

山崎断層帯、暮坂峠断層のトレンチ発掘調査

Trenching Surveys of the Kuresakatouge Fault of the Yamasaki Fault Zone, Western Japan

岡田 篤正・加藤 茂弘

Atsumasa OKADA, Shigehiro KATOH

1. はじめに

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 87km 以上、確実度 I、活動度 B 級の活断層群である(活断層研究会編、1991)。北西－南東走向で左ずれの、大原・土万・安富・暮坂峠・琵琶甲・三木の活断層と、北東－南西走向で右ずれが卓越した草谷断層の 7 つの活断層からなり、これらは対をなす共役断層を構成して山崎断層系が形成されている(図 1; 岡田・東郷編、2000; 岡田ほか、2002; 千田 ほか、2002)。

暮坂峠断層は、大原・土万断層と同走向にのびる長さ 18km の活断層であり(活断層研究会編、1991; 岡田・東郷編、2000; 千田ほか、2002)、直線状に連なる鞍部列や三角末端面、河川の屈曲などの地形は明瞭である。しかし、小河川の左横ずれや段丘面の変位など新期の断層変位地形は不明瞭である。このため中田・今泉編(2002)は暮坂峠断層を推定活断層としており、その詳細位置も文献により相違が認められる。

山崎断層系では、1980 年代以降に多数のトレンチ調査が実施され(岡田ほか、1987; 遠田ほか、1995 など)、大原断層と安富断層の最新活動が 868 年播磨地震であり、両活断層を結ぶ土万断層も同時期に活動した可能性が高いと推定されている。琵琶甲断層、三木断層、草谷断層の最新活動期は、それぞれ 1,560～2,240yBP の間、1,700～2,450yBP の間、1,000～1,700yBP の間であると推定された(兵庫県、2001)。暮坂峠断層では 2 地点(宍粟市山崎町川戸・姫路市夢前町護持)でトレンチ調査が実施され、900～1,410yBP の間に上下変位量 15cm 以下の小規模なずれを生じた活動が検出された。しかし、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証拠であろうと判断された(図 1; 兵庫県、2001)。

このように暮坂峠断層は、断層線に沿う変位地形の表現が不明瞭であるため、詳細位置が明瞭でなく、最新活動期や活動間隔も解明されていない。本研究では、空中写真の再判読と地形・地質の現地踏査とともに電気探査法を用いて、暮坂峠断層の詳細位置を決定した(図 2)。また、既知の断層露頭(岡田・東郷編、2000)の精査と、姫路市夢前町奥護持地区と夢前町護持地区の 3 地点においてトレンチ調査を実施して、暮坂峠断層の後期更新世以降の活動履歴を検討した。

2. 奥護持地区におけるトレンチ調査

姫路市夢前町奥護持地区では、護持川右岸で電気探査を実施したが、その結果から推定された断層位置を横切るように掘削した深さ約 5m のトレンチにおいて、基盤岩上面に 15～20cm の上下変位量(南上がり)を与える断層面が露出した(加藤ほか、2007; 図 2)。本断層は、始良 Tn

火山灰(AT:約 24,500yBP)、大山下のホーキないし上のホーキ火山灰(Sh/Uh:約 24,000yBP)、三瓶浮布軽石(SUk:約 16,000yBP)起源の火山ガラスをマトリクスに含む砂礫層最下部に変位を与えている。しかし、鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah:約 6,300yBP)起源の火山ガラスをマトリクスに含む砂礫層には変位を与えていない。したがって、本地点では、約 16,000~6,300yBP の間に断層変位が生じたと推定した(加藤ほか、2007)。

3. 護持地区の断層露頭の精査

護持地区のため池横の断層露頭(岡田・東郷編、2000;図 3)において、断層面を境に接する砂礫層最上部から暗褐色表土直下の黄褐色ロームに含まれる火山ガラス分析を行った(図7左)。ここでは表土直下まで断層変位が及んでいる。全ての分析層準から AT、Sh/Uh、SUk、K-Ah 起源の火山ガラスが検出されたことから、本地点では K-Ah 降下以降に最新活動があったと推定された(加藤ほか、2007)。

また、この断層露頭の東南東方において、2 地点で深さ 3m 程度のトレンチを掘削した。ため池付近から東方で断層面は 10~15°走向を北に転じ、断層線は兵庫県(1996、2001)によるトレンチ地点の 10~20m 北を通過することが判明した。

第 1 トレンチでは、東西壁面に明瞭な断層が現れた(図 4、図 5)。南側の基盤岩が北側の砂礫層と高角度で明瞭な断層面で接していること、溜め池露頭と同じような断層構造をもつことから、暮坂峠断層の主断層とみなされる。

