山崎断層系安富断層のトレンチ調査

岡田 篤 正* 安藤 雅 孝** 佃 為 成***

Trenching Study for Yasutomi Fault of the Yamasaki Fault System at Anji, Yasutomi Town, Hyogo Pref., Japan

Atsumasa OKADA, Masataka ANDO and Tameshige TSUKUDA

Abstract

Four trenches (Trenches A-D) were explored across the Yasutomi fault (a strand of the Yamasaki fault system) to date recent past faultings. Trench A was 3 m deep and 28 m long across the fault (Upper in Fig. 3 and Fig. 4), and the additional excavation was made down to 5 m deep (Fig. 5) from the western wall of trench A. The sizes of other trenches are similar to that of trench A. Since this site was being developed after this trenching for the building lot of a factory, many pieces of important geological evidence were gradually exposed with progress of the construction. This enabled us to make a further detailed geological and geomorphological study of the Yasutomi fault. The results are summarized as follows:

- 1) Yasutomi fault, which has been considered to be predominantly left-slip active one estimated from tectonic morphologies, was geologically confirmed that this had dislocated with predominantly lateral-slip component at least since a few tens of thousand years.
- 2) Widely sheared zones appeared along the north side of the active trace do not accompany any tectonic features. Therefore, this straightly trending depressional zone is to be recognized as a fault-line valley. A new fault was originated along the southern rim of pre-existed weak zone probably since the late Quaternary.
- 3) The valley-filling deposits are disturbed at the lower part of the trench but not at the upper part; this suggests that the fault has not moved since the deposition of the upper horizon although small earthquakes have been reported to occur frequently around the fault. Sense and amount of vertical offset, drugged structure and other fault features vary laterally along this, as common in high angle strike-slip fault.
- 4) The latest displacement occurred between late 7th and 12th Centuries, probably associated with the 868 Harima Earthquake ($M=7.1$). Two more faultings were also inferred from C-14 dates of disturbed and undisturbed strata within a deformed zone of the fault, although they are less reliable. The recurrence interval of earthquakes as large as the 868 event is estimated to be at least 1000 or possibly a few thousand years along this strand of the Yamasaki fault system.

* 愛知県立大学文学部 Faculty of Literature, Aichi Prefectural University

** 京都大学防災研究所 Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

*** 東京大学地震研究所 Earthquake Research Institute, University of Tokyo

I. はじめに

山崎断層は岡山県北東部から兵庫県西部へ、北西から南東方向（平均走向 N55°W）へと走り、約80kmにわたって連続する主要断層帯である。これは直線状に走る何本かの（活）断層で構成されているので正確には山崎断層系という（第1図）。この断層系沿いでは現在でも微小～中規模の地震がかなり頻繁に発生しているので、地震予知のテストフィールドとして各種の計器観測が行われており、日本の内陸で地学的にもっとも注目されている活断層系の一つである。また、西暦868年には播磨地方に規模（=M）約7.1の大地震が発生しており（第1図）、その地震がどの活断層に起因したかも重要な研究課題である。

そこで、筆者らはこの断層の詳しい性質や最新地質時代における活動史を解明することを目的として、1979年2月下旬から3月上旬にかけて兵庫県宍粟郡安富町安志西方地区（第2図、口絵写真1参照）でトレンチ発掘調査を行った。この調査地周辺は工場建設予定地であったので、その後もかなり大掛りな土地造成工事が徐々に行われてきた（口絵写真6）。これに伴って、新しい露頭が次々に現れてきたので、さらに詳しい地質調査や谷底堆積物の観察を行うことができ、断層（破碎帯）の状況や沖積谷底を構成する地層の状態を詳しく調べることが可能となった。この調査地付近は比較的小範囲の区域であるが、このような詳細な調査が数年以上の長期にわたって可能となったことは希な事例と思われるので、こうして得られた調査結果とくに安富断層の諸性質についてここに報告する。

II. 山崎断層系の研究概史

山崎断層の存在はかなり以前から指摘され、すでに辻村（1932）は主に地形図の判読から断層の存在を推定して、この直線状谷を山崎断層谷（主要部分）とよんだ。岡山（1953）は全国の接峰面図を作成して、高度急変帯の一つがこの断層（系）に一致していることを指摘し、これを中国線となづけた。そして、こうした地形構造線は新しい地質時代の地盤運動に起因するであろうと示唆した。

この付近の詳しい地質調査が進行するにつれ、断層の実在地質図上で詳しく解明されてきた（代表例として神戸・広川 1963, 岸田・広川 1966）。この断層に沿う地質の概要はそれ以前に編集されていた兵庫県地質図作成委員会（1961）による17万分の1地質鉱産図ですでに明らかにされていたように、基盤地質内での重要な断層系として広く理解されていた。

一方、この断層系が左ずれ活断層であることが最初に分ったのは、池辺展生・藤田和夫・松田時彦・岡田篤正による空中写真判読と現地調査からである（松田・岡田 1968, 池辺ほか 1969, HUZITA, K. 1969）。その後、空中写真や地形図を使用してさらに詳しい地形・地質学的な現地調査を行ったのは安藤（1972）、藤田（1980）、活断層研究会（1980）、福井（1981）などである。これらによって、地形（～地質）学的な概要がほぼ解明され、諸特徴も判明してきた。しかしながら、年代の判明する断層基準（とくに河成段丘面とその変位地形）や活断層露頭の存在はきわめて少なく、最新の活動史や表層部における活断層の性状についての情報もとくに少なかったといえよう。

ところで、京都大学防災研究所の地震観測網が1970年代以降に強化され、この断層系付近で起っている中～（微）小地震の諸性質が急速に明らかになってきた。とくに近年では上述のテストフィールドとして山崎断層系沿いで各種の地球物理学～化学的調査が行われてきた（それらの主な成果は尾池・岸本 1976, KISHIMOTO 1981, 地震予知小委員会・地震学会 1980, 月刊地球「山崎断層」特集号 1985 1月号などに詳しい）。本稿ではそれら個々の詳細は主題と離れるので紹介しない。

なお、このトレンチ調査に関する速報ないし概報をすでにいくつか行ってきた（安藤・岡田 1979, 岡田ほか 1979～86, 佃ほか 1979）。それらはトレンチ成果を主に記載してきたが、本稿では周辺の地形・地質との関連やその後得られた年代測定値などを考慮して以前の記述を多少修正したので、この報告をもって現時点における最終成果とする。

