原著論文

山崎断層帯土万断層の完新世後期の活動履歴

加藤茂弘1)·谷川晃一朗2)·川島真季3)·石村大輔4)·岡田篤正5)

Late Holocene Activity of the Hijima Fault of the Yamasaki Fault Zone, Western Japan

Shigehiro KATOH¹⁾, Koichiro TANIGAWA²⁾, Masaki KAWASHIMA³⁾, Daisuke Ishimura⁴⁾ and Atsumasa Okada⁵⁾

Abstract

The Yamasaki fault zone comprises six left-lateral active faults including the Ohara, Hijima, Yasutomi, and Kuresakatouge faults. These faults, exclusive of the Hijima fault, have proved to reactivate during AD 868 Harima Earthquake. We explored three trenches across the Hijima fault at the Aoki district in Shiso City to reveal its late Holocene activity. Although no fault planes appeared at any trench sites, a buried creek outcropped at one of them. The radiocarbon dates of humic layers on the creek bottom show that the creek was constructed after 1,600 years ago. We also detected the deformed soil layers and cracks in the terrace deposits at another site caused by the strong motion during a large earthquake after 1,600 years ago. An old oral tradition in the Aoki district suggests that a fault pond appeared with a surface rapture by an ancient earthquake and then artificial creeks were dug to drain the pond water. The excavated creek, cracks, and deformed soil layers support the reality of the oral tradition. Because AD 868 Harima Earthquake is the only large earthquake since 1,600 years ago in the region, the Hijima fault possibly reactivated and produced the surface rapture during the earthquake.

Key words: AD868 Harima Earthquake, Hijima fault, oral tradition, radiocarbon dating, tephra analysis, trenching survey.

(2016年7月31日受付, 2016年11月4日受理)

はじめに

日本列島の陸域には二千を超える数の活断層が分布 する(活断層研究会,1991).とりわけ中部地方と近 畿地方北部は活断層の分布密度が高く,糸魚川-静岡 構造線活断層帯を代表として,活動度A級の長大な活 断層も数多く分布する.このような特徴は近畿三角帯 (Huzita, 1962) までは認められる. しかし, それ以 西の近畿地方西部から中国地方に至る地域は相対的に活 断層の分布が少なく, 活動度 C 級の活断層が大半を占 めている (太田ほか, 2004).

活断層が少なくなる近畿三角帯西方地域において,岡山県北東部から兵庫県中・西部にかけて北西-南東方向にのびる山崎断層帯(図1)は,北西部の大原断層・土

3)守山市役所. 〒 524-8585 滋賀県守山市吉身 2-5-22. Moriyama City Office, Yoshimi 2-5-22, Moriyama, Shiga, 524-8585 Japan

4) 首都大学東京大学院都市環境科学研究科地理学教室 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1. Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, Minami-Ohsawa 1-1, Hachiohji, Tokyo, 192-0397 Japan

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒 669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6 丁目. Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

²⁾ 国立研究開発法人産業技術総合研究所 〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央 7. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan, Central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567 Japan

⁵⁾ 京都大学名誉教授 〒 567-0041 大阪府茨木市下穂積 3-14-1-1022. Emeritus Professor, Kyoto University, Shimo-Hozumi 3-14-1-1022, Ibaraki, Osaka, 567-0041 Japan

方断層・安富断層・暮坂峠断層と南東部の琵琶甲断層・ 三木断層の、6つの活断層から構成される長大な活断 層帯で、活動度も B 級と評価されている(岡田・東郷、 2000). 国による活断層帯の長期評価では、山崎断層帯 は今後30年間の地震発生確率が高い(南東部) ~やや 高い(北西部)活断層帯と評価されており(地震調査研 究推進本部,2003),近い将来の大地震発生に対する備 えが必要とされている. 山崎断層帯北西部を構成する大 原断層と安富断層は868年播磨地震で活動したことが 明らかにされており(岡田ほか,1987;岡山県,1997; 兵庫県, 1997), 暮坂峠断層の西縁部では1984年に山 崎地震(マグニチュード 5.6)が発生した.一方,山崎 断層帯北西部を構成する土万断層は、大原断層と安富断 層の間に位置し、868年播磨地震で活動した可能性が 高いとされる (遠田ほか, 1995 など). しかし, これ までの活断層調査では 3,570 yr BP 以降に最新活動が あった可能性が指摘されているのみで(兵庫県, 1997), 活動履歴に関する資料がほとんど得られていない.

本研究では、土万断層の完新世後期以降の活動履歴を 明らかにするため、兵庫県宍粟市山崎町青木地区におい てトレンチ調査を行った.このトレンチ調査では土万断 層の主断層は露出しなかった.しかし、地割れや液状化 跡などの地層の変状やそれらの地変に関連した人為的な 土地改変の跡が認められ、それらの形成年代が判明した. さらに人為的な土地改変と過去の大地震に関する地域の 伝承記録とを比較することから、土万断層の最新活動に 関する知見が得られたので、ここに報告する.

山崎断層帯の概要と活動履歴

山崎断層帯は、岡山県美作市勝田町から兵庫県三木市 にかけて、北西-南東方向にのびる総延長約87km、確 実度I,活動度B級の活断層帯である(活断層研究会, 1991). この活断層帯は、断層線が5km以上とぎれる



ATFS: Arima-Takatsuki fault system, RAFS: Rokko-Awaji fault system, YFS: Yamasaki fault system, MTL: Median Tectonic Line fault system.

図1 近畿地方西部とその周辺地域における活断層の分布 太実線は確実度Ⅰの活断層、細実線は確実度ⅡないしⅢの活断層.活断層の分布は活断層研究会 (1991)に基づく.赤実線が山崎断層帯を構成する活断層と草谷断層.

Fig. 1. Distribution of active faults in and around the western Kinki District, Japan. Active faults are depicted after Research Group for Active Faults of Japan (1991). Thick and thin solid lines show active faults with certainty I and those with certainty II or III, respectively. Red solid lines show 6 active faults of the Yamasaki fault zone and the Kusadani fault. 市川中流部を境にして,北西部(大原・土万・安富・暮 坂峠断層)と南東部(琵琶甲・三木断層)に大別される(図 2).これら6つの活断層は,いずれも左横ずれ活断層 である、南東部では,北東-南西走向の右横ずれ活断層 である草谷断層(岡田・東郷,2000;兵庫県,2001) が分布し,それは琵琶甲・三木断層と共役断層の関係に あたる.大原・土万・安富断層を挟んで南北の山地間に は200~400mの高度差が認められ,これらの活断層 群は,中国山地東部と吉備高原東部との間の明瞭な地形 境界をなす(図2).一方,暮坂峠断層や山崎断層帯南 東部の活断層群では,活断層を挟んだ地域間で大きな高 度差は認められない.