第 2 トレンチは第 1 トレンチの南東側約 50m の水田で行われたが、この北西側(南東向き)の壁面でも明瞭な断層が現れた(図 6、図 9)。東向き(西側)壁面において、楔状構造を伴い、AT や Sh/Uh 起源の火山ガラスをマトリクスに含む暗褐色砂礫層を 50~60cm 変位(南西上がり)させる断層面が露出した。この砂礫層の直下に堆積する有機質砂礫混じりの粘土層は AT 起源の火山ガラスを含まず、22,590±120 yBP の AMS-14C 年代を示す。暗褐色砂礫層は基盤岩中から分岐する少なくとも 4 つの断層面により切られ、最新活動を示唆するとみられる断層面は、耕作土の直下までのびている。楔状の落ち込みは 2 重構造を示し、AT~K-Ah 起源の火山ガラスを含む部分、AT~SUk 起源の火山ガラスを含む部分、AT~Sh/Uh の火山ガラスを含む部分とが確認された。

さらに、はざとり標本を作成して断層変位を確認し、約 24,000~16,000yBP の間、約 16,000~6,300yBP の間、約 6,300yBP 以降に 3 回の明瞭な断層活動があったと推定した。ただし約 24,000~16,000yBP の間にもう 1 回、小規模な断層活動があった可能性がある。

以上から、暮坂峠断層では AT が降灰した約 2.6~2.9 万年前以降に 3 回ないし 4 回の活動があり、その活動間隔は 7,000 年~10,000 年程度と考えられる。最新活動は K-Ah が降下した約 7300 年前以降である。兵庫県(2001)が報告した断層変位が暮坂峠断層の最新活動を示すと考えると、最新活動期は 900~1,410yBP であり、暮坂峠断層も 868 年播磨地震で活動した可能性が高い。この場合には本断層が近い将来に再活動する可能性は低いとみられるが、K-Ah が降下して比較的近い時期に活動した場合には本断層が近い将来に再活動する可能性は高いとみなされることから、今後は最新活動期をより明確にしていく必要がある。

4. 山崎断層系のセグメント区分試案

暮坂峠断層は、868年播磨地震時に大原・土万・安富断層とともに活動した可能性がある。しかし、活動間隔が7,000～10,000年で、大原断層や安富断層の活動間隔(2,000年程度)と大きく相違することから、異なる活動セグメントであると言える(図10)。大原断層と土万断層は、左横ずれに伴う圧縮部を介しつつ右ステップして連続し、1つの活動セグメントとみられる。安富断層は、断層線に沿った隆起・沈降の分布や末端での分岐パターンからみて、大原・土万断層と異なる活動セグメントを形成していると推定される。しかし、868年播磨地震で活動したことや活動間隔の類似性から、第四紀後期以降に同一の活動セグメントを形成するようになった可能性も考えられる。

山崎断層系南東部を構成する琵琶甲・三木断層と草谷断層は、活動間隔(3,000年および5,000年)が山崎断層系北西部の活断層群とは異なる。琵琶甲断層と三木断層は加古川低地を挟んで連続するが、安富断層と琵琶甲断層の間を流れる市川の平野域では、両断層は連続しない(兵庫県、2001)。琵琶甲・三木断層は、活動間隔が3,000年程度、最新活動時期が1,560～2,450 yBP間と求められ、活動性が類似しており、ともに868年播磨地震では活動していない(兵庫県、2001)。琵琶甲断層は左横ずれに伴う引張部を介してステップする2列の断層から構成され、その南東部は三木断層と連続していることが確認されている。

一方、草谷断層は最新活動時期(1,000～1,700 yBP間)や活動間隔(約5,000年)が琵琶甲・三木断層とは異なる。したがって、琵琶甲・三木断層、草谷断層が、それぞれ1つの活動セグメントを構成していると考えられる(図10)。

以上の点から、山崎断層系は、1)大原・土万断層、2)安富断層、3)暮坂峠断層、4)琵琶甲・三木断層、5)草谷断層の、5つの活動セグメントから構成される。868年播磨地震は、このうち大原・土万断層、安富断層(および暮坂峠断層)の2、ないし3つの活動セグメントが連動したカスケード地震であったと考えられる。また、最新地震後の経過率が類似することから、近未来の大地震については大原・土万・安富・琵琶甲・三木断層の3つのセグメントが連動破壊するようなケースも十分ありえると思われる。

5. まとめ

以上述べたように、暮坂峠断層の詳しい活動履歴が初めて解明された。この断層では約20,000～30,000年前以降に3回の活動があったとみられ、その平均的な活動間隔は7,000～10,000年程度と考えられる。最新活動はK-Ahが降下した約7,300年前以降に生じたと推定される。兵庫県(2001)が報告した断層変位が暮坂峠断層の最新活動を示唆すると考えると、最新活動期は900～1,410 yBPであり、暮坂峠断層も868年播磨地震で活動した可能性が高い。その場合には、本断層が近い将来に再活動する可能性は低い。しかし、K-Ahが降下して比較的近い時期に活動した場合には、本断層が近い将来に再活動する可能性が高いと判断されることから、今後は最新活動期をより詳細に検討する必要がある。

第四紀後期における山崎断層帯の活動は主に大原・土万断層セグメントから、安富断層セグメントに至る断層区間において行われており、暮坂峠断層セグメントはこれらの活動に時折参加するようである。