第1図 山崎断層系と周辺の断層～リニアメント・接峰面図・被害地震の震央分布

活断層～リニアメントおよび被害地震の震央位置・発生年・規模は活断層研究会(1980)によるが、筆者らの若干の資料を加えた。基図の接峰面図は岡山(1953)による。山崎断層系は Ya: 大原, Yb: 土方, Yc: 安富, Yd: 暮坂峠, Ye: 三木, の各活断層よりなる。凡例, 1: 海岸線および河川, 2: 活断層(ケバ側低下), 3: 活断層の可能性のあるリニアメント, 4: 100m 間隔の接峰面等高線, 5: 接峰面上の凹地, 6: 地震規模 $M \geq 7$, 7: $6 \leq M < 6.9$, 8: $M \leq 5.9$ 。

Fig. 1 Map showing active faults~lineaments and epicenters of damage earthquakes in and around the Yamasaki fault system

Faults and earthquakes are mainly after Active Fault Research Group (1980). Contour line with 100m intervals is based on the summit level map drawn up by Okayama (1953).

III. 調査地域の地形と地質概要

第1図の接峰面図に見られるように、山崎断層系を挟む山地高度には著しい高度差が認められ、吉備高原の東部と中国山地東部とを分ける地形境界線とされている。調査地周辺では、小起伏面を示すと思われる定高性のある山頂部の標高差は、約200m で北東側の相対的隆起が推算される。これは小起伏面形成以降の総上下変位量を示すものであろう。山崎断層系は山地中を走っているの、前述のように段丘面の発達が悪く、断層が段丘面を直接に切断している場所は東南端(平野 1973)を除いて知られていない。したがって、第四紀後期の平均変位速度は判明していない(福井 1981ほか)。

山崎断層系に沿う河谷や尾根の左横ずれ地形は系統的であり、典型的な横ずれ変位地形が連続的に配列している。横ずれ量は南流する大規模河谷でも左ずれ最大約500m、それらの支流の中～小規模の河谷では

第2図 山崎断層系安富断層のトレンチ発掘調査地点付近の詳細地形図
 上：安富断層（太実線）に伴う変位地形とトレンチ地点（太実線がトレンチ A~D の位置を示す）。等高線は 5m 間隔で、点部は沖積谷底平野。
 下：トレンチ A~D（黒色部）付近の詳細地形図（原図は道路公団：中国縦貫自動車道に沿う千分の一地形図）。A~J は各露頭の位置（本文参照）を示す。E は谷を横断する露頭（第3図下）が現れた場所である。

Fig. 2 Detailed topographical map around the trench sites along the Yasutomi fault of the Yamasaki fault system

Upper: Fault morphology and trench sites (A~D: solid lines) along the Yasutomi fault (=solid line). Contour interval is 5m, and dotted part shows alluvium valley floor. Lower: Detailed topographical map (original scale: 1/1000) based on the Japan Highway Public Corporation showing the trench sites (thick solid lines).

左ずれ百数十m~数十m 程度に過ぎない（安藤 1972, 福井 1981ほか）。第2図上の調査地域付近では南流する林田川へ西から東へ流入する支谷（第2図上の国道29号沿いの谷）があるが、この支谷は安富断層にはほぼ平行し、後述のように断層破碎帯を伴っている。これは古い時代に形成された断層に沿って浸蝕された断層線谷とみられる。この支谷に向かって北流する小河谷はいずれも活断層線を横切る部分で西（上流）側へ向かって屈曲し、谷口を閉ざす分離丘（=閉塞丘）を迂回して支谷に合流する。こうした uphill 屈曲はこれら小河谷形成以後における左ずれ量を示しているといえるが、その量は約60~100m 程度と少量である。このことは変位速度が小さいか、その開始時期が遅いことを示唆している（松田・岡田 1968）。

調査地域（第2図）の山地は二疊~三疊系の丹波層群で構成され、主に粘板岩・砂岩・頁岩などからなる。それらの走向は山崎断層系にほぼ平行している。断層北側の安志付近には3段に大別される河成段丘面とその構成層が局所的にみられるが、断層線以南では段丘面はほとんど分布していない。河谷形態から

みて、断層の南側で現河谷はかなり厚い第四紀層（表層の沖積層を含む）で埋積されているようである。

IV. トレンチ掘削調査

発掘調査を行った場所は安富断層の西部であり、山崎断層系の中央からやや東南に位置している（第1図）。断層系の一般走向がN55°~60°Wであるのに対し、安富断層の走向はN75°Wであり、約20kmの延長距離をもっている。断層線の中~東南部は中国縦貫自動車道とほとんど一致していたので、その建設によって断層変位地形の多くが著しく改変ないし消滅してしまったが、この調査地付近では断層線が自動車道から少し離れた所を通るため、ほぼ自然状態で地形と地質が残されていた。予察調査で各所を調べたとき、良い調査成果が得られそうな地点として候補地に挙げられた場所である。この付近は安富町安志西方にあたり、横田工業 K.K. が所有する工場予定地（第2図下のほぼ全域）であって、緊急に調査する必要があった。安富町役場を通して、この会社に一時期土地を借りることを依頼したところ、快諾が得られ、トレンチ調査を行うことが可能となった。トレンチは地形的に推定された断層線を横切って2つの谷底で4本掘り、東側からトレンチ A・B・C・D と名付けた（第2図）。その中で壁面を詳しく観察できたのは A と C だけである。

トレンチ B は全体としてシルト質の地層から構成されており、大きな埋もれ木を多数挟在していた。また、湧水や壁面の崩壊が激しかったので、壁面を整形して地層断面を観察することが困難であり、断層の痕跡も認めにくかった。さらに、トレンチ D はトレンチ C の補助のために掘削したが、谷底の西側に寄り過ぎたために、地表面の直下に風化した基盤岩石が露出し、谷底堆積物を手掛りとする活断層調査に適していなかった。

トレンチ掘削には、バックホー（アーム長5m）を使用した。断層線にほぼ直交するトレンチ A は、長さ約28m、深さ最大3.5m、幅上部約5m、下部約1~2m であり、トレンチの方向はN15°E へ谷を斜断した。断層形態は西側壁面より明瞭であったので、この面について全体的なスケッチをまず行い（第3図上）、その後断層付近を西側へ少し延して深く掘り、深さ約5m の断面を作って観察した（第5図）。トレンチ C も同じ工作機を使用して、N18°W 方向に延長約16m、深さ3~4m、上部幅約6m~下部幅約3m の規模で掘った。しかし、両側壁面は主に軟弱な砂礫層で構成され、掘削直後に崩壊し、最終的に観察できたのは上部の約2m だけであったが、ほぼ予想位置に断層が確認された。

