



## 中央構造線活断層帯川上断層の 完新世後期における活動履歴

堤 浩之\*<sup>1</sup> 岡田篤正\*<sup>1</sup> 後藤秀昭\*<sup>2</sup> 松木宏彰\*<sup>3</sup>

**Late Holocene faulting along the Kawakami fault, an active segment of the Median Tectonic Line, southwest Japan**

Hiroyuki TSUTSUMI\*<sup>1</sup>, Atsumasa OKADA\*<sup>1</sup>, Hideaki GOTO\*<sup>2</sup> and Hiroaki MATSUGI\*<sup>3</sup>

### Abstract

The Median Tectonic Line active fault zone (MTL), with slip rates as high as 5-10 mm/yr, is one of the most active inland faults in Japan. However, the seismic hazard evaluation on the MTL is hampered by insufficient paleoseismological data, mainly due to sparse distribution of trenching sites along the fault zone. We have conducted a first major paleoseismological study of the Kawakami fault, a segment of the MTL in northwestern Shikoku. The study includes aerial photograph interpretation and paleoseismic trenching. Two trenches were excavated across the Kawakami fault northeast of downtown Komatsu, Ehime Prefecture in 1997. The sediments exposed on the walls in the eastern trench are middle to late Holocene fluvial deposits ranging in texture from silt to gravel. These sediments are offset along an almost vertical, 3-m-wide fault zone. The sense of apparent displacement across the fault zone is down to the north, consistent with Holocene scarps around the trench site.

The sediments in the trench contain evidence for three episodes of surface-rupturing earthquake in the past 4000 years B.P. The most recent surface-rupturing earthquake, event A, on the Kawakami fault occurred sometime during the 7th and 19th century AD. Historical documents report extensive damage around the trench site during an earthquake in 1596, and this earthquake may be correlated to the latest faulting on the Kawakami fault. The penultimate event, event B, occurred sometime during the 1st and 10th century AD. Another earthquake, event C, occurred after the deposition of layer VII, which was radiometrically dated at about 4000 years B.P.

### はじめに

四国の中央構造線活断層帯は、変位速度が5~10mm/yrに達する日本内陸で最も活動的な活断層帯のひとつである(岡田, 1973a)。この活断層帯に沿う地域は、県庁所在地である徳島市・松山市をはじめとする人口密集地であり、地震災害軽減のための対策が早急に必要とされている。

中央構造線の完新世における活動史については、1984

年に行われた四国中央部の岡村断層の調査(岡田, 1988)を皮切りに、主に大学や地質調査所によって調査が進められてきた。特に岡村断層や四国東部の父尾断層・神田断層<sup>すんでん</sup>では複数のトレンチが掘削され、最新活動時期や活動間隔、1回の地震に伴う変位量などが明らかにされてきた(Tsutsumi *et al.*, 1991; Tsutsumi and Okada, 1996; 岡田・堤, 1997; 岡田ほか, 1998)。また近年、科学技術庁の地震関係基礎調査交付金を受けて、地方自治体が数多くのトレンチ調査やボーリング調査を行っており、それらの