山崎断層系の最新活動サイクルにおける活動では、大原・土万断層セグメント、安富断層セグメント、暮坂峠断層セグメントはほぼ同時に連動したようである。

また、草谷断層の最新活動は、琵琶甲・三木断層と連動して起きた可能性も考えられる。その最新活動時期の推定範囲には、868年播磨地震が含まれている。山崎断層系西部の活動と連動した可能性(双子地震)も残されている。こうした断層活動の連動・連鎖を正確に解明するためには、さらに詳しい調査成果が必要であり、今後の精査が重要である。

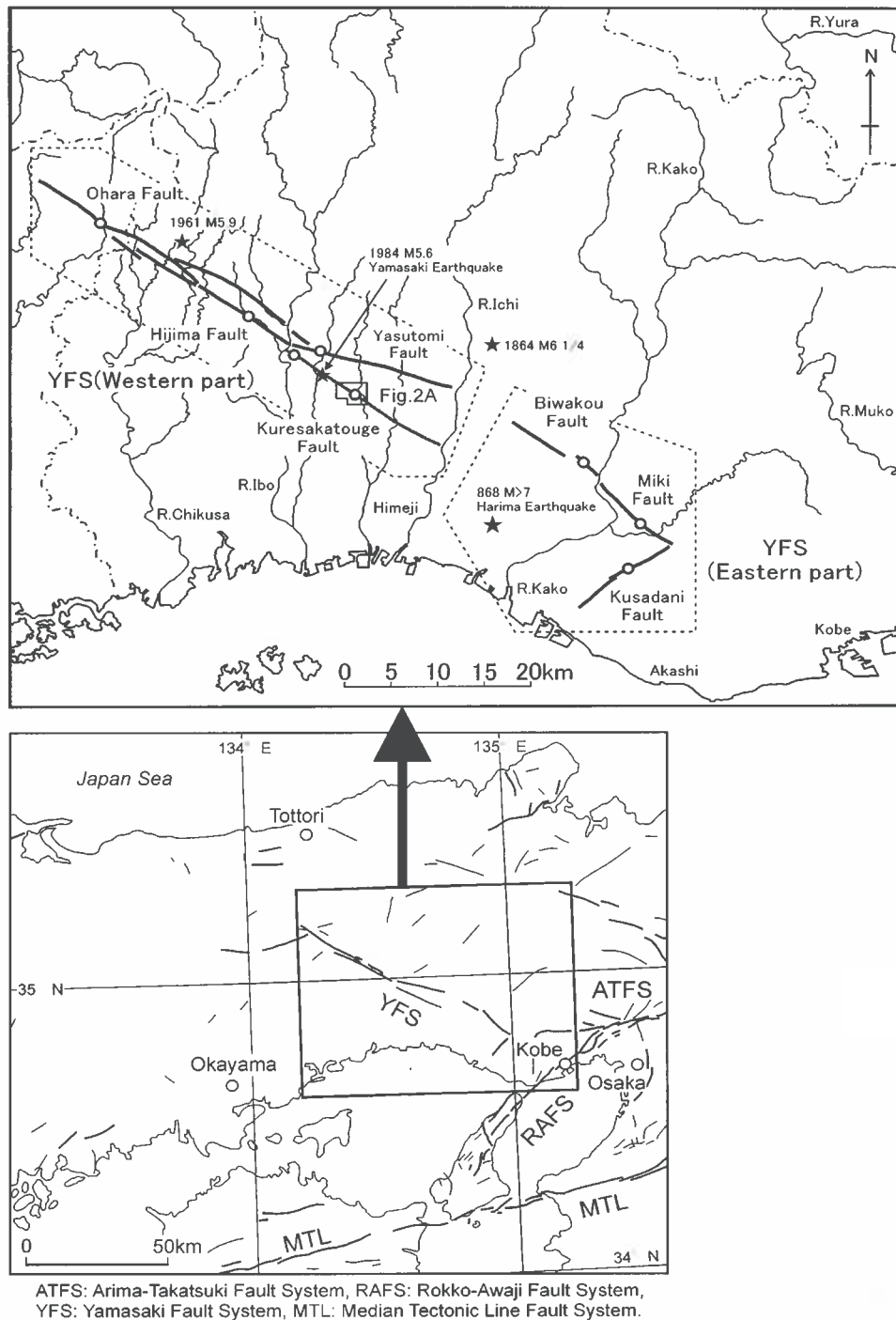


図1 近畿地方西部における活断層の分布(下)と山崎断層系を構成する7つの活断層(上)

★は歴史地震の震央位置(宇佐美, 2003)を、○はこれまでに実施された主なトレンチ調査地点を示す。1984年山崎地震(M5.6)は暮坂峠断層北西部に震央が位置しており、余震もこの活断層に沿って分布していたことから、暮坂峠断層の活動性が注目された。