なお、後の工事によってトレンチ C の南方でこの谷底を構成する堆積物の横断形が観察された（第2図下 E 地点）。

1) トレンチ A で観察された壁面の状態

トレンチ A・B の場所は第2図における東側の谷の底であるが、この谷の縦断勾配は4/1000と緩傾斜である。ここでは谷底が明瞭な左屈曲（約60~70m）をなし、典型的な横ずれ谷となっている。東側の尾根末端部も左にずれて、谷の出口を塞ぐような孤立丘（標高138.2m）となり、模式的な閉塞丘となっていた（口絵写真2）。この丘の南側はとくに平坦な谷底であり、この付近は細粒堆積物で構成されていることが予想された。この平坦部の標高131.4m は北東側にある断層鞍部の高度とほぼ等しく、流路の変更が起こる直前の状態であったといえよう。

トレンチ A の西側壁面は地層区分が東側壁面より明瞭であり（第3図）、そのほぼ中央部の下半部に明瞭な断層が一目で認められた。東側の壁面にもこれに対応する地層の乱れた箇所があった（第7図A）。しかし、ここでは地層の区分が全体として判然とせず、断層を挟んでの地層の対比も難しそうであったので、断層付近のスケッチのみ行った（第7図A）。両壁面に現れた断層の位置は地形（~地質）から推定した断層線（第2図）のまさに真下であった。

トレンチ A では南北両端側の下部に風化した基盤岩があり、これを不整合に被覆して谷底堆積物が浅い凹地形をなして埋積している（第3図上）。この堆積物の上半部はシルト層と腐植（質）層などの細粒な地

第3図 トレンチAの西側壁面全図(上)とトレンチC・D南方の谷底横断面図(下左)および柱状断面図(下右)

1: 耕土, 2: シルト～シルト質層, 3: 腐植質層, 4: 黒色腐植質～泥炭層, 5: 礫層, 6: 崩土, 7: 断層, 8: 基盤岩

Fig. 3 West wall of trench A (Upper), cross section (Lower left) and columnar one (Lower right) across the trench C・D valley at E locality in Fig. 2

1: cultivated soil, 2: silt-silty layer, 3: humic soil, 4: black humic soil-peat, 5: gravel, 6: slope wash, 7: fault, 8: basement rock.

Fig. 4 Central part of west wall of trench A in Fig. 3 (Upper)

そこで、各地質断面（第3下～6図）にそれらの測定値を記入し、さらに詳しい全ての年代測定値をまとめて第1表に示した。ところで、同一試料でも異なる測定機関に依頼して得られた測定値が千年以上も違っている場合があり、どちらの値を採用するかで、地層の対比や断層運動の時代解明が相当異なってくる。したがって、地層の発達状態と年代測定値の両方からさらに考察を進める。A5層以深では引きずりの状態や隆起側で浸蝕・低下が起りやすいことを考慮すると、南側が相対的に隆起したとみなすのが普通である。しかし、それは概観的な地形配置からの推定とは矛盾する。

第5図 第4図のトレンチAの断層付近を西側へさらに深く掘った西側壁面
地表下約5mまで掘ったために、壁面は約3～5mほど西方に寄った。壁面は平面形で西側に凸に湾曲しているが、直立面に投影した。

Fig. 5 West wall 5m westward of trench A

The wall was made about 2 m deeper than and 5 m westward from the former wall of trench A.

断層北側に近接した A6N 層（第4図）中の黒色腐植質～泥炭層より下位の地層は上部に比べてより大きく変位しており、上部で認められる事変に先行する断層変位があった可能性が大きい。

なお、断層変位を受けた北側上部の地層には、径数 cm の扁平な角礫が第5図中に破線で示す断層（面）にほぼ平行して並び、その南面は走向 N62°W、傾斜52°S を示していた。これはおおよそ断層面に一致している。こうして認定された断層面は上下方向で少し湾曲しているが、全体としては垂直に近い。断層部分に沿って亀裂状の割れ目があり、その中に周囲とは異質の小角礫層が数 cm の幅で取込まれていた（第4図）。断層の北面には地下水の影響を受けて黄褐色の条模様が入っていた。

断層の更に下方がどうなっているかは極めて重要と思われたので、その周辺部を更に約2m掘り下げた。そのため、断層付近の西側壁面は約3～5mほど西方へ移り、平面形が西へ凸形になった。こうして現われた部分のスケッチが第5図である。地層は元のトレンチ壁面から丁寧に追跡して確認した。この断面では断層は大きくV字状に枝分れし、その中へさらに小さい断層が数本入っていた。したがって、このV字型の部分は全体として地溝状の落込みをなし、断層は下方で収斂していた。断層北側の最下部にある断層砕帯～粘土帯の南縁の断層面に続くようである。第4図に示した1本（～帯）の断層がわずかに数mほど西方ではV字形の破断帯に変化することは予想外であったが、側方変化がいかに激しいかがよく分った。

2) トレンチ C の壁面の状態

トレンチCのある谷は幅が約30～40mで、勾配が62/1000と東側の谷に比べて相対的に急である。谷のほぼ中心線の方にトレンチAとほぼ同規模のトレンチCを掘った。このトレンチでは谷底堆積物は全般に軟弱な角礫質層とシルト質層で構成されていたため、掘削直後から壁面の崩壊が著しく、最終的に詳しく観察ができたのは上部の数m以浅の部分だけであった。その西側壁面の主要部を第6図に示す（口絵写

第6図 トレンチCの西側壁面

P1 層準から中世（12世紀）須恵器の破片が、P2-4 層準からは7世紀末から8世紀にかけて使用された土器片が産出した。数字は ^{14}C 年代（GaK）である。

Fig. 6 West wall of trench C.