土万断層は、山崎断層帯北西部の中央部を占め、大原 断層の南東を北西-南東走向にのびる長さ約18kmの 活断層である(活断層研究会,1991).土万断層では宍 粟市山崎町青木から佐用町上三河にかけて、尾根や河谷 の系統的な左横ずれが顕著であり(図3)、河岸段丘面 を数 m 上下変位させる断層崖も報告されている(福井, 1981;岡田・東郷, 2000 など). 青木付近から東方で は揖保川支流の菅野川の沖積谷が直線的に発達し, 断 層線の位置は不鮮明となる(図3). このため本区間に おける土万断層の詳細位置は,福井(1981),活断層研 究会(1991),岡田・東郷(2000),岡田ほか(2002), 千田ほか(2002),中田・今泉(2002)などの研究報 告の間で相違が認められる.

山崎断層帯では、1970年代末以降に多数のトレンチ 調査が行われてきた(岡田ほか、1979、1987;遠田ほか、 1995;岡山県、1997;兵庫県、1997;2001).大原 断層では、最新活動が868年播磨地震であり、1回前 の活動が1,570~4,820 yr BP間にあったと推定され、 さらに断層の単位変位量(左横ずれ)が1.6~2m、活 動間隔が1,600~2,000年であると評価された(岡山県、 1997).安富断層の最新活動も868年播磨地震であり (岡田ほか、1979、1987;兵庫県、1997)、活動間隔



Active faults of the Nagisen and Yamasaki fault systems.
Linearments of the Nagisen and Yamasaki faults systems.

Ng: Nagisen fault, Oh: Ohara fault, Hj: Hijima fault, Ys: Yasutomi fault, Kr: Kuresakatoge fault, Bw: Biwakou fault, Mk: Miki fault, Ks: Kusadani fault.

図2 山崎断層帯を構成する活断層とその周辺地域の地形

等高線は幅 1km の谷埋めによる.等高線間隔は,実線が 100m,点線が 20m.破線部は凹地を,影部は標高 1,000m 以上の地域 を示す.

Fig. 2. Distribution of active faults and lineaments in and around the Yamasaki fault zone, and topographic feature of the surrounding area. Contour on land is smoothed by eliminating valleys less than 1 km in width. Contour interval: 100 m (solid line) and 20 m (dotted line). Broken lines indicate lower altitude areas. Shaded parts show areas higher than 1,000 m in altitude.

が千数百~二千数百年であると推定されている(兵庫 県, 1997). 播磨地震に先立つ活動は, 1,910~2,540 yr BP あるいは 1,800~5,560 yr BP の間(岡田ほか, 1987), 2,510~2,840 yr BP 間(兵庫県, 1997)に あった可能性が指摘されている. 土万断層も播磨地震で 活動した可能性が高いが(遠田ほか, 1995 など),ト レンチ調査では主断層は確認されておらず,地層の変状 に基づいて 3,570 yr BP 以降の最新活動が指摘された にすぎない(兵庫県, 1997).

暮坂峠断層では2ヶ所でトレンチ調査が実施され, 900 ~ 1,410 yr BP間に上下変位15cm程度の小規 模なずれが検出されたが,これは起震断層としての活 動ではなく,他の活断層の活動に伴う副次的な活動の 可能性もあると考えられた(兵庫県,2001).加藤ほ か(2007)は,暮坂峠断層が,約1.95 ~ 2万年前に 降下した(Katoh et al., 2007; Smith et al., 2013) 兰瓶浮布テフラ(SUK:松井・井上, 1971;林・三浦, 1987)の降下後から,約7,300年前に降下した(町田・ 新井,2003)鬼界アカホヤテフラ(K-Ah:町田・新井, 1978)降下までの間と,K-Ah降下後の少なくとも2 回活動し,その活動間隔は最長で1万年程度であると 推定した.一方,山崎断層帯南東部を構成する琵琶甲断 層・三木断層は,1,560~2,240 yr BP間と1,700~ 2,450 yr BP間に,草谷断層は1,000~1,700 yr BP 間に,それぞれ最新活動があったと推定されている(兵 庫県,2001).吉岡ほか(2008)は、兵庫県(2001) の調査地点のすぐ近傍でトレンチ調査を行い,琵琶甲断 層の最新活動時期をAD20~420年の間と推定し,そ れがさらに5世紀初頭に限定される可能性を示唆した.

青木地区周辺の段丘面分布と土万断層による 変位地形

兵庫県宍粟市山崎町青木地区は土万断層の東端部に位

134° 24' E 134° 33' E 35° 06' N 134° 33' E 35° 06' N 134° 33' E 35° 06' N

 35° 00' N

Active fault (clear) ------ Active fault (unclear) ------ Active fault (inferred) Oh: Ohara fault, Hj: Hijima fault, Kw: Kuwano fault (Fukui, 1981) Offset channel

図3 土万断層の断層線とトレンチ調査地域

基図には国土地理院発行2万5千分の1地形図「山崎」,「土万」を使用した.

Fig. 3. Surface trace of the Hijima fault and the trenching survey area. 1:25,000 topographic maps of "Yamasaki" and "Hijima" published by Geographical Survey of Japan are used. 置する(図3). 土万断層は,青木地区以西の山間部で は明瞭な左横ずれ変位を河谷や尾根に与えており,千種 川に沿って発達する河岸段丘面上にも低断層崖が認め られている(福井,1981). しかし,土万断層が菅野川 の谷底平野に達する段地区や青木地区では,これらの変 位地形は不明瞭となり,断層線の位置は確定していな い.本研究ではトレンチ地点の選定にあたり,空中写真 および中国自動車道建設前の1969年に作成された縮尺 1千分の1地形図を判読し,段地区から青木地区にかけ ての菅野川右岸の地形を詳細に検討した.