\*<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室

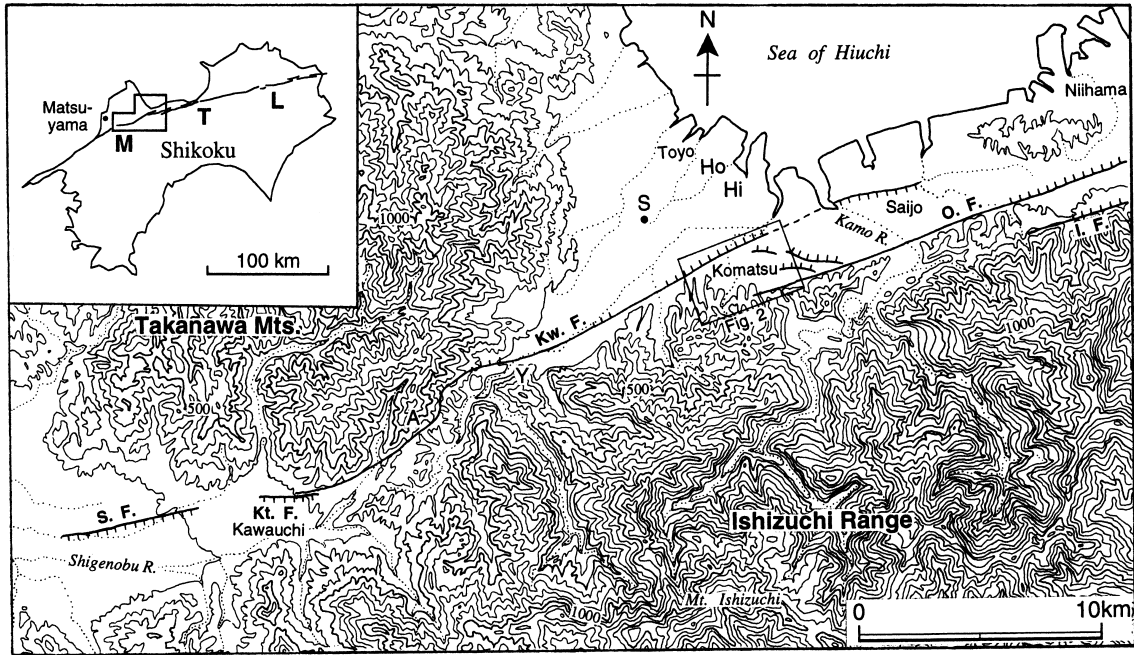
\*<sup>2</sup> 日本学術振興会特別研究員(広島大学文学部地理学教室)

\*<sup>3</sup> 復建調査設計(株)

\*<sup>1</sup> Department of Geophysics, Kyoto University

\*<sup>2</sup> Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science (Department of Geography, Hiroshima University)

\*<sup>3</sup> Fukken Co., Ltd.



第1図 四国北西部における活断層の分布

等高線間隔は100m. 長方形の枠は第2図の範囲を示す. 活断層の分布は後藤ほか(1998), 後藤・中田(1998), 中田ほか(1998)による.

I.F.: 石鎚断層, Kt.F.: 北方断層, Kw.F.: 川上断層, O.F.: 岡村断層, S.F.: 重信断層.

A: 川内町相之谷, Hi: 東予市広江, Ho: 東予市北条, S: 東予市周布幸の木遺跡, Y: 丹原町湯谷口.

成果の概要も徐々に公表されつつある(愛媛県, 1998; 徳島県, 1998). さらに従来行われてきたような大規模なトレンチ掘削調査に代わるものとして, Geoslicer(中田・島崎, 1997)を使った地層抜き取り調査や小規模なトレンチ掘削調査により, 最新活動時期の解明に焦点を当てた調査が数多くの地点で行われている(後藤・中田, 1998).

このように四国の中央構造線活断層帯の古地震に関するデータは着実に蓄積されつつあるが, 未だに長大な断層帯の数カ所で調査が行われたにすぎない. また最新イベントやそれ以前の複数のイベントの時期を精度よく決めることができた調査は多くない. このように中央構造線活断層帯の長期的地震危険度評価を行う基礎となる古地震のデータは, 量的にも質的にも不足しているのが現状である.

そこで本研究では, 1997年1~2月に四国北西部の愛媛県小松町と西条市の境界付近において, これまで古地震学的調査が行われていない川上断層のトレンチ掘削調査を実施した. その結果, 川上断層の完新世後期における活動時期や活動間隔について新たなデータが得られたのでここに報告する.

