2.6万年前頃の堆積物と考えられる。8層では上部から $26,540 \pm 210$ 、その下位で $25,690 \pm 200$ y.B.P.の逆転した年代値が得られている。6層中のAT火山灰の存在から、本層は2.6万年以前の地層であると判断される。

(4) 断層付近の変形構造

幅0.5~0.6m程度の断層変形帯が形成されている。主断層面は走向 $N50^{\circ} \sim 64^{\circ}W$ 、傾斜 $80^{\circ}N$ の逆断層で、上盤の緑色岩およびL1段丘礫層が下盤の最終氷期以降の粘土や泥炭層と接している。緑色岩は断層から1.5mの範囲で破碎を受けている。断層面には厚さ約15cmの黒~暗褐色を呈する粉状~粘土化した部分を伴う。L1礫層は断層付近で引きずりを受けて南へ約30度まで傾斜している。

断層帯内部にはL1面構成層の礫や礫混じり砂が多く取り込まれ、主断層面と平行に配列してい

る。また、主断層面から幅10~15cmほどの部分で、長軸が垂直に配列した中~大礫がみられる(口絵2-5)。再配列した礫は、主に緑色岩の細片や黒色の断層粘土により充填されている。断層面はL1礫層との境界部分では不明瞭になり、礫混じりの砂からなる部分の上部では幅0.5~0.8mに広がってV字状の断層ウエッジをなす。

東壁面では、6層の粘土層が4層下部付近まで引きずり上げられており、断層面から幅0.6mの範囲で急傾斜している。また、AT火山灰はZ状に折り曲げられている。断層帯の最も外側はゆるく波うった断層面となっており、数条の分岐断層が派生している。

西壁面の4E付近から分岐した2条の断層は走向・傾斜 $N56^{\circ}W \cdot 68^{\circ}N$ および $N64^{\circ}W \cdot 50^{\circ}N$ で、3層を2層の上に衝上させる逆断層状を呈する。見かけの上下変位量は1.6m以上あり、扇池の堆積物によって切られている。下部の7A付近から派生した断層面の走向・傾斜は $N56^{\circ}W \cdot 52^{\circ}N$ で、AT火山灰を挟む6層中部までを明瞭に切っており、上盤のAT火山灰は引きずりを受けて逆転している。

V. 考 察

1) 断層運動の様式と変位量

殿田断層は第四紀中後期を通じて北側隆起と左ずれの断層変位を累積してきた。調査地には走向 $N46^{\circ}W$ の直線的な低断層崖が形成されており、トレンチにおいて出現した断層面の平均走向もこれに一致する。断層面は北へ約80度傾斜する高角度の逆断層の性質を示す。トレンチに現われた断層形態や変形様式の特徴は跡津川断層野首地区のそれとよく似ている(跡津川断層トレンチ調査団ほか, 1989)。縦ずれ変位量はL1面砂礫層の上面で5mおよび9m、L2面砂礫層上面で約1.9m~3mであった。横ずれに伴う側方移動を考慮しない場合、縦ずれの平均変位速度は0.13~0.3m/千年となり、これまでに報告された値(活断層研究会, 1991)と一致する。しかし、A、B両トレンチとも東西両壁面の地層の層相や層厚、また見かけの構造も異なっており、横ずれ変位を伴

うことは確実である。Bトレンチでは、断層面に東へ28度傾斜する条線が観察され、横ずれは縦ずれと同程度かそれを上回ることも考えられる。しかし、今回の調査から横ずれ変位量やネットスリップを求めることはできなかった。

2) 断層の活動履歴

(1) 最新活動時期

最新の断層運動はBトレンチにおいて4層を切り、3層によって覆われるイベント1である。4層上部の年代として約2,310y.B.P.、3層下部の年代として1,950y.B.P. が得られており、両者間の2,310~1,950y.B.P. に最新の断層活動が生じたことは明らかである。これは暦年代ではB.C. 395~A.D. 100の間であり、縄文晩期後葉から弥生中期にあたる。このイベント1の発生時期は、花折断層南半部の最新活動期の可能性が高い2,500~1,300年前(吉岡ほか, 1998)と重なる。また、中塚(1997)が長岡京域から報告したE2液状化発生期(約2,100年前)は両断層のいずれかの活動による地震動に起因する可能性が高い。一方、有馬高槻構造線東部における約2,800年前の活動(寒川ほか, 1996)とも極めて近い時期であることは注目に値する。