青木地区周辺に分布する河岸段丘面は、高位段丘面 群、中位段丘面群、低位段丘面群、最低位段丘面群の4 面群に区分される(図4).高位段丘面群は、段地区北 東の標高170~175mと西方の標高175m付近、およ び青木地区南西の160~165mに、断片的に分布する. 中位段丘面群は、段地区で発達が良く、そこでは標高 160~175mを、青木地区では標高150~165mを示す. 中位段丘面群は、菅野川に沿って発達する相対的に平坦 な堆積面と、南西から菅野川に流入する小支流に沿って 発達した扇状地性の堆積面から構成される.低位段丘面 群は、両地区の標高150~170mに、主に中位段丘面 群を開析する菅野川の支流に沿って連続性良く分布する. 最低位段丘面群は、菅野川やその支流に沿って,低位段 丘面群の前面に付随して分布する.最低位段丘面群は多 段化が著しく、個々の段丘面は相対的に面積が小さい.

青木地区の北西には, 南西の山地からのびる山脚や流 路に明瞭な左横ずれ変位が認められ(図3),そこを土 万断層が通過することは確実である. この南東の段地区 の中位・低位段丘面群上には地溝状の凹地があり、青木 地区西方の若西神社が位置する中位段丘面の南の鞍部へ と連続する(図4).段地区の地溝状凹地の北縁には, 南西落ち約1.5mの断層崖が確認されている(兵庫県, 1997). これらの地溝状凹地の北縁に沿って、中位段丘 面群や低位段丘面群の段丘崖や、これらの段丘面群を開 析する支流の流路に左横ずれ変位が認められる(図4). このような変位地形の連続性から、土万断層は段地区の 断層崖から青木地区の若西神社南の鞍部を通ると推定さ れている(図4のQ);兵庫県, 1997, 2001;岡田・東 郷, 2000). この推定断層線に沿う地点(図4の地点5) では、深さ10mを超える巨大なトレンチが掘削された が、沖積層や上部更新統を変位させる断層面は露出しな かった (兵庫県, 1997, 2001).

青木付近の地形調査を進めていた 2008 年には,地点 5 西方の段丘面群上で圃場整備が行われており,上記の 推定断層線が横切っている中位以下の段丘面群が掘削さ れて良好な連続露頭(図4の地点4)が出現した.この 長さ100 m以上にわたる露頭において断層面が出現し なかったことから,段地区の断層崖から南東にのびる土 万断層の断層線は,この連続露頭よりも北側を通過して いる可能性が高いと判断された.そこで,段地区の断層



図4 青木地区のトレンチ調査地点周辺の詳細地形図

基図には日本道路公団の中国縦貫自動車道に沿う1千分の1地形図を使用した. 等高線間隔は1m.

Fig. 4. Detailed topographic map around the trench sites at the Aoki district, Shiso City, Hyogo Prefecture, showing distribution of terrace surfaces. Topographic maps with an original scale of 1:1,000 by the Japan Highway Public Corporation are used. Contour interval: 1m. 崖と,青木地区において支流の流路や中位段丘面群の段 丘崖の左横ずれが認められる地点を結び,さらに地点4 の連続露頭の北側を通過するように,土万断層の断層線 位置(図4の®)を推定した.

青木地区におけるトレンチ調査

トレンチ調査は、地形判読により推定された土万断層 の断層線を横切る地点に候補地を絞り、初めに宍粟市山 崎町青木地区の若西神社西の水田地(図4の地点1;北 緯35°1′34″, 東経134°29′31″)で実施した.地点 1は、段地区に見られる南落ち約1.5mの断層崖とその 南の地溝状凹地の南東延長にあたり、土万断層の通過地 点と推定されてきた(兵庫県, 1997, 2001;岡田・東郷, 2000). 地点1では, 幅約1.5m, 長さ15m, 深さ2 ~ 2.5m にわたり水田地を掘削した.以下では、これを 青木第1トレンチと呼ぶ.青木第1トレンチでは、耕 作土の下位に順に軟弱な泥炭、腐植質粘土、砂礫の薄層 を挟む灰白色のシルト質粘土が堆積しており、最下部に は青灰色の角礫層が露出した.しかし、断層面や大地震 によるとみられる地層の変状は確認できなかった.本ト レンチでは角礫層より上位の地層は軟弱で含水量が多く、 掘削直後よりトレンチ壁面が著しく崩落し始めた. この ため角礫層より下位層準の掘削を断念し、トレンチを早 急に埋め立てて,現状復帰させた.

青木第1トレンチにおいて断層面を確認できなかっ たため、約100m 南東に離れた若西神社南南東の畑(図 4 の地点 2, 3;北緯 35°1′33″, 東経 134°29′34″) においてトレンチ調査を行った. トレンチ調査を行っ た畑は、約70年前には竹林であった。南側の地点2で は N45° W の走向で長さ約 5.5m, 幅約 2.0m, 深さ約 3.5mのトレンチを,地点3ではN30°Wの走向で長 さ約10m,幅2~2.5m,深さ約2.5mのトレンチを、 それぞれ掘削した.以下では、前者を青木第2トレンチ、 後者を青木第3トレンチと呼ぶ.いずれのトレンチで も土万断層の断層面は露出しなかったが、第2トレン チの中央付近には埋め立てられた水路跡が露出し,第3 トレンチではトレンチ北西部を中心に地割れなどの地層 の変状が露出した.このため、水路跡や地変を含むトレ ンチの両側壁面をスケッチし、地層区分を行うとともに 区分した各層の特徴を記載した.また水路の掘削年代や 地変の生じた年代を検討するため、地割れで変位した腐 植質土壌や、地割れに伴う窪みに堆積した腐植質土壌、 埋め立てられた水路底に堆積した腐植質粘土、砂礫層直 上に堆積する礫混じりの腐植質粘土などから、放射性炭 素(14C)年代測定用試料を採取した. さらに火山灰質 土壌や地割れ中の堆積物などから、テフラ分析用試料を 採取した.

14C 年代測定とテフラ分析

¹⁴C 年代測定は,株式会社加速器分析研究所および株 式会社パレオ・ラボに依頼し,加速器質量分析(AMS) 法により計7試料について実施した.測定試料はいずれ も現生の根を多く含む腐植質の土壌や粘土であったため, 根・ひげ根等の植物片を取り除いて塩酸処理を行った後, 腐植酸を対象として測定した.得られたAMS-¹⁴C 年代 は,IntCal13(Reimer et al., 2013)のデータベース に基づき,OxCal4.2(Bronk Ramsey, 2009)のプロ グラムを使用して暦年較正した.