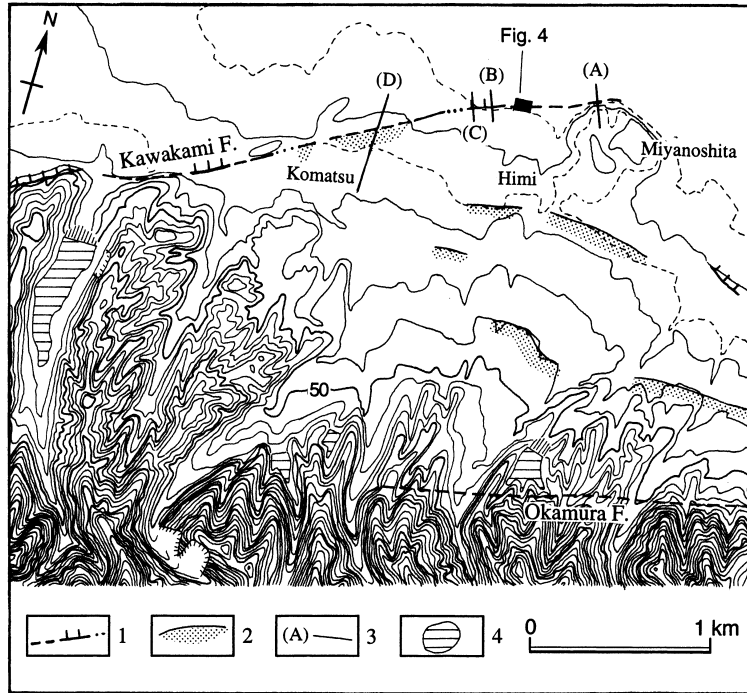
### 調査地域の概観

四国北西部における中央構造線活断層帯は, 雁行配列する

岡村断層・川上断層・<sup>きたかた</sup>北方断層・重信断層・伊予断層・<sup>こみなと</sup>米湊断層などから構成される(第1図, 岡田, 1973a; 後藤ほか, 1998; 岡田ほか, 1998; 中田ほか, 1998). これらの活断層に沿っては, 低断層崖や河谷の右横ずれ等の変位地形が連続的に認定され, 第四紀後期にも若干の上下変位を伴う活発な右横ずれ運動を繰り返してきたことが明らかにされている(岡田, 1973a).

川上断層は松山平野の北東部に位置する愛媛県川内町から, 石鎚山脈の北麓に位置する西条市まで, 30km以上にわたって延びる活断層である(第1図). この断層の西部は高縄山地の南東縁に一致し, 南流する河谷を系統的に右横ずれさせている. 川内町相之谷から丹原町湯谷口の区間では, 川上断層は三波川帯と領家帯の地質境界に沿っており, 断層の地表トレースが大きく屈曲している. 湯谷口から小松町に至る区間では, 断層のトレースは石鎚山地の北麓沿い, もしくはそのやや北を北東-南西方向に直線状に延びる.