(2) 最新活動以前の断層運動と活動間隔

Bトレンチ:断層運動に伴って形成されたと推定されるプリズム層が2層準に存在する。P1層は4層と5層の間に挟まれる。5層の上部で7,490y.B.P.、4層の下部から5,500y.B.P.の年代が得られており、両者間の7,490~5,500y.B.P.(暦年補正年代でB.C. 6,390~B.C. 4,330)に断層運動が発生した可能性を指摘できる。これは縄文早期前葉から縄文前期にあたるもので、イベント2とよぶ。

つぎに、西壁面の6層上部にP2層が観察される。P2層直下の6層の年代として10,710±70y.B.P.が、5層下底付近の年代として8,500y.B.P.の値がある。したがって、P2層の年代は10,710~8,500y.B.P.の間となる。これから縄文草創期から縄文早期前葉の間に活動が推定される。これをイベント3とよぶ。以上のことは、過去1.1万年間において断層運動が3回繰り返し発生

したことを示している。イベント1と2の間には約4,400年、イベント2と3の間に約3,100年の間隔が認められ、単純平均で約3,740年の周期をもつことになる。なお、同一層と考えられる上盤の6層は0.5mの厚さなのに、下盤の6層は1.4m以上と3倍もの厚さをもつことから、イベント3以前の活動も推定される。

一方、Aトレンチでの最新活動は2層を切り、1層の扇池堆積物により覆われる断層運動によって示される。1層は下底から13~14世紀の土器を産し、約800年前の下限年代が推定される。2層上部の年代はK-Ah火山灰の降下年代をもとに約6,000年前頃と推定される。1層と2層との間に約5,000年程度の間隔が存在することになり、ここではBトレンチのイベント1とイベント2が重なっている可能性がある。また、西壁面の7B、Cにおいて分岐断層が6層を切り、上盤ではAT火山灰を逆転させる変形を与えているが、5層はこれと斜交して堆積しており、断層による変形を受けていない。したがって、6層堆積後、5層堆積前に断層運動が生じたことが読み取れる。5層の基底部には約1.7万年前に降下した大山弥山軽石(MsP)が挟まれ、6層上部の年代は堆積速度を考慮すると、22,000年前頃に推定できる。したがって、この断層運動は約1.7~2.2万年前の間に生じたとみてよい。

VI. まとめ

京都府日吉町世木林地区において、三峠活断層系中央部に位置する殿田断層のトレンチ調査をおこなった。その結果、以下の事実が明らかになった。

1) 本地区の逆むき低断層崖を横断するボーリング調査から、L1面の縦ずれ変位が5~9mに達し、左ずれ変位を伴うことが推定された。

2) A、B両トレンチにおいて出現した断層は、北へ約80度傾斜した逆断層面をもち、北側隆起を示す。Bトレンチでは東西両側の地層の相違や断層条線が観察され、横ずれ変位を伴うことが推定された。また、断層面には幅30~60cm程度の引きずり帯が認められる。一方、Aトレンチでは幅

50~60cmの断層変形帯が形成されており、低角の分岐断層もみられる。断層の出現位置と地形との関係から、Aトレンチでは低断層崖基部が4~5m削りとられて後退しており、Bトレンチでは盛土により断層位置から約4m崖が前進していることが判明した。