テフラ分析は計12試料を対象として、粒子組成、重 鉱物組成、火山ガラス形態などの記載岩石学的特徴を分 析し、火山ガラスの屈折率を測定した.粒子組成、重 鉱物組成、火山ガラス形態は、粒径1/8~1/16mmの 200粒子を対象として、加藤ほか(2001)に従って偏 光顕微鏡観察により検討した.火山ガラスの形態分類は 吉川(1976)に従い、扁平(H)型、中間(C)型、多 孔質(T)型、およびその他のガラス(Ot)に区分した. 屈折率の測定は、温度変化型屈折率測定装置(RIMS86: 株式会社京都フィッショントラック社製)を用い、50 片以上の火山ガラスを対象として、檀原(1993)およ び Danhara et al.(1992)に従って行った.

結 果

1. 青木第2・第3トレンチの層序

青木第2・第3トレンチでは、最上部の厚さ0.8~ 1mが暗灰色~暗灰褐色の耕作土層で、それ以深が自然 堆積層であった.両トレンチの壁面で確認された自然堆 積層の層相と層序は良く一致しており、下位からI~V 層に区分した(図5,6).青木第2トレンチでは、耕 作土層の直下にV層以下の自然堆積層を掘削した水路跡 とそれを埋める堆積物が確認されたので、水路跡の埋積 堆積物をVI層として区分した.以下では、各層の特徴を 下位から順に記載する.

I層:両トレンチで最下部に露出する,赤褐色〜褐色 を呈する淘汰不良の基質支持の亜角礫〜角礫層である. 観察される最大層厚は,青木第2トレンチで約1m,青 木第3トレンチで約50cmである.風化と固結がやや 進んでおり,最大礫径は20cm程度でクサリ礫を含み, 基質は砂質粘土である.斜交・トラフ型層理が明瞭で, 二酸化マンガンが濃集した薄い硬盤を伴う.I層は,礫 層の切りあい関係や色調,淘汰度,礫径,風化度の違い により,下位から順にIa層,Ib層,Ic層の3層 に細分される.明黄褐色を示す中部のIb層が,他層 よりも粗粒で淘汰が悪く,風化が進んでいない.

Ⅱ層:Ⅰ層を不整合に覆って堆積する黄灰色~灰色の 砂礫層で、クサリ礫を含まず、 I 層に比べて風化や固結 が進んでいない. Ⅱ層は、色調や層相の違いに基づき Ⅱ a 層とⅡ b 層に細分される. Ⅱ a 層は, Ⅰ 層上部を 侵食する深さ1m未満の小規模な谷地形を埋積し、斜 交層理や平行層理が発達する中礫~小礫が主体の礫支持 の亜円礫~亜角礫層である。基質が粗砂の部分と砂質粘 土の部分に分かれ、最大礫径は12cm 程度で、淘汰度 は下位の I 層よりやや良い. 斜交層理や平行層理が明瞭 な淘汰の良い小礫~粗砂のレンズを挟在する. Ⅱ b 層は、 Ⅱ a 層を不整合に覆って堆積する厚さ約1~1.2mの 淘汰不良の灰~黄灰褐色砂礫層である.最大礫径 25~ 30cmの亜円礫~角礫から構成され、トラフ型層理が発 達する.砂質シルト~粗砂を基質とするが、礫支持の砂 礫層が主体である. 礫の密集部分ではインブリケーショ ンの発達が良い.

Ⅲ層:厚さ40cm以下の暗褐色~暗灰色の粘土質腐 植土層で,中礫~大礫サイズの角礫~亜角礫を多数含む. 下半部が灰色~暗灰色の礫混じりシルト層となる地点が ある.青木第3トレンチでは,Ⅲ層は北に向かって層 厚を減じ,トレンチ東壁面の北端部では厚さ5cm未満 となって腐植質の砂~シルト層に漸移していく.

Ⅳ層:厚さ30~60cmで明褐色~褐色を呈する火山 灰混じり腐植土層である.小礫~中礫サイズの角礫が散 在し、下部ほど砂~シルト分が多い.上半部はガラス質 火山灰の含有量が増加し、オガクズ状を呈する部分も認 められる.

V層:厚さ40~50cmの砂混じり腐植土層で,上半 部は黒色,下半部は暗褐色を呈する.いずれも小礫~中 礫サイズの角礫が散在し,礫の含有量は下部ほど多い.

VI層:青木第2トレンチで確認された水路跡を埋める 堆積物で,層相の違いに基づきVIa層とVIb層に細分 される.VIa層は,水路底に堆積する厚さ5~20cm の灰色~黄灰色の礫混じり細砂である.斜交ラミナや平 行ラミナが認められ,暗灰色~暗褐色の腐植質粘土や 腐植質土壌をレンズ状に挟む.こうした層相から,VIa 層は水路開削時に水路底に堆積した水成層とみられる. その上位を覆う厚さ2m程度のVIb層は,暗褐色~黒 色を呈する礫や砂が乱雑に混じった腐植質土壌層である. VIb層は,V層以下を掘削して造られた水路跡を埋め る人工堆積物であり,耕作土層に不整合に覆われている. 水路跡は上部が側方に広がっており,水路側壁を崩しな がら埋め立てられたことを示唆している.

2. 青木第3トレンチにおける地層の変状

青木第3トレンチでは、トレンチ東側壁面の5~9m 区間や、トレンチ西側壁面の4~8.5m区間において、 Ⅱ層の砂礫層からV層の黒色腐植土層に至る範囲で、地割れを伴う地層の撹乱が認められた(図6).地割れは、 トレンチ両壁面だけでなく、掘削時にも水平方向に断続 して現われた.両壁面の6~8m区間では、Ⅱ層中の 地割れとその上位のⅢ層~V層の地割れへの落ち込み、 およびⅢ層~V層の乱れが明瞭である(図6).東側壁 面では、地割れに沿って礫の一部の配列が変化している. V層の上面も下面の落ち込みに対応して変形しているように見えるので、本区間の地変は、少なくともV層まで 達しているとみられる.両壁面の2m付近にも、Ⅲ層 中に上位のIV層が漏斗状に貫入する地層の変状が認めら れるが、前者ほど明瞭ではない(図6).一方、トレン チ範囲内ではI層中に断層面や地割れなどの地変は確認 できなかった.

3. ¹⁴C 年代測定

青木第2トレンチから採取した3試料と青木第3ト レンチから採取した4試料の,合計7試料について, 腐植酸を対象としたAMS-¹⁴C年代測定の結果を表1お よび図5,6に示した.得られた¹⁴C年代値は,各トレ ンチで記載された層序と整合的であり,年代値の逆転は 認められない.両トレンチにおいて同層準とみられるⅢ 層から採取した2試料(C2,C7)は,誤差範囲(2σ) で一致する¹⁴C年代値を示した(表1).これらの点から, 腐植酸を対象とした7つの¹⁴C年代値は,各層準の堆 積年代を考察する資料として有効であるといえる.