The fragments of the earthenware used in 12th Century were obtained at the P1 horizon, and those in late 7th to 8th Centuries at the P2-4 horizon. The numerals show ages measured by Gakushuin University

真5参照)。

トレンチCの西壁面に露出した谷底堆積物は腐植質シルト層と細粒の角礫質層で構成され、全体としてみると谷底の地表面とはほぼ平行な層理をもっている。下流にあたる北側下部には、茶褐色を呈し、やや固結した角〜亜角礫層もみられる。ここでの層理は見掛け上では南側へ傾き、礫はトレンチAと比べて粗粒である。北端の最下部のC9層はよく固結した角礫質層で風化を受けているため、堆積物が節理の多い基盤岩の風化部分かが判然としないうところもあった。しかし、これ以浅は明らかに谷底の堆積物であり、見掛け上では南方へ傾斜しているので、堆積物の供給方向から推定される傾斜方向とは逆である。

この西側壁面には断層が2カ所で認められた。北側の断層（CF1）は見掛けでは高角度の正断層を示し、走向 $\text{N}60^\circ\text{W}$ ・傾斜 80°NE であった。この断層は下位の腐植質シルト層：C4層を明らかに切断し、その北落ち量は約30cm であった。この直上の角礫質層は下部で断層変位を受けているが、その上部は不明瞭となり、さらに上位の腐植質シルト層（C2）は北に緩斜しているものの、地層は切られていない。上述の断層の走向を延ばした東側の該当する壁面付近には、その断層延長部を全く認めることはできなかった。

南側の断層（CF2W）も高角正断層の見掛けを呈し、走向 $\text{N}80^\circ\text{W}$ ・傾斜 $75^\circ\sim 80^\circ\text{NE}$ であった。下位の腐植質シルト層（C4）は北落ち約30cm の変位を受けているが、上位の腐植質シルト層（C2）は全く変位を受けていない。この断層の走向を延長したトレンチ東側壁面には、下位の腐植質シルト層（C4）が撓曲状あるいは引き延ばされたような変形（CF2E）が確認された（第7図B）。ここでは北落ち20cm 強であるが、上位の角礫質層（C3）中では不明瞭となる。走向や見掛け上の表現（＝高角正断層）さらに上下変位量などからみて、これは CF2W に続く一連の断層のようである。

3) トレンチ C・D の谷の横断形

1980年11月末頃、トレンチ C・D の南方（上流側）60～70m 付近（第2図E）で、この谷を横断する露頭が造成工事により作られ、地表下3m 強までの谷底堆積物の状態が明らかになった。ここでの地層の横断形とその断面を第3図下に示した。ここでは全体として、径1～6cm の角礫が卓越した淡青灰色の礫層であり、礫種は全て中生界に由来した砂岩と泥岩であった。充填物は細砂～シルトであり、淘汰の良

第7図 いくつかの断層露頭

A: トレンチAにおける東側壁面の断層部分, B: トレンチCにおける東側壁面の撓曲部分, C: トレンチC・Dの西方, 鞍部の東側(第2図のF)で見られた断層露頭, D: トレンチAの北東にある閉塞丘の東側斜面下部(第2図のJ)における断層破碎帯の状況, E: トレンチA・BとC・D間の尾根(断層鞍部: H)における断層破碎帯, 凡例, 1: 耕土層, 2: 黒色腐植質層~泥炭層, 3: 腐植質層, 4: シルト~シルト質層, 5: 礫層, 6: 断層粘土(破碎度V)帯, 7: 断層角礫帯, 8: 基盤岩(破碎度III~I)。

Fig. 7 Several fault outcrops in the trench site

A: Faulted layers at the east wall of trench A. B: Warped layers at the east wall of trench C. C: Fault outcrop at F in Fig. 2, D: Sheared zone at J in Fig. 2, E: Fault outcrop within the basement rocks at H in Fig. 2. Legend, 1: cultivated soil, 2: black humic soil, 3: humic soil, 4: silty layer, 5: gravel, 6: fault gouge zone, 7: fault breccia zone, 8: crashed basement rocks.

否の境界線に沿ってほぼ水平の層理が認められた。地表面下約1.7m 付近には、層厚10cm 内外の細砂層ないしシルト層があり、この層準はやや腐植に富んでいた。この中に多くの木片が含まれているが、その ^{14}C 年代は840年 B.P. (第1表17)であった。また、さらに1.1m 下の角礫層中にも木片を含み、この年代は ^{14}C 845年 B.P. (第1表18)と測定された。腐植質シルト層とその下の角礫層は岩相と年代からみて、第6図のC2とC3に対比されるようであり、各地層は上流側ですこし厚くなっている。

V. 地層の堆積年代

本調査域内での地層断面には広域テフラらしきものは肉眼観察では認められなかった。しかし、木片や泥炭層~腐植質層などはかなり多くの層準から採取され、それらの ^{14}C 年代測定を学習院大学木越邦彦教授に依頼した。こうした結果は第1表と第4~6図に示した通りである。測定年代値は概して地層の層序

第1表 トレンチ調査地付近で採取した試料による ^{14}C 年代測定値Table 1 ^{14}C ages of the samples in the trench site

整理 No.	決定年齢 (Y.B.P.)*	国際標準値**	Code-No	地表下 m	試料採取位置	地層名, 測定試料
1	480±120	(494±123)	GaK-8225	1.5	A トレン チ西壁 面断層 の南側	AW 1 腐植質土壌
2	1.860± 75	1.910± 80	N-3888	1.8		AW 2 泥炭層
3 a b	1.950±110 2.100± 85	(2.006±113) 2.160± 85	GaK-8226 N-3889	1.9		AW 3 泥炭層
4 a b	1.710±130 2.370± 85	(1.759±133) 2.440± 90	GaK-8227 N-3890	1.9		AW 4 泥炭層
5	2.580±130	(2.654±133)	GaK-8228	2.2		AW 5 木片～泥炭層
6	2.750±120	(2.813±123)	GaK-8229	2.3		AW 6 泥炭層
7	5.250±140	(5.401±144)	GaK-8230	2.8		AW 7 泥炭層
8	7.310±160	(7.520±165)	GaK-8231	3.8		AW10 泥炭層
9	1.800±130	(1.852±133)	GaK-8232	1.7	A トレ ンチ北側	AW6N 泥炭層
10	5.560±240	(5.720±247)	GaK-8233	2.7		AW 泥炭層
11 a b	1.910± 70 1.860± 75	(1.965± 72) 1.920± 80	GaK-8234 N-3892	2.5	A トレン チ西壁 面断層 帯内	AW12 泥炭層
12 a b	810±100 2.280± 75	(833±103) 2.340± 80	GaK-8235 N-3891	3.2		AW11 泥炭層
13 a b	2.540±120 2.670± 95	(2.613±123) 2.750±100	GaK-8236 N-3893	3.2		AW13 泥炭層
14	28.780±1810	(29.606±1862)	GaK-8237	4.0		AW13 腐植質層
15	750± 80	(772± 82)	GaK-8238	0.6	C トレン チ西壁面 (第6図)	CW2 植物の茎
16	1.170±120	(1.204±123)	GaK-8239	1.3		CW4 植物の茎
17	840± 65	865± 65	N-4096	1.7	第3図下	谷底堆積物中部木片
18	845± 70	870± 75	N-4097	2.8		谷底堆積物下部木片

*は Libby の半減期(GaK=5570年, N=5568年)を使用した年代. **は国際標準値(半減期 N=5730年)による年代. ()は Libby の値に $5730/5570 \sim 5568 = 1.0287$ を乗じた筆者らの計算値.