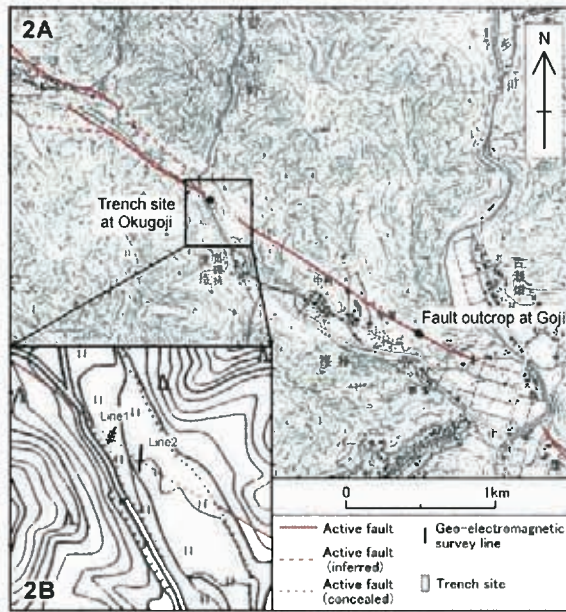


図2 暮坂峠断層中部の断層トレースおよび活断層露頭とトレンチ調査地点

2A: 断層トレースと護持の活断層露頭および奥護持のトレンチ地点

2B: 奥護持地区における2次元多電極電気探査測線とトレンチ地点

2C: Line1 に沿った電気探査結果 (A: 埋め土とみられる低比抵抗層、
B: 自然堆積層とみられる層、C: 断層破碎帯とみられる低比抵抗帯)

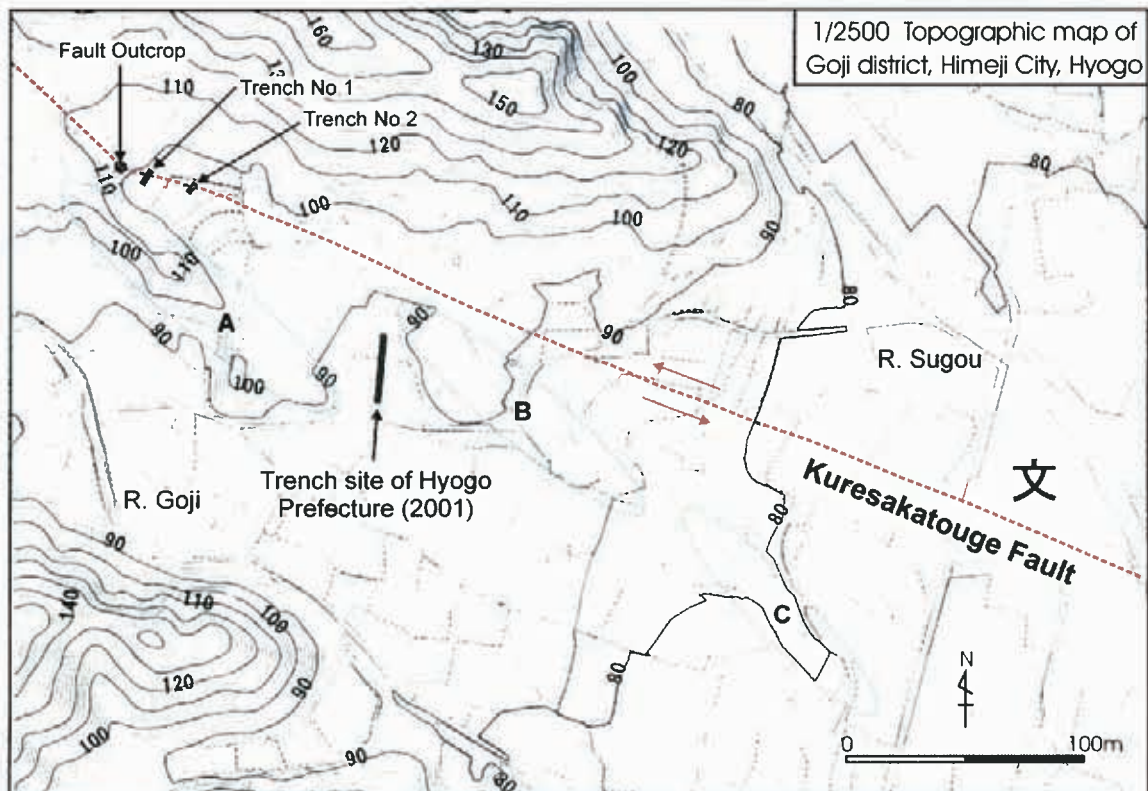


図3 護持地区における暮坂峠断層の詳細位置とトレンチ調査地点

A~Cを付した青枠部は暮坂峠断層の南側に沿って雁行配列する地形的な高まりを示す。断層面の走向は、活断層露頭では N35~45°W であるが、すぐ東方のトレンチ地点では N50~60°W となる。断層線は、兵庫県(2001)によるトレンチ調査地点の20mほど北東を通過している。