得られた¹⁴C 年代値に基づくと, Ⅲ層の堆積年代は 9,250 ~ 9,500 cal BP, 耕作土層で埋められたV層(試 料 C4 ~ C6)の堆積年代は 2,770 ~ 1,640 cal BPで ある.第2トレンチでは,水路底に堆積した腐植質の VI a 層(試料 C1, C3)から,V層と類似する 2,350 ~ 1,550 cal BPの¹⁴C 年代値が得られた(表 1).VI a 層は水成堆積物であることから,これらの¹⁴C 年代値は 水路の開削直後に当時の地表付近にあったV層が崩落, 混入した可能性を示している.

4. テフラ分析

テフラ分析を行った 12 試料の層準は,以下の通りで ある(図5~7).すなわち,Ⅲ層から2 試料(試料2: 第2トレンチ,試料12:第3トレンチ),Ⅳ層下半部 以下に延びる地割れを埋積する堆積物やⅢ層とⅣ層が攪 乱された堆積物から7 試料(試料4~8,10,11:第 3トレンチ),Ⅳ層から3 試料(試料1:第2トレンチ, 試料3,9:第3トレンチ)を採取した.

各試料ともに,重鉱物組成や火山ガラスの形態組成に は大きな差異はなかった(表 2,図 7).重鉱物組成は,



図5 青木第2トレンチ壁面の写真およびスケッチ図

地層区分と14C年代測定およびテフラ分析用の試料の採取位置を示した.

Fig. 5. Photographs and sketches of the Aoki 2nd trench walls, showing stratigraphic division and sampling points for AMS-14C dating and tephra analysis.



図6 青木第3トレンチの写真およびスケッチ図

地層区分と¹⁴C 年代測定およびテフラ分析用の試料の採取位置を示した. 凡例は図 5 を参照.

Fig. 6. Photographs and sketches of the Aoki 3rd trench walls, showing stratigraphic division and sampling points for AMS-¹⁴C dating and tephra analysis.

See Fig. 5 for geologic legends.

表1 兵庫県宍粟市青木地区の2つのトレンチ地点から採取した埋没腐植土層の加速器質量分析法による放射性炭素年代 **Table 1.** AMS-¹⁴C dates of the buried humic soil samples from two trench sites at Aoki, Shiso City, Hyogo Prefecture.

Sample No.	Trench site and wall side	Sampling horizon	Laboratory ID	Material	Pretreatment	δ^{13} C (‰) by AMS	Conventional ¹⁴ C age Libby Age (yr BP)	Calibrated age (20) (cal BP)
C1	2 West wall	Vla	PLD-12490	Humic soil	HCI (1.2N)	-25.20 ± 0.13	1700 ± 20	1551-1629 (79.7%) 1654-1693 (22.2%)
C2	2 West wall	III	PLD-12491	Humic soil	HCI (1.2N)	-25.40 ± 0.12	8380 ± 30	9306-9365 (22.6%) 9372-9480 (72.8%)
C3	2 East wall	Vla	PLD-14349	Humic soil	HCI (1.2N)	-22.17 ± 0.13	2265 ± 20	2181-2242 (38.8%) 2303-2346 (56.6%)
C4	3 West wall	V	IAAA-8292	Humic soil	HCI	-21.01 ± 0.67	2580 ± 30	2540-2566 (3.9%) 2572-2587 (1.4%) 2618-2634 (3.1%) 2700-2764 (87.0%)
C5	3 West wall	V	IAAA-8293	Humic soil	HCI	-20.09 ± 0.82	1830 ± 30	1639-1643 (0.5%) 1698-1838 (91.5%) 1841-1864 (3.5%)
C6	3 East wall	V	IAAA-8294	Humic soil	HCI	-25.82 ± 0.65	2160 ± 30	2058-2209 (55.3%) 2229-2308 (40.1%)
C7	3 East wall		IAAA-8295	Humic soil	HCI	-29.51 ± 0.65	8360 ± 50	9256-9493 (95.4%)

主として緑色普通角閃石,不透明鉱物,斜方輝石から構 成され,単斜輝石,褐色普通角閃石,カミングトン閃石, 黒雲母,ジルコンが微量含まれる(図7).扁平型の火 山ガラスが 50 ~ 80%を占め, 10 ~ 30%の中間型ガラ スを伴う.多孔質型やその他のガラスは20%未満であ る.一方,粒子組成に占める火山ガラスの割合,淡褐色 ガラスの割合、および火山ガラスの屈折率分布には、層 準ごとに特徴が認められた(表 2,図 7). Ⅲ層(暗灰 色~灰色を示す粘土質の腐植質土壌層)は、1~2%の わずかな火山ガラスしか含まず、淡褐色ガラスの割合も 0.5~2%と小さい. 屈折率 n=1.493-1.503 (モードは 1.499) を示す火山ガラスが大半であり、厚手の扁平型 ガラスを主としている. 上位のⅣ層との境界付近から採 取した試料 12 は、屈折率 n=1.509-1.511 と n=1.502 -1.505 を示す扁平型を主とする火山ガラスをわずかに 混じえる (図7). Ⅳ層(褐色の火山灰混じり腐植土層) では、火山ガラスの割合が30.5~36%と大きく、火 山ガラス中に占める淡褐色ガラスの割合も 3.5 ~ 9% と 大きい(表 2). 扁平型を主とする薄手の火山ガラスが 70%前後を占め、それらの屈折率は n=1.506-1.514の 範囲であり、n=1.510-1.511 にモードを持つ. 屈折率 n=1.498-1.500 を示す厚手の扁平型・中間型の火山ガ ラスや、屈折率 n=1.500-1.505 を示す多孔質型とその 他のガラスも、少量含んでいる. Ⅳ層下半部からⅡ層に かけて発達する地割れの埋積物やⅢ層とⅣ層の撹乱層準 から採取した7試料は、Ⅲ層とⅣ層が混合したとみな される特徴を示した. すなわち,火山ガラスの割合は5 ~15%の範囲であり、屈折率 n=1.505-1.514 (モード は1.509-1.511)の薄手の扁平型ガラスを主とするガ ラス集団と、屈折率 n=1.498-1.502 (モードは 1.4991.500)の厚手の扁平型ガラスを主とするガラス集団に 加えて、試料により屈折率 n=1.502-1.505の火山ガラ スをわずかに含む(表 2,図 7).