* shows the age used by Libby's half-life of years (GaK=5570 y., N=5568 y.). ** indicates the age by the international standard half-life of 5730 years. The age of () in the same column was calculated by the authors.

関係と合うが、一部に地質の上下関係と逆転した値がみられ、周囲の年代値に比べて古すぎるものもある。

そこで、層序に矛盾する付近と断層活動の時期を決めるのに重要な部分の試料を選び、 ^{14}C 年代測定のクロスチェックの意味を兼ねて、いくつかの同一および他の試料の年代測定を日本アイソトープ協会に依頼した。その結果では年代値は層序に極めてよく一致しただけでなく、層序断面から予想される堆積の速度とも矛盾していない。

第8図 トレンチCより採集した土器片（丸
枠部）と全体の推定形

凡例, 1: 中世須恵器大平鉢 (12世紀), 2:
須恵器長頸瓶 (7世紀末~8世紀初頭), 3:
土師器 (7世紀末), 4: 土師器杯 (8世紀後
期)。

Fig. 8 Fragment (circle) and estimated
shape of earthenwares obtained in
trench C.

1: Bowl used in 12th Century, 2~4: Po-
tteries done in 7~8th Centurie.

ところで、両機関による年代値の違いは主に試料の
前処理の方法によるらしい。学習院大学では前処理は
特別注文の場合を除いて行われておらず、全炭素量に
よる測定である。一方、日本アイソトープ協会では試
料やその堆積状況に応じた前処理が行われている。今
回の試料の大半は半減期より若い年代のものであり、
こうした腐植質層での前処理の有無は測定値にかなり
の相違をきたすであろう。それにしても、両機関の間
での余りにも異なる値（例えば試料番号4・12）につ
いては不可解である。ただし、試料番号3・11・13は
両機関でかなり良い一致がみられた。なお、同一の試
料である番号12の810年 B. P. (Gak-8235) は層序関
係や周囲の年代からみて、2280年 B. P. (N-3891) の
値の方が妥当と思われる。

C2層およびC4層の腐植質シルト層中からは第8図
に示す4種の土器片が採取された。土器片の破断面は
角ばり、水磨された形跡はなかった。これらの鑑定を
名古屋大学文学部史学科歴史考古学教室の榎崎彰一教
授と荻野繁春(当時博士課程大学院生)氏に依頼した。
それによれば、上位のC2層から得られた土器片1は
中世須恵器に属する大平鉢の一部で、12世紀頃に使用
されていたものである。下位のC4層からは、次の3

種の土器片が産出した。第8図の2は陶邑Ⅲ期末の須恵器である長頸瓶の底部で、7世紀末から8世紀初期に使用されていた。3は真間式とよばれる土師器のかめの腹部で、7世紀末期に使用されていた。4は真間式とよばれる土師器の杯の底部で、8世紀後半に使用されていた。なお、これら土器片と包含層は当時の生活面との関係が判っていないので、後者の年代は土器のそれと同時に以降であると言えるに過ぎない。ところで、これらの土器包含層からは小木片も産生したので、現地に生えていたと思われる草本性植物の茎の一部だけを試料として採集した。これらの ^{14}C 年代値は第1表に示すようにC2層で750±80年B.P. (A.D. 約1200年), C4層で1170±120年 B.P. (A. D. 780年)と測定された。土器の編年による時代と ^{14}C 年代測定値とは別個に事前の情報交換なく求められたが、よい一致を示した。このことは土器作製後あまり時代を経ないで土器類がこの谷底に捨てられたと考えられ、周辺に住居があったことを示唆する。

第9図 地震発生の年代系列

直線の上にAトレンチで、下ではBトレンチで得られた大地震変位の年代を示す。数字は ^{14}C 年代による年代値を示す。

Fig. 9 Sequence of faulting events in the late Holocene

VI. 断層露頭と断層破碎帯

トレンチ調査地区周辺では、安富断層の露頭が何ヶ所かで認められ、とくに造成工事の進展に伴って断層破碎帯の状況も詳しく判明してきた。トレンチ C・D 西方の断層鞍部には発掘調査以前から断層露頭(第2図Fの位置)があり、南側にある基盤岩石の断層破碎帯と北側の礫層とが複雑な断層面で接していた。そのスケッチは第7図Cに示す通りで、断層面には凹凸があり、破碎帯と角礫層とは指交関係を示していた。破碎帯中の剪断面は走向 $N60^{\circ}W$ ・傾斜 $70^{\circ}N$ であり、角礫層は新期堆積物の岩相と似ているが、相対的にやや粗粒で、粘土・シルト層などは挟在していない。これは径数 cm の角礫が多く、淘汰の悪い乱雑な堆積相を呈するので、崖錐性堆積物と思われる。地表面に沿って厚さ約60~70cm の赤黄色土があり、全体として黄褐色に風化しているので、時代的には、いわゆる中位段丘礫層に相当する時代程度のものであろう。この角礫層の層理は断層面とほぼ平行するほど急斜している。

1982年4月中旬頃に、トレンチ C・D の西側尾根(第2図Gの線)に沿う排水溝(深さ・幅共に数m、長さ60m 程度)が掘られ、両側面に現れている中古生界にはその構造と破碎状態がよく観察できた。もっとも主要な断層粘土帯(破碎度V)¹⁾は幅が約2m であり、これは走向 $N80^{\circ}W$ ・傾斜 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}S$ である。その両側へは破碎度IVからIIIへと移行し、それらの中に紡錘形をした角礫を含む断層破碎帯がかなり幅広くみられる。この北側にある幅約5cm の粘土帯を伴う断層破碎帯には走向 $N66^{\circ}W$ ・傾斜 $73^{\circ}S$ の剪断面があり、その面上では $10^{\circ}W$ 上がりの多数の条線がきわめて明瞭に認められた。破碎度・岩相・色調などの境界線は全て南側傾斜であるが、これは原岩の構造を反映したと思われる。