3) Bトレンチでは過去1.1万年間に3回の断層運動が繰り返し発生したことが明らかになった。最新活動期(イベント1)は1,950~2,310y.B.P.(暦年補正年代でA.D. 100~B.C. 395)の間で、弥生中期から縄文晩期後葉にあたる。1つ前のイベント2は5,500~7,490y.B.P.(暦年補正年代でB.C. 4,330~B.C. 6,390)で、縄文早期前葉から前期の間となる。イベント3は8,500~10,710y.B.P.間の活動を示す。この3回のイベントの平均活動間隔は約3,740年程度である。Aトレンチでは1.7~2.2万年前の間の活動が認定されたのみであった。

4) トレンチ調査によって、過去3万年間の縦ずれ平均変位速度は0.13~0.3m/千年程度と推定された。これは変位地形の諸性質から知られていた第四紀中後期の北東隆起の変位速度と一致する。また、左ずれを伴う活動が推定されたが、左ずれ変位量を明らかにすることはできず、今後の課題として残された。

謝 辞

調査にあたっては水資源開発公団の全面的な協力・援助をえることができた。とくに、同公団日吉ダム建設所中村宣彦元所長をはじめ、調査設計課の皆さんには全面的に協力していただいた。また、京都大学理学研究科石山達也、山形大学教育学部川辺孝幸、ジオジャイロ K. K. 露口耕治の各氏には調査に協力していただいた。日吉町税務課および教育委員会には資料の閲覧に便宜をはかっていただいた。同志社大学歴史資料館の鋤柄俊夫氏および佛教大学門田誠一氏には土器の鑑定をお願いした。京都フィッシュントラックの檀原 徹、古環境研究所の早田 勉、千葉大学園芸学部百原 新の各氏には専門の立場から有意義なご意見をいただいた。以上の皆様に厚くお礼申し上げます。

注

- 1) トレンチ調査を実施した世木林地区は日吉ダムの完成により、1997年4月以降完全に水没してしまった。
- 2) 地籍図は日吉町税務課に保管されている明治41年製作のものを編集した。

文 献

- 跡津川断層発掘調査団・岡田篤正・佃 為成・竹内 章・池田安隆・渡辺満久・平野信一・升本真二・竹花名康夫・奥村晃史・神嶋(竹村)利夫・小林武彦・安藤雅孝(1989): 岐阜県宮川村野首における跡津川断層のトレンチ発掘調査. 地学雑誌, 98, 62-85.
- 井本伸広・清水大吉郎・武蔵野 実・石田志朗(1989): 京都西北部地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 84p.
- 活断層研究会(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(1992): 火山灰アトラス. 東京大学出版会, 296p.
- 三木晴男(1979): 京都大地震. 思文閣出版, 334p.
- 中塚 良(1997): 長岡京跡の地震痕跡と古地震履歴. 古代学研究, 139, 41-55.
- 野村亮太郎・田中真吾・柏谷健二・相馬秀広・小倉博之・川崎輝雄(1995): 岡山県北部, 細池湿原のテフラについて. 第四紀研究, 34, 1-8.
- 岡田篤正・植村善博・東郷正美・中田 高・渡辺満久・鬼木史子(1996): 1:25,000都市圏活断層図「京都西北部」. 国土地理院.
- 大橋 健(1975): 京都府大堰川中流部殿田周辺の活断層と断層変位地形. 京都府私学研究論集, 15, 1-11.
- 寒川 旭・杉山雄一・宮地良典(1996): 有馬-高槻構造線活断層系の活動履歴及び地下構造調査. 地質調査所研究資料集, No. 259(平成7年度活断層研究調査概要報告書), 33-46.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J. (1993): Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon*, 35, 215-230.
- 植村善博(1988): 丹波高地西南部, 三峠断層系の断層変位地形と断層運動. 地理学評論, 61A, 453-468.
- 宇佐美龍夫(1996): 新編日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 493p.
- 吉岡敏和(1987): 京都盆地周縁部における第四紀の断層活動および盆地形成過程. 第四紀研究, 26, 97-109.
- 吉岡敏和・荻谷愛彦・七山 太・岡田篤正・竹村恵二(1998): トレンチ発掘調査に基づく花折断層の最新活動と1662年寛文地震. 地震, 51, 83-97.

(1999年5月13日受付, 1999年11月22日受理)