以上のテフラ分析で検出された火山ガラスは、¹⁴C 年 代値に加えてガラスの形態的な特徴と屈折率分布を考 慮すると,淡褐色ガラスを数%含む屈折率 n=1.505– 1.514 の火山ガラス集団は K-Ah に,透明厚手の扁平型・ 中間型を主として屈折率 n=1.497–1.502 を示す火山ガ ラス集団は姶良 Tn テフラ (AT:町田・新井, 1976) に, それぞれ由来するとみられる.前者の火山ガラスはIV層 から産出し始めIV層上部で多産することから,IV層堆積 時に K-Ah の降灰があったと推定される.

考 察

地元の青木地区には、以下のような伝承がある.1) 青木地区西方の「段」という字名は、昔の大地震で地 面に段差が生じたことに由来し、地点1とその周辺の 沖積低地は、その大地震で生じた地変により池となって いた.2)池の水は東方に設けられた水路から水田灌漑 用に排水されていたが、江戸時代初めに若西神社が青木 地区に移転された際、池は開削されて埋め立てられ、神 田とされた.このため、その地は「池の内」と呼ばれる ようになった.3)さらに池の排水路も埋められ、神事 (流鏑馬)を行う馬道が整備されたという.現在の若西 神社から南西に向かう舗装道路は、この馬道が第二次大 戦後に改修されたものであり、青木第2トレンチは舗 装道路のすぐ南東地点で掘削されている(図4).

青木第2トレンチでは、トレンチを横切って西北西 - 東南東に延びる水路跡が掘り出された(図5).開削

Sample	Trench site and	Grain composition (%)					Heavy mineral composition (%)							
No.	wall side	Gl	Lm	Hm	Rf	Ot	Opx	Срх	Gho	Bho	Cum	Opq	Bt	Zr
1	2 West	36	8	5.5	49.5	1	17	4	52	0	3	24	0	0
2	2 West	1	24	4	70	1	8	0	69	1	1.5	19	0	1.5
3	3 West	31	12.5	4	51	1.5	11.5	0	54.5	1.5	3	28.5	1	0
4	3 West	14	12.5	5.5	65	3	9	1	53.5	1.5	3	31.5	0.5	0
5	3 West	12	14	5.5	62	6.5	11	0	57	0.5	2.5	28	1	0
6	3 West	6	11.5	2.5	69	11	9.5	0.5	65	2.5	4	17	1	0.5
7	3 West	11	13.5	5	66	4.5	10	0	65	0	4.5	20	0	0.5
8	3 West	13	10	3.5	67	6.5	7.5	0.5	67.5	1.5	6	17	0	0
9	3 East	30.5	9	3	51	6.5	12	1	49	1	1	35	0	1
10	3 East	6.5	9	4	73	7.5	11	1	55	0.5	2.5	30	0	0
11	3 East	6	12.5	3.5	70	8	4.5	0	71.5	1	5	17	1	0
12	3 East	1.5	11	6	73.5	8	9	0	65	1	3	19	2.5	0.5

表2 兵庫県宍粟市青木地区の2つのトレンチ地点から採取した堆積物試料の記載岩石学的特徴 Table 2. Petrographic characteristics of the sediment samples from two trench sites at Aoki, Shiso City, Hyogo Prefecture.

Sample	Trench site and wall side	Glass sl	hard mor	rpholog	y (%)	Palebrown	Refractive index of glass shards (n) (mode)	
No.		Н	С	Т	Ot	glass (%)		
1	2 West	70	19.5	5	5.5	3.5	1.509-1.514 (1.511), 1.499, 1.503	
2	2 West	57.5	25	9.5	8	0.5	1.496-1.503 (1.499)	
3	3 West	71.5	16	4.5	8	4	1.507-1.512 (1.509-1.511), 1.498-1.500 (1.499)	
4	3 West	70	10	7.5	12.5	4	1.506-1.512 (1.511), 1.498-1.500 (1.499), 1.503-1.504	
5	3 West	72	13.5	6.5	8	3	1.508-1.514 (1.509-1.511), 1.499-1.501 (1.499-1.500), 1.505	
6	3 West	69	18.5	3	9.5	3.5	1.498-1.500 (1.499), 1.507-1.511 (1.510), 1.502-1.505	
7	3 West	67.5	17.5	4	11	4	1.506-1.513 (1.510-1.511), 1.498-1.500, 1.502	
8	3 West	59.5	26.5	6.5	7.5	6	1.498-1.500 (1.499), 1.508-1.512 (1.510-1.511), 1.504-1.505	
9	3 East	70	17.5	2.5	10	9	1.506-1.512 (1.510-1.511), 1.498-1.500 (1.499)	
10	3 East	76	11	3.5	9.5	3.5	1.508-1.513 (1.509-1.511), 1.498-1.500 (1.499), 1.503-1.504	
11	3 East	69	11	5	15	6	1.498-1.502 (1.499), 1.508-1.512 (1.510)	
12	3 East	67	17	2	14	2	1.497-1.500 (1.499), 1.509-1.511, 1.502-1.505	

1) Grain composition; GI: glass shards, Lm: light minerals, Hm: heavy minerals, Rf: rock fragments, Ot: other grains.

2) Heavy mineral composition; Opx: orthopyroxene, Cpx: clinopyroxene, Gho: green hornblende, Bho: brown hornblende, Cum: cummingtonite, Opq: opaque mineral, Bt: biotite, Zr: zircon.

3) Glass shard morpholgy follows Yoshikawa (1976). H: H-type glass shard, C: C-type glass shard, T: T-type glass shard, Ot: other type glass shards.

4) Refractive indexes are measured using RIMS86 system following Danhara (1993) and Danhara et al. (1992).

後の水路底に堆積したとみられる VI a 層中の腐植質層 は 2,350 ~ 1,550 cal BP の¹⁴C 年代値を示した. これ らの腐植質層は掘削当時の表層土壌であった V層に由来 するとみられることから,水路は 2,350 ~ 1,550 cal BP 以降に掘削,使用されたと推定され,上記の大地震 後に生じた池の排水路であると考えられる.したがっ て,この大地震は,約1,600 年前以降に発生したもの であり,歴史地震の記録(付表1)(寺脇,1997;宇佐美, 1996;宇佐美ほか,2013)と照らし合わせると,868 年播磨地震であった可能性が大きい.このように伝承の 信憑性が高いと考えられることから,868 年播磨地震 に際しては土万断層も活動し,段地区で地震断層が出現 したものと推察される.