また、同じ頃トレンチ A・B と C・D の間の尾根部分が削り取られ、安富断層以北は完全に平坦化されていた。断層部分は急傾斜の壁面となっていたがそこを斜断して黒灰色を呈する幅50~60cm 以上の断層粘土帯が壁面で明瞭に観察された。この正確な位置は大規模な地形改変が行われていたので、場所の同定がやや困難であったが、両側の地形からみるとまさに安富断層の位置に当るものであった(第2図のH地点)。

トレンチAの底部にも小角礫を含む粘土からなる断層破碎帯が観察された。バックホーでの掘削状況ではかなり固結しているようであったが、両側壁面からの崩壊ですぐに埋没してしまったので、この破碎帯を詳しく調べることはできなかった。また、この東南東延長に当たる位置の小道脇(第2図I)にも軟弱な断層破碎帯が局部的に見られたが、これは安富断層に伴う破碎帯とみられる。

トレンチ A・B の北東の断層分離丘(=閉塞丘)の北側(第2図J付近)に沿って新農道が作られていたが、かなり幅広い断層破碎帯が数ヶ所で観察された。それらは幅数m 以上に及び、見掛け上は軟弱で、走向も安富断層にほぼ平行しているようであった。それらのうちで主要な部分を第7図Dに示した。それらは現在の小地形にも全く表現されていないことから、第四紀後期に活動している安富断層に先行して形成された古期の破碎帯とみなされる。見掛け上の破碎帯の岩相(固結度や組織など)は安富断層のそれとの相違がほとんど分らなかった。

すでに松田・岡田(1968)が指摘したように、山崎断層系沿いでは神戸・広川(1963)の地質図をみると右ずれとみられる場所が多く、断層の一部は活断層ではない。また、奥園ほか(1981)も記載しているように、安富断層の中部にも活断層の北側に平行する古期の断層帯があり、上述の断層破碎帯はこれらに対応するものであろう。

VII. 考 察

今まで記載してきたことから、山崎断層系とくに安富断層に関する主な事柄について若干の考察を行う。

1) 断層の形態

安富断層に沿って破碎帯には幅数m に及ぶ破碎度Vの粘土帯が断層鞍部列を連ねた断層線に沿って伴わ

れているが、その破碎度は南北両側に向かって徐々に減少し、角礫帯を経て普通に見られる岩石に変わってゆく。基盤の中古生界の中にみられる断層（破碎帯）は概して南傾斜の高角度の断層面を示すが、ほぼ垂直から幾分北傾斜の所もある。しかし、起伏を伴う断層変位地形が連続的にほとんど直線状で延びることから、活断層面は本質的にはほぼ垂直に近いと推定される。断層破碎帯は通称「ネオテク粘土」とよばれるきわめて軟弱な部分を伴っている。これが数ヶ所で第四紀層と接しているので、この部分に沿って断層運動が最近地質時代まで繰返し活動していることは明らかである。

一方、谷底堆積物を切る部分では断層は表現形態が場所によりかなり異なる。トレンチA（第4図）ではほぼ垂直で上下方向で南側へ凸に湾曲した2枚の断層面（第4図の平行の破線）が見られたが、数m西方（第5図）ではV字形に分枝し、さらに小さな断層を伴う複雑な形態に移行している。また、トレンチCでは2本の高角度の見掛け上の正断層がみられ、この付近は表層地質内での断層が南側の断層（CF2W～CF2E）から北側の断層（CF1）へと乗り移っている所ようである。

トレンチAの東西両側では断層は高角度であるが、南北のどちら側が隆起しているのかは、地層断面・引きずりの状態・年代測定値などからみても明確ではない。谷底堆積物は下流側に緩く傾斜しており、横ずれと上下変位の両方が伴われていると予想されるので、断層を挟む南北両側における地層対比は困難となる。さらに、岩相変化の激しい谷底堆積物で横ずれが伴えば、上下変位の向きは求めにくくなる。

トレンチCではIV2）末で述べたように高角度の正断層が「ミ」の字形の分布をなして配列している。これは左ずれに伴う剪断割れ目ないし小断層であると考えられ、リーデルシアア状の雁行配列をしているとみなされる。ところで、上で述べた正断層が見掛け上では北東側に低下しているが、これは堆積物中の新期断層が他の断層へ移行する場所での現象であり、全般的な傾向とは異なる可能性が高い。また、このトレンチCでは北（下流）側に下位の古い地層が浅い所にみられ、それらの地層は見掛け上では南側ないし南西側に傾斜している。トレンチCは谷底のほぼ中心線に沿って掘られたので、地層の南傾斜は異常であるが、（左）横ずれによって断層の北側が西側に移動してきたのであれば、谷底および斜面に沿って堆積してきた下位の堆積物が浅所に出現したり、層理が南傾斜していることもごく自然に説明できる。トレンチA（第5図）最下部の断層北側で見られた破碎帯も北側隆起だけではなく、左ずれによって基盤の破碎帯が西方（下流側）に移動してきたとすると説明しやすい。

調査地付近の谷底堆積物は全体としてあまり粘着性のない軟弱な地層であり、基盤岩で左横ずれの卓越した断層運動が生じたとき、新期の被覆層である谷底堆積物がどのように変形するかが検証される。一連の断層（線）沿いでも、地表付近での断層形態や地質内での表現は著しく異なることがよく判ったが、これらの現象は横ずれの卓越した地震断層に沿って、とくに新期堆積物からなる場所がよく認められてきた（主な解説として松田 1976 小出ほか 1979参照）。

上述の諸形態、すなわち、直線状の断層線、高角度の断層面、平滑で明瞭な断層面、断層に沿う著しい側方変化、引きずり状の地層変形、トレンチCで認められた新期堆積物内での断層の雁行状配列などは、今までに発掘調査した鹿野断層（岡田ほか 1981b）・丹那断層（丹那断層発掘調査研究グループ 1983）・跡津川断層（跡津川断層発掘調査団 1983）などの形態で見られたように、横ずれ断層の特徴を極めてよく備えているといえよう。

2) 断層の活動時期

(1) 8～12世紀の活動

トレンチAでは、第4図のA1～4層は全く断層変位を受けておらず、ほぼ水平に堆積している。しかし、A4層とA5層以下の地層とはわずかに斜交しており、また、A6層以下は断層変位を受けて撓んでいる。したがって、A4層（上部の年代：480年 B.P.）とA6層（上部の年代：1860年 B.P.）あるいは北側のA6N層（1800年 B.P.）との間に少なくとも1回の地震変位があったと考えられる。なお、A4層以後の地層は全く変位していないので、この間にクリープ性や小刻みな運動は生じていない。これらの事実から、