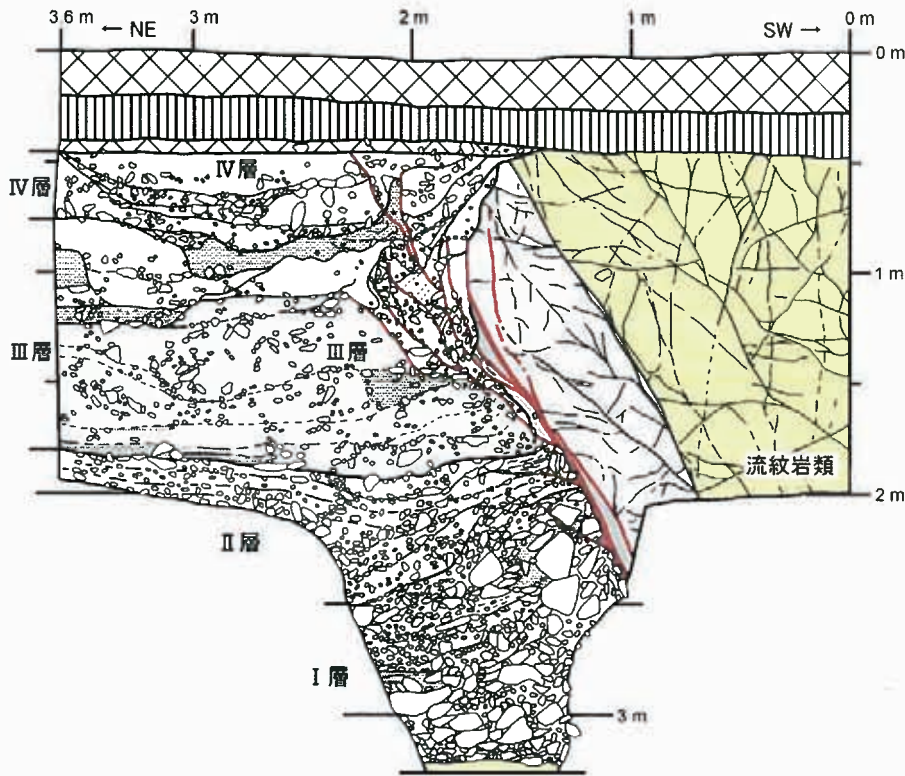
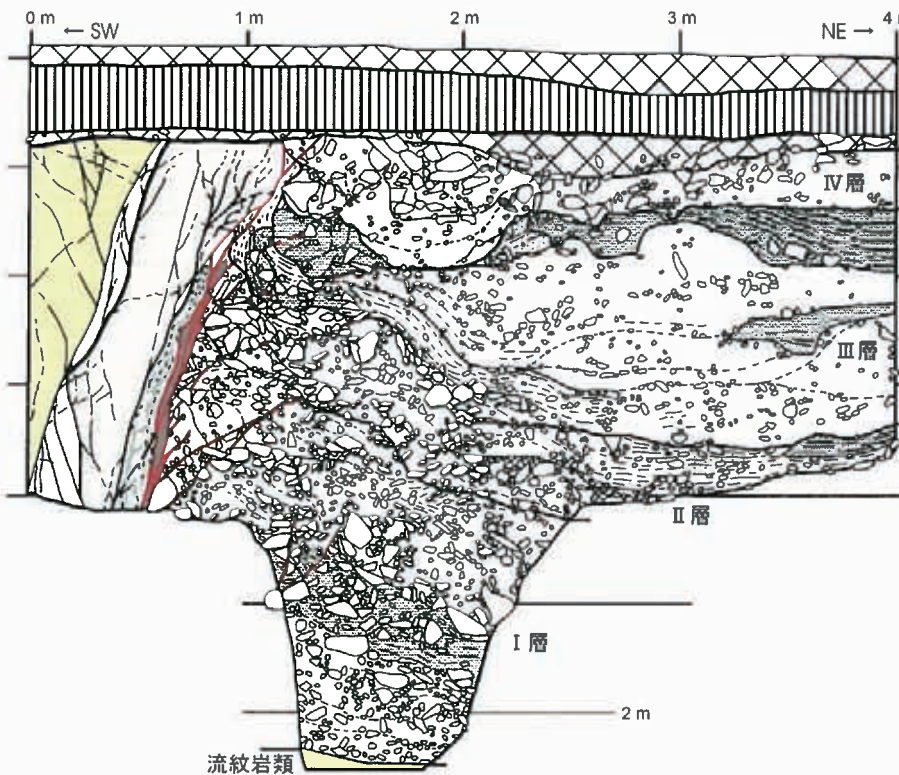