青木第2・第3トレンチにおける地層観察から,青木 地区の低位段丘面構成層は,下位のI層を不整合に覆っ て堆積し、平坦面を造るⅡ層の砂礫層であることがわか る. Ⅱ層を覆う粘土質の腐植土層(Ⅲ層)の¹⁴C年代値 や、その上位のⅣ層上部にK-Ahの降灰層準が確認で きることから、低位段丘面の離水年代はK-Ah降下以 前の7,300~9,500年前であると推定される.

青木第3トレンチでは、II層からV層下部にかけて の地層に、地割れや撹乱などの変状が生じている.こ の変状はII層以浅に発達しており、I層中には認められ ない.地割れは水平方向にも断続的に続いており、地割 れに沿う礫の配列の乱れや、上位のIII層・IV層が入り混 じって地割れに落ち込む状況が確認された.これらの点 から、大地震時に断層近傍において生じた強震動により、 地割れと地層の撹乱が生じた可能性が高いと考えられる. とくに明瞭な地割れはII層とIII層に発達しており(図 6)、テフラ分析の結果からは、地割れを埋める堆積物



図7 青木第2・第3トレンチの堆積物試料のテフラ分析結果

粒径 1/8 ~ 1/16mm の粒子の粒子組成,同粒径範囲の重鉱物組成,同粒径範囲の火山ガラスの形態組成と屈折率分布を示す.粒 子組成:Gl,火山ガラス,Lm,軽鉱物,Hm,重鉱物,Rf,岩片,Ot,その他の粒子.重鉱物組成:Opx,斜方輝石,Cpx,単 斜輝石,Gho,緑色普通角閃石,Bho,褐色普通角閃石,Cum,カミングトン閃石,Bt,黒雲母,Zr,ジルコン.火山ガラスの形 態(吉川,1976):H,扁平型,C,中間型,T,多孔質型,Ot,その他のガラス.

Fig. 7. Results of tephra analysis for the sediment samples from the Aoki 2nd and 3rd trenches. For grains, heavy mineral crystals and volcanic glass shards, 200 particles of 1/8 to 1/16 mm in a long diameter were analyzed concerning grain composition, heavy mineral composition, and the morphological types and refractive indexes of glass shards. Grain composition: Gl, volcanic glass shards, Lm, light minerals, Hm, heavy minerals, Rf, rock fragments, Ot, other grains. Heavy mineral composition: Opx, orthopyroxene, Cpx, clinopyroxene, Gho, green hornblende, Bho, brown hornblende, Cum, cummingtonite, Bt, biotite, Zr, zircon. Glass shard morphology according to Yoshikawa (1976): H, H-type shard, C: C-type shard, T, T-type shard, Ot, other type shards. や撹乱を受けた堆積物では、Ⅲ層とⅣ層が混ざり合って いることが示されている.さらに地層の撹乱部では、ブ ロック状に寸断されたⅢ層がⅣ層下部に取り込まれたと みられる場所もある(図6).しかし、さらに上位のV 層までが混ざり合う部分は認めがたい.したがって、主 にⅡ層最上部からⅣ層下部にかけての地層が、大地震時 に変形したと考えられる.

次に、青木第3トレンチで地層の変状を生じさせた 大地震の発生時期は、Ⅱ層の堆積年代や、地割れを埋め る堆積物に K-Ah 由来の火山ガラスが含まれることか ら, K-Ah が降灰した約7,300 年前以降であることは 確実である. 地割れの発達する区間では、 V層がⅢ層上 面の窪みを埋めるように堆積するとともに、 両層の境界 が複雑に変形している. これは、とくにトレンチ西側 壁面の 6~8m 区間で明瞭である(図 6). このことか ら, 地層の変状はV層下半部が堆積して以降に生じたと 推定される.青木第3トレンチでは、V層下半部から 2,770~1,640 cal BPの¹⁴C年代値が得られた(表1, 図 6). 年代測定試料が腐植土層中の腐植酸であるため, 厳密な年代の議論はむずかしいが、同じV層であっても 下位層準の試料ほど¹⁴C年代値は古くなっている.した がって、より上位の試料の¹⁴C年代値が地変発生の下限 年代を示すと解釈され、大地震は約1,600年前以降に 発生したと考えられる. すなわち, 青木第2トレンチ における考察と同様に考えると、青木第3トレンチに おける地層の変状も868年播磨地震に伴うものである 可能性があるといえる.

謝 辞

本研究には文部科学省科学研究費補助金:基盤研究 B (課題番号:18300315,研究代表者:岡田篤正,課題名: 要注意の長大活断層を対象とした活動域区分・活動履歴 の高精度化)の一部を使用した.宍粟市青木地区自治会 長の福岡敬二氏には、トレンチ調査に際していろいろと 便宜を図って頂くとともに、地域の伝承についてご教示 頂いた.地権者である若西神社の三浦ますみ氏には、ト レンチ調査の許可をいただいた.トレンチ調査地周辺の 住民のみなさんには、調査時に温かい励ましと地域の伝 承のご教示を頂いた.これらの方々に対して、ここに記 して深く感謝します.

要 旨

本研究では、山崎断層帯を構成する土万断層のトレン チ調査を行い、その最新活動を検討した.兵庫県宍粟市 青木地区の3地点で行ったトレンチ調査では土万断層 の断層面は露出しなかったが、埋積された水路が1地 点で,地割れや撹乱された地層が他の1地点で検出さ れた.¹⁴C年代測定から,水路は約1,600年前以降に掘 削され,その後埋め立てられたことが判明した.青木地 区では,過去の大地震による地震断層の出現や池の生成, その後の排水路の掘削に加えて,江戸時代初期の神社移 転に際して排水路が埋め立てられ,馬道が造られたとい う伝承が残されている.露出した水路は伝承にある排水 路と一致する可能性が高く,播磨地方に大被害を与え た 868年播磨地震が伝承の大地震であると考えられる. さらに地割れや地層の撹乱も約1,600年前以降に発生 した大地震,すなわち 868年播磨地震による可能性が あることが明らかになった.