上述の A4~A6層間に認められた断層運動は急激な断層活動(=大地震変位)であったと考えられる。

トレンチCでは、C3層以下の地層を切断する2本の断層が見られたが、これらはC2層で被覆され、断層変位を受けた様子が見られない。したがって、この断層運動はC2層堆積以前で、C3層堆積以後またはその堆積中に発生したとみなされる。前述のようにC2層下部は750年 B.P. (約1200年 A.D.) と測定された。C3層下位にあるC4層は1170年 B.P. (780年 A.D.) であったから、トレンチCでの断層変位は750年 B.P. 以前で、1170年 B.P. 以後に最新の断層運動があったことになる。

このように、トレンチAでの断層変位は480年 B.P. 以前で1800年 B.P. 以降であり、トレンチCでの断層変位の時代はその年代幅の中に含まれている。したがって、両トレンチで見出されたそれぞれの断層運動は同一時の変位を現わしていると考えられる(第9図)。

田山(1904)の大日本地震史料によれば、西暦868年8月3日(貞観10年7月8日)に播磨・山城二国に地震があり、その原典である三代実録には、「秋七月八日巳刻、地震動、内外垣屋、往々禿破、十五日丙午、播磨国言、今月八日大地震動、諸郡官舎、諸定額寺堂塔、皆盡傾倒」と記されている。この記録から宇佐美(1975)は震央を北緯34.8°、東経134.8°と求め、規模(=M)を7.1としている(第1図)が、宇佐美(1986)は新史料が得られなかったものの、上述の記載から震央を一応播磨の国府(=姫路)とし、規模を ≥ 7.0 とみなしている。近畿中部西半城付近で発生した大地震を宇佐美(1975)や活断層研究会(1980)などの文献で調べてみると、前述の年代幅ではこの「播磨地震」しかみられない。また、上述の震央付近にはM=7以上の地震を引起すような活断層は知られていない。したがって、発生年代をより限定した750~1170年 B.P. の断層変位は868年播磨地震の震源がこの安富断層であることを示唆している。

なお、西村ほか(1985a, b)は山崎断層系の東方延長にあたる場所に三田断層を認め、これも山崎断層系に属するとしている。そして、これは3340年 B.P. より新しい沖積層を切り、江戸時代中期より古いと推定される水田下部の地層を切っていないことから、この断層が動き、播磨地震の震央は三田市付近にあった可能性が大きいとしている。筆者らはそれらの場所の現地調査をしていないが、空中写真や地形図判読によると、図示された三田断層に沿うリニアメントには累積的な変位地形らしきものを認め難い。したがって、その部分が播磨地震の震源になった可能性は少ないように思われる。

こうした事情からみて、播磨地震は従来から指摘されていた(岡田・安藤・佃 1979, 岡田・安藤 1979)ように、この地域の山崎断層系から発現した可能性がもっとも高いと考えられる。しかし、その時の範囲(あるいは部分)までが動いたかなどの、より詳細な復元は今後の課題である。

(2) 1900~2500年前の断層運動の可能性

8~12世紀の断層変位に先行する断層変位について考察する。第5図のA6~A8層は上述のように、最新(8~12世紀)の断層変位を受けているが、これらより下部の地層はさらに大きく変形している。A6~A8層は断層運動による圧縮で層厚を増し合体するような変形をしたとみられる。また、F3断層は2540年 B.P. や2280年 B.P. (同じ試料によるGaK-8235の810年 B.P. は上下の年代値からみて明らかに不相当)と測定された黒色腐植質~泥炭質層を切断し、1910年 B.P. または1860年 B.P. の腐植質層で不整合状に覆われている(なお、前述のように年代だけからみると、これらがA6-8層に対比されるともみなされるが、壁面を丹念に追跡し、それらより下位の地層であることを確認した)。したがって、これらの年代間にも一つの事変があった可能性も高い。しかし、これは断層帯内の小規模な一現象に過ぎないので、断定するには証拠がやや不十分であろう。断層帯内で上記の最新の変位時に地層の塊がブロック的な回転運動をして形成されたことも考えられるからである。

(3) 数千年前頃から5560年間の断層運動の可能性

第4図で見られるように、トレンチAでは断層の北側で1800年 B.P. と測定された腐植質~泥炭層はほぼ水平であるのに、5560年 B.P. とされた地層とその上位にある2つの腐植質層は大きく引きずり上げられている。この2層とA6N層の間に不整合があっても、上下とも礫層であるので確認は極めて難しい。

したがって、これらの間にも地震変位があった可能性がある。しかし、一つの地震に伴う断層変位でも地表付近とその地下では地層変形の表現が異なることもあり得るので、これもやや不確実である。なお、第4図の南側や第5図ではこれに該当する変位は明らかではない。

VIII. ま と め

山崎断層系安富断層の発掘調査とその後に行われてきた工場造成工事によって現われた露頭の調査などによって、次のような知見が得られた。

(1) 断層変位地形から左ずれ卓越の活断層とされていた安富断層は、地質的にも少なくとも数万年に降横ずれ成分が大きい断層であることが確認された。しかし、左ずれの方がトレンチCの壁面を説明しやすい層序であったが、地質だけでは横ずれのセンスを決めるほど明確な証拠は見当たらなかった。

(2) トレンチの場所の北方を並走する断層破砕帯沿いには断層変位地形はみられず、直線状にのびる谷は断層線谷の性質をもつと認められる。この既存の弱帯の南側に生じた安富断層が第四紀の遅くとも後半になって活動し始めたようである。山崎断層系は再活動した活断層帯であり、一部は新しい破砕帯を作りつつ動いてきた。

(3) 断層鞍部列を連ねた推定断層線の直下で谷底堆積物の中～下部に明らかに断層変位を受けた証拠が見出された。堆積物中での断層の形態は場所によってかなり異なるが、いずれも高角度の断層であり、側方へ急激に変化する。さらに、変位の方向と量や断層沿いの地層の変形様式が上下方向にも走向方向にも著しく変化していることは横ずれの卓越を示唆する。

(4) 最新の断層運動は7世紀後期から12世紀の間に起こっており、それは868年播磨地震の活動である可能性が大きい。この事変の以前にも2つの先行する運動を推定することができる。その場合には第9図に示すように、この断層の活動間隔は最も短くて約千年程度ないしそれ以上となるが、おそらく、それ以上の数千年程度であるとみなすが妥当であろう。