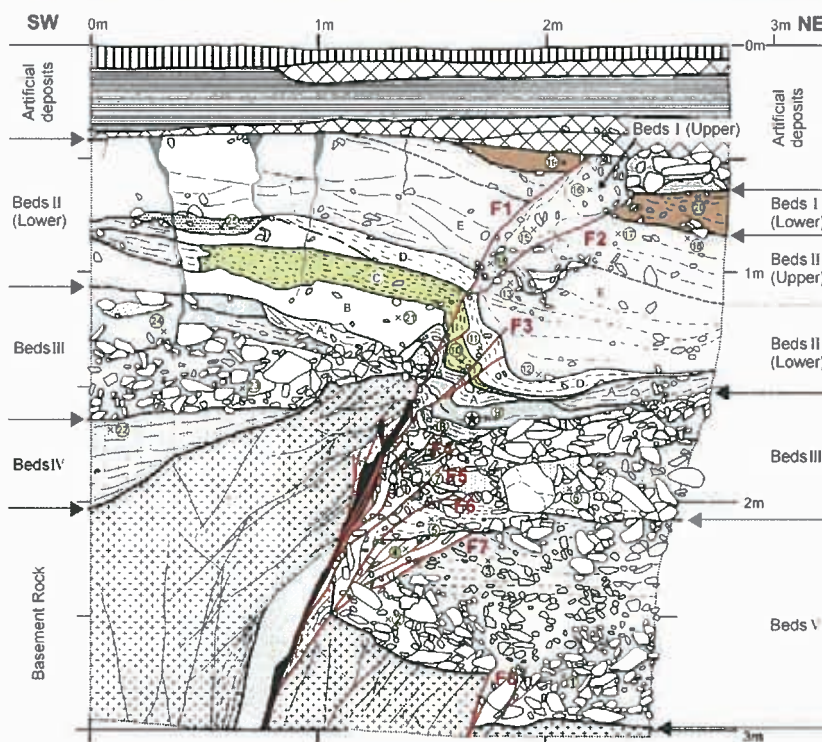
図4 護持第1トレンチ東側壁面のスケッチ図

楔状構造を伴う暮坂峠断層の主断層がトレンチ中央に露出した。基盤岩や高位～低位段丘相当層を切る数多くの断層面が認められる。トレンチすぐ東で実施した2次元多電極電気探査では、主断層面に沿って深部にのびる明瞭な低比抵抗帯が検出されたが、地表付近(深度2m以下)で比抵抗が大きく異なる境界は認められない。

図5 護持第1トレンチ西側壁面のスケッチ図



大きな楔状構造を伴う暮坂峠断層の主断層がトレンチ中央に露出した。高位～低位段丘相当層は主断層面に向かって撓みあがっている。断層面近くには、断層面の走向方向に回転・配列し、高角度で上方に立ち上がる礫が多くあり、逆断層運動とともに横ずれ運動(地形的な証拠から左横ずれとみられる)が卓越したと推察される。



⊕ Organic sediments with the AMS-¹⁴C date of 22,590 ± 120 yBP (IAAA-70358)
(27,318 ± 390 cal BP ccalibrated using quickcal2007 ver. 1.5)

⊖ Sampling horizons of finer sediments for volcanic glass analysis

(注) F2~F3間にみられる断層面がより上位までのびている可能性がある。その場合には、II層最下部(A層)の堆積以後に、4回の断層運動が推定される。

図6 護持第2トレンチ西側壁面の写真(上)とスケッチ図(下)

楔状構造を伴い基盤岩や砂礫層を変位させる暮坂峠断層の主断層がトレンチ中央付近に露出した。中段位丘相当層以上を変位させる、少なくとも8本の断層(F1~F8)が認定でき、最も新しい断層面(F1)は盛り土層直下までのびている。