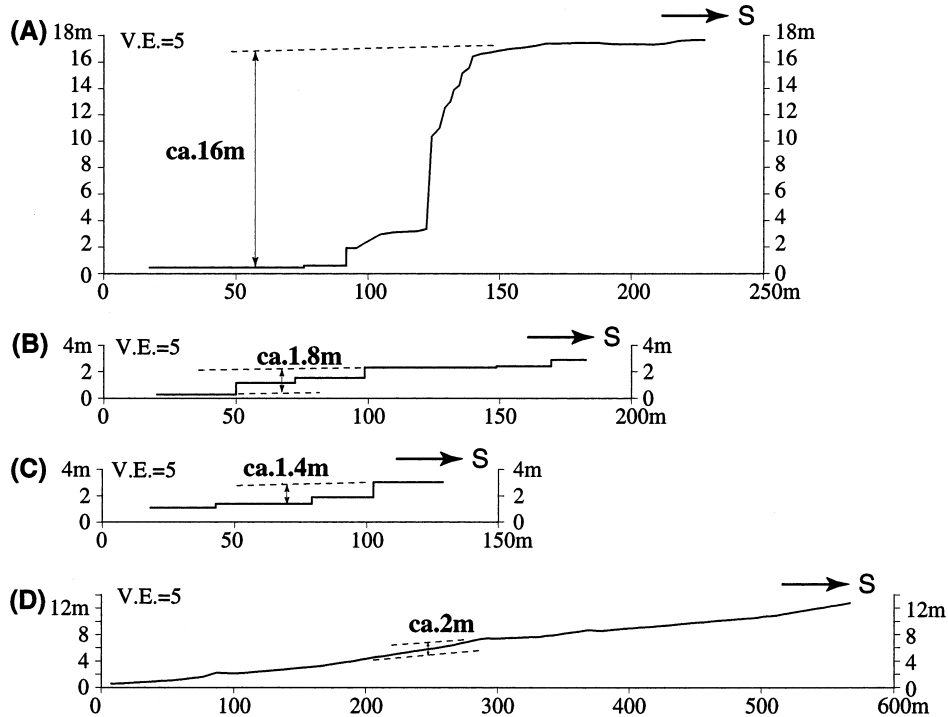
従来の研究では, 川上断層は小松町市街地の西付近が東端であると考えられていた(岡田, 1973b; 水野ほか, 1993). 今回トレンチ調査地の選定のため, 縮尺1/10,000と1/20,000の空中写真判読および現地調査を行ったところ, 川上断層は小松町市街地を通過し, 少なくとも西条市宮の下まで延長することが明らかとなった(第2図, 中田ほか, 1998; 堤ほか, 1998). 市街地を横切る部分ではブ



第2図 愛媛県小松町市街地周辺における活断層・活撓曲分布図

等高線間隔は10m。破線は標高5mと15mの等高線を示す。断層の分布は中田ほか(1998), 堤ほか(1998)による。トレンチ調査は第4図の位置を示す黒枠内で行った。

1: 活断層(ケバは低下側を, 破線は位置が不確かな部分を, 点線は伏在部を示す), 2: 北落ちの活撓曲, 3: 第3図に示す地形断面図の位置, 4: ため池。



第3図 トレンチ調査地周辺における川上断層の低断層崖・撓曲崖を横切る地形断面図  
すべての断面の縦・横比は5:1である。断面の位置は第2図参照。

ロードな北落ちの撓曲崖として(第3図, D), 小松町新屋敷付近から東では比高1~2mの低断層崖として認定される(第3図, B, C). この低断層崖の延長は, 宮の下に分布する中位段丘相当の扇状地性段丘の北端に一致する. 従来より, この段丘が南に逆傾斜していることが指摘されてきたが(岡田, 1973b), この逆傾斜は段丘の北を限る川上断層の活動によるものと考えられる. この中位段丘を切る低断層崖の比高は約16mである(第3図, A).

さらに最近, 後藤・中田(1998)は, 川上断層がさらに東方の西条市街地付近まで延長することを, 詳細な地形判読とボーリング資料による地下地質の検討から指摘した(第1図). 加茂川以東の部分では, 断層の上下変位は南落ちであり, これは右ずれ断層運動に伴う上下変位の分布パターンと調和的であると考えられている(後藤・中田, 1998).

トレンチ掘削調査を行った小松町と西条市の境界付近では, 岡村断層に沿っては第四紀後期の活動を示す地形的な証拠はほとんど認められず, それに代わって北側に分布する川上断層が, 明瞭な変位地形を伴っている. また川上断層と岡村断層が並走する部分では, 両断層に斜交する西北西~北西走向の複数の断層・撓曲が発達しており(第2図, 中田ほか, 1998; 堤ほか, 1998), これらが岡村断層から川上断層への変位の移行を担っている可能性がある. よって小松町と西条市の境界以西の地域では, 中央構造線活断層帯の主要な変位は川上断層によって賄われていると考えられ, 本トレンチ調査から得られたデータがこの地域の中央構造線活断層帯の活動史を代表するものと考えて差しつかえない.