引用文献

- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, **51**, 337-360.
- 千田 昇・岡田篤正・中田 高・金田平太郎(2002)2万5千 分の1都市圏活断層図「山崎」. 国土地理院技術資料 D.1-No.396,国土地理院,つくば市.
- 檀原 徹(1993)温度変化型屈折率測定法. 日本第四紀学会(編), 第四紀試料分析法 2. 研究対象別分析法. 東京大学出版会, 東京, pp. 149–157.
- Danhara, T., Yamashita, T., Iwano, H. and Kasuya, M. (1992) An improved system for measuring refractive index using the thermal immersion method. *Quaternary International*, 13/14, 89–91.
- 福井謙三(1981)山崎断層系の変位地形.地理学評論, 54, 196 -213.
- 林 正久・三浦 清(1987)三瓶火山のテフラの層序とその分布. 山陰地域研究(自然環境), 3, 43-66.
- Huzita, K. (1962) Tectonic development of the median zone (Setouchi) of Southwest Japan since Miocene. Journal of Geosciences, Osaka City University, 6, 103– 144.
- 兵庫県(1997)山崎断層帯に関する調査.平成7年度,平成8 年度地震調査研究交付金成果報告会予稿集,科学技術庁,東京, 118-121.
- 兵庫県(2001)山崎断層帯に関する調査成果の概要. 兵庫県,神 戸市, 25 p.
- 地震調査研究推進本部(2003)山崎断層帯の長期評価について. [http://jishin.go.jp/main/chousa/03dec_yamazaki/index. htm](2016年7月25日閲覧)
- Katoh, S., Handa, K., Hyodo, M., Sato, H., Nakamura, T., Yamashita, T. and Danhara, T. (2007) Estimation of eruptive ages of the late Pleistocene tephra layers derived from Daisen and Sambe Volcanoes based on AMS-¹⁴C dating of the moor sediments at Ohnuma Moor in the Chugoku Mountains, Western Japan. *Nature and Human Activities*, **11**, 29–50.
- 加藤茂弘・大森繁雄・松田高明・山下 透・檀原 徹・先山 徹・ 半田久美子・佐藤裕司・古谷 裕・小林文夫(2001)兵庫県 北西部・鉢伏山周辺地域の第四紀後期テフラ層序—大山火山

起源のテフラを中心として―.人と自然, 12, 1-12.

- 加藤茂弘・山口 覚・井口博夫・岡田篤正・先山 徹(2007)山 崎断層系,暮坂峠断層の第四紀後期の活動履歴.人と自然, 18,1-12.
- 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,東京,448 p.+4 付図.
- 町田 洋・新井房夫(1978)南九州鬼界カルデラから噴出した広 域テフラ—アカホヤ火山灰.第四紀研究, 17, 143–163.
- 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,東京,336 p.
- 松井整司・井上多津男(1971)三瓶火山の噴出物と層序.地球科 学, 25, 147–163.
- 中田 高・今泉俊文(編)(2002)活断層詳細デジタルマップ. 東京大学出版会,東京,DVD-ROM 2枚,付図1葉+60 p.
- 岡田篤正・安藤雅孝・佃 為成 (1979) トレンチ調査による活断 層の調査. 月刊地球, 1, 608-615.
- 岡田篤正・安藤雅孝・佃 為成(1987)山崎断層系安富断層のトレンチ調査.地学雑誌, 96, 81-97.
- 岡田篤正・千田 昇・中田 高・石山達也 (2002) 2万5千分の 1都市圏活断層図「佐用」. 国土地理院技術資料 D.1-No.396, 国土地理院,つくば市.
- 岡田篤正・東郷正美(編)(2000)近畿の活断層.東京大学出版会, 東京, 395 p. + 4 付図.
- 岡山県(1997)山崎断層系大原断層に関する調査.平成7年度, 平成8年度地震調査研究交付金成果報告会予稿集,科学技術 庁,東京,112-117.
- 太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正(2004)日本の地形 6 近畿・中国・四国.東京大学出版会,東京,383 p.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H.,

Edwards, R. L., Friendrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T. J., Hoffmann, D. L., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. S. M. and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years cal BP. *Radiocarbon*, **55**, 1869–1887.

- Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley Simon, P.E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D.F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members (2013) Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronizing of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews*, 67, 121– 137.
- 寺脇弘光(1997)山崎断層 その地震と災害.神戸新聞総合出版 センター,神戸,190 p.
- 遠田晋次・宮腰勝義・井上大栄・楠 建一郎・鈴木浩一(1995) 山崎断層系大原断層のトレンチ調査. 地震 II, 48, 57-70.
- 宇佐美龍夫(1996)新編日本被害地震総覧(増補改訂版).東京 大学出版会,東京,493 p.
- 宇佐美龍夫・石井 寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子(2013) 日本被害地震総覧 599-2012.東京大学出版会,東京,720 p.
- 吉岡敏和・徳田博明・細谷卓志(2008)山崎断層帯, 琵琶甲断層 および三木断層の古地震調査. 活断層・古地震研究報告, 8, 281-293.
- 吉川周作(1976)大阪層群の火山灰層について. 地質学雑誌, 82, 497-515.

付表1 山崎断層帯の周辺地域における歴史地震(寺脇, 1997;字佐美, 1996;字佐美ほか, 2013より抜粋, 編集) Appendix Table 1. Historical earthquakes around the Yamasaki fault zone compiled from Terawaki (1997), Usami (1996), and Usami et al. (2013).

	1		1			
発生年	地震名	地震規模	震 央	震源		
西暦 (和暦)		(M)		(γ: 経度,φ: 緯度,h: 深さ)		
868 (貞観 10)	播磨地震	M ≧ 7.0	播磨・山城(山崎	$\gamma = 134.8^{\circ}$ E, $\phi = 34.8^{\circ}$ N		
			断層帯の活動)	(推定誤差≦100km)		
1412(応永 19)	米田地震	M ≒6.5	印南郡米田(現高	_		
			砂市米田町米田)			
1818 (文化 15)	安志谷地震	M ≒6.0	安志谷~山崎町			
1864(元治1)な	杉原谷地震	M ≒6 1/4	播磨・丹波	$\gamma = 134.8^{\circ}$ E, $\phi = 35.0^{\circ}$ N		
いし 1865 (慶応 1)						
1961 (昭和 36)	_	M = 5.9	兵庫県西部(佐用	$\gamma = 134^{\circ} 24'$ E, $\phi = 35^{\circ} 06'$ N,		
			町付近)	h=40km		
1984(昭和 59)	山崎地震	M = 5.6	兵庫県南西部(山	$\gamma = 134^{\circ} 35.6'$ E, $\phi = 35^{\circ} 57.6'$ N,		
			崎町付近)	h=17km		

注 米田地震と安志谷地震は寺脇(1997)に、その他は宇佐美(1996)および宇佐美ほか(2013)に基づいた.