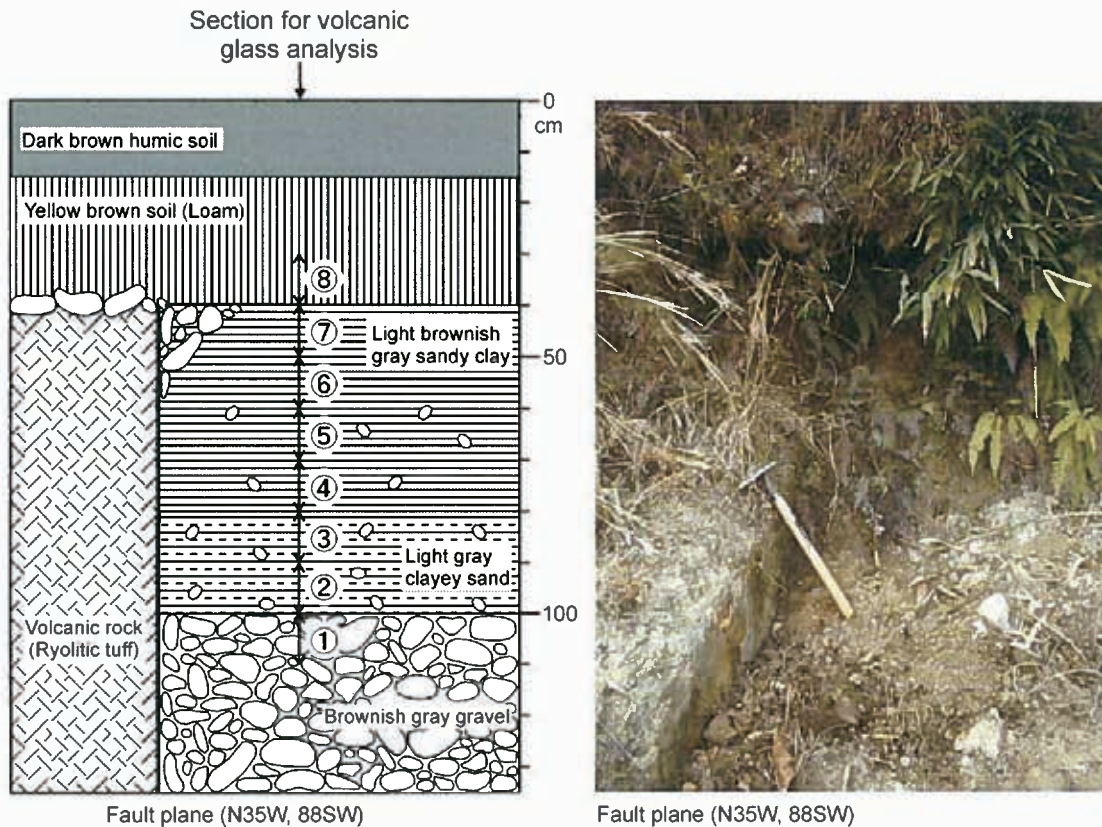
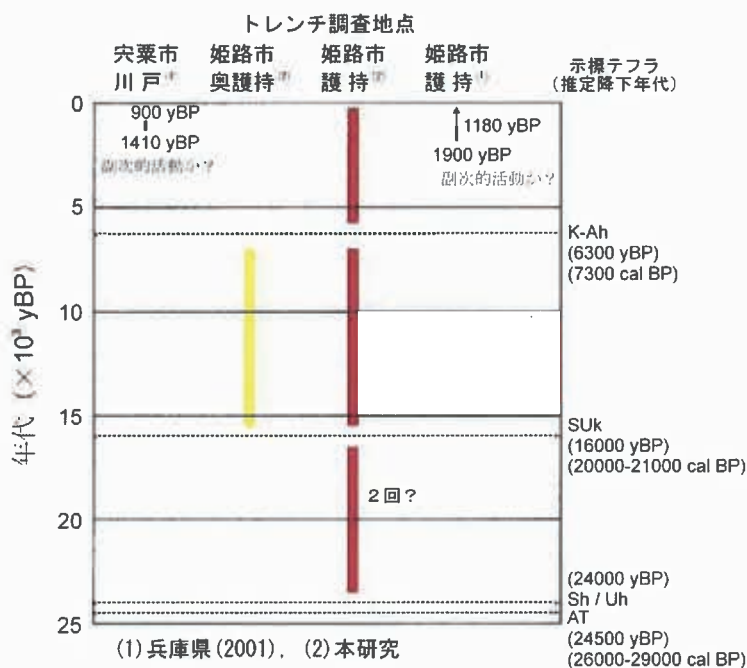


図7 護持トレンチ西方ため池横の活断層露頭の模式スケッチと写真

小規模な楔状構造を伴う断層に沿って、基盤岩と砂礫層が接している。火山ガラス分析により、少なくとも④層準以上には K-Ah 起源の火山ガラスが含まれることが判明し、K-Ah 降下以降の断層運動が識別できる。



主に護持第2トレンチの調査結果から、暮坂峠断層においてAT降灰以降に、3回ないし4回の断層運動があったと推定される。それはAT~SUkの降灰期に1回(F3)ないし2回、SUk~K-Ahの降灰期に1回ないし2回、K-Ah降灰以降に1回である。約30,000年間の活動間隔は約7,000年~10,000年と考えられるため、今後は最新活動期(F1断層形成期)を確定することが重要である。