謝 辞

調査地点の土地所有者である横田工業 K. K. とくに下川専務および安富町役場横野参事には土地使用に際してお世話になった。掘削は安富町長野の石田組に依頼した。調査時には、神戸大学地球科学教室の教官および学生諸氏の協力を得た。道路公団が撮影した空中写真(1/7000)とそれによって図化した1/1000地形図は活断層の詳しい認定や地形分類図作成に大変有効であった。¹⁴C年代測定は学習院大学および日本アイソトープ協会に、土器鑑定は名古屋大学地理学教室の井関弘太郎教授を通して、檜崎彰一教授に依頼した。調査後の工事により断層破砕帯が露出しているとの情報は京都大学防災研究所の渡辺邦彦氏より戴いた。トレンチ発掘に関する調査費の一部は東京都立大学の貝塚爽平教授を代表者とする文部省科学研究費・自然災害特別研究「活断層の分布・活動度と地震危険度」を使用した。¹⁴C年代測定費の一部は東大地震研究所の松田時彦教授にお世話になった。上記の皆様に厚くお礼申し上げます。

注

1) 松田・岡田(1977)は断層破砕帯の破砕度の分類に次の5段階に分けている。V:主として(90%以上)細粒物質(断層作用によって生じた粒径が0.2mm=細粒砂以下の物質)よりなる。IV:細粒物質が面積比で粗粒物質より多量(50~90%)である。III:細粒物質は粗粒物質より少量である。II:細粒物質は一般に認められない(あっても10%以下)が、小断層・節理などの割れ目が概して10cm以下の間隔で生じている。I:細粒物質はなく、割れ目が概して10cm以上の間隔で生じている。

引用文献

安藤喜美子(1972):三浦半島・伊豆半島および兵庫県山崎付近における断層の横ずれによる谷の変位量について。地理学評論, 45, 716-725。

- 安藤雅孝・岡田篤正 (1979): 活断層の発掘調査. 「活断層の分布・活動度と地震危険度」文部省科学研究費自然災害特別研究成果, 78-87, No. A-54-4, 106P.
- 跡津川断層発掘調査団 (1983): 跡津川断層におけるトレンチ掘削調査 (速報). 月刊地球, 5, 335-340.
- 福井謙三 (1981): 山崎断層系の変位地形. 地理学評論, 54, 196-213.
- 平野昌繁 (1973): 加古川中流部の明美面を切る山崎断層の延長部における水平変位速度の推定. 大阪市立大学文学部紀要, 25, 1099-1108.
- HUZITA, K. (1969): Tectonic development of Southwest Japan in the Quaternary Period. Jour. Geosci. Osaka City Univ., 12, 57-70.
- 藤田和夫 (1980): 山崎断層系. 地震予知シンポジウム, 143-147.
- 兵庫県地質図作成委員会 (1961): 兵庫県地質鉱産図 (17万分の1). 兵庫県.
- 池辺展生・藤田和夫・松田時彦・岡田篤正 (1969): 山崎断層は生動する. 日本地質学会西日本例会講演.
- 神戸信和・広川 治 (1963): 5 万分の1 地図「佐用」及び同説明書, 29+8P. 地質調査所.
- 活断層研究会編 (1980): 日本の活断層—分布図と資料. 東京大学出版会, 363P.
- 岸田孝蔵・広川 治 (1965): 5 万分の1 表層地質図「龍野」. 土地分類基本調査. 経済企画庁.
- KISHIMOTO, Y. (1981): On precursory observed at the Yamasaki fault, Southwest Japan, as a test-field for earthquake prediction. Earthquake Prediction—An international review, 510-516, Maurice Ewing Series 4, Am. Geophys. Union. 680p.
- 小出 仁・山崎晴雄・加藤碩一 (1979): 地震と活断層の本. 国際地学協会, 123P.
- 松田時彦 (1976): 活断層と地震—その地質学的研究. 地質学論集, 12, 15-32.
- ・岡田篤正 (1968): 活断層. 第四紀研究, 7, 188-199.
- ・—— (1977): 断層破砕帯の破砕度階級—野外観察による分類試案. MTL, 2, 117-125.
- 西村 進・茂木 透・見野和夫・貞広太郎 (1985a): 断層の診断 (1)—山崎断層系. 京都大学防災研究所年報, 28(B-1), 91-97.
- ・——・——・山田 治 (1985b): 近畿地方北西部地域の活構造 (2)—三田市西部での最終活動. 地震, 38, 243-249.
- 尾池和夫・岸本兆方 (1976): 地震予知テストフィールドとしての山崎断層. 地震予知シンポジウム, 83-90.
- 岡田篤正・安藤雅孝 (1979): 日本の活断層と地震. 科学, 49, 158-169.
- ・——・佃 為成 (1979): トレンチ発掘による活断層の調査. 月刊地球, 1, 608-615.
- ・——・—— (1980): 山崎断層の発掘調査. 地震予知連絡会会報, 24, 190-194.
- ・——・—— (1981a): 山崎断層の地震繰返し間隔. 地震予知連絡会会報, 26, 251-253.
- ・——・—— (1981b): 鹿野断層の発掘調査とその地形・地質・地震学的考察. 京都大学防災研究所年報, 24(B-1), 105-126.
- ・——・—— (1986): 1979年山崎断層系安富断層 (安志) トレンチ調査. 活断層研究, 3, 13-18.
- 岡山俊雄 (1953): 日本の地形構造. 駿台史学, 3, 28-38. 及び付図「20万分の1 日本切峰面図(MS)」.
- 奥園誠之・羽根田汎美・安川正春 (1982): 新しい断層面をもつ切土工事例とその対策. 土と基礎, 30-3, 33-38.
- 丹那断層発掘調査研究グループ (1983): 丹那断層 (北伊豆・名賀地区) の発掘調査. 地震研彙報, 58, 797-830.
- 田山 実 (1904): 大日本地震史料. 震災予防調査会報告, No. 46甲, 乙, 1-606, 1-595.
- 辻村太郎 (1932): 東北日本の断層盆地. 地理学評論, 2, 130-152, 192-218.
- 佃 為成・安藤雅孝・岡田篤正 (1979): 大昔の大地震の痕跡をさぐる. 地理, 9月号, 口絵写真および64-71.
- 宇佐美龍夫 (1975): 資料 日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 327P.
- (1986): 歴史地震事始. 自費出版, 185P.
- 地震予知小委員会・地震学会 (1980): 地震予知シンポジウム. 241P.

(1986年10月23日受付, 1987年1月21日受理)