図8 AT降灰期以降の暮坂峠断層の活動性

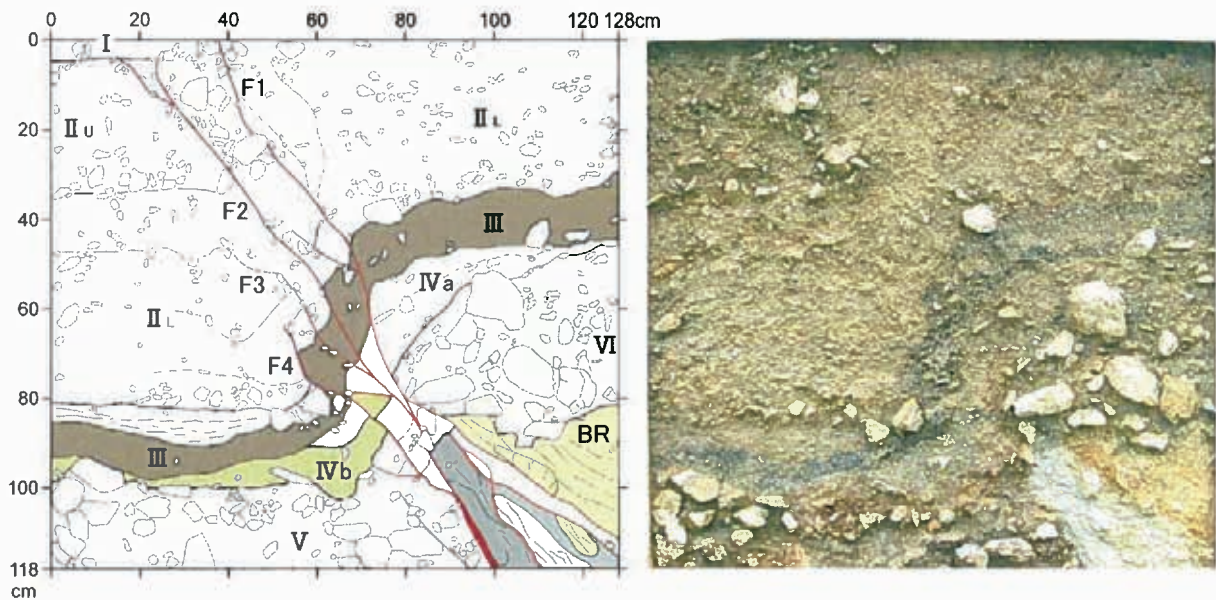


図9 暮坂峠断層護持地区第2トレンチ東向き壁面のはぎとり標本とそのスケッチ図

F1～F4は暗褐色砂礫層(Ⅲ層)を変位させる断層面。F3断層は変位が不明瞭であり、F2断層の分岐断層であると判断される。I層:K-Ah起源の火山ガラスを含む砂礫層。Ⅱ_U層:AT～Suk起源の火山ガラスを含む砂礫層。Ⅱ_L層:AT～Sh/Uh起源の火山ガラスを含む砂礫層。Ⅲ層:暗褐色砂礫層で、AT～Sh/Uh起源の火山ガラスを含む。Ⅳ_a層:黄褐色砂礫層で火山ガラスを含まない。Ⅳ_b層:暗灰褐色の有機質砂礫混じり粘土層で、火山ガラスを含まない。本層からは22,590±120 yBP (IAAA-70358)のAMS-14C年代が得られた。

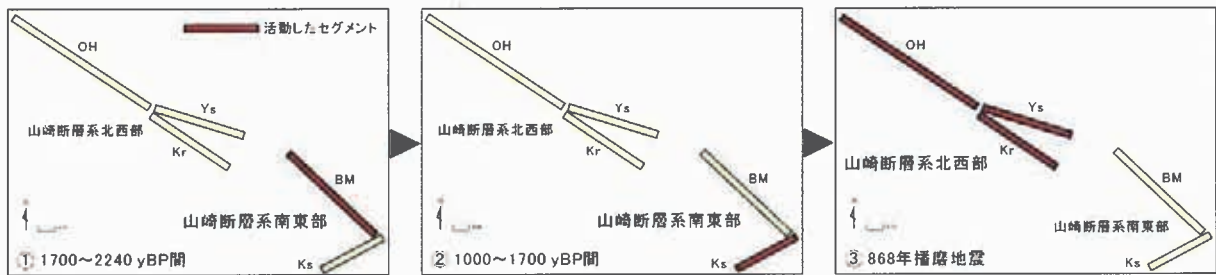


図10 山崎断層系を構成する活断層の分布形状(兵庫県、2001を修正)と山崎断層系の最新活動サイクルにおける活動セグメントの破壊過程

草谷断層の最新活動は、琵琶甲・三木断層と連動して起きた可能性も考えられる。その最新活動時期の推定範囲には、868年播磨地震が含まれ、山崎断層系西部の活動と連動した可能性(双子地震)も残されている。

引用文献(ABC 順)

- 千田 昇・岡田篤正・中田 高・金田平太郎(2002):1:25,000 都市圏活断層図「山崎」, 国土地理院技術資料 D. 1-No. 396, 日本地図センター
- 兵庫県(1996):平成7年度地震関係基礎調査交付金「山崎断層帯に関する調査」成果報告書
- 兵庫県(2001):平成12年度地震関係基礎調査交付金「山崎断層帯に関する調査」成果 報告書
- 活断層研究会編(1991):『新編日本の活断層—分布図と資料』, 大出版会, 437 頁+付図
- 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 後期更新世以降における活動履歴, 人と自然, 18, 1-12, 兵庫県立人と自然の博物館
- 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・東郷正美編(2000):『近畿の活断層』, 東大出版会, 395 頁+付図
- 岡田篤正・千田 昇・中田 高・石山達也(2002):1:25,000 都市圏活断層図「佐用」, 国土 地理院技術資料 D. 1-No. 396, 日本地図センター
- 中田 高・今泉俊文編(2002):『活断層詳細デジタルマップ』, 東大出版会, 59 頁+付図
- 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(2003):『最新版 日本被害地震総覧[416]-2001』, 東大出版会, 605 頁
(本稿は日本第四紀学会 2007 年大会講演要旨集, 37, P-13, 136-137, 北淡活断層シンポジウム 2008 の講演要旨・ポスターなどから加筆修正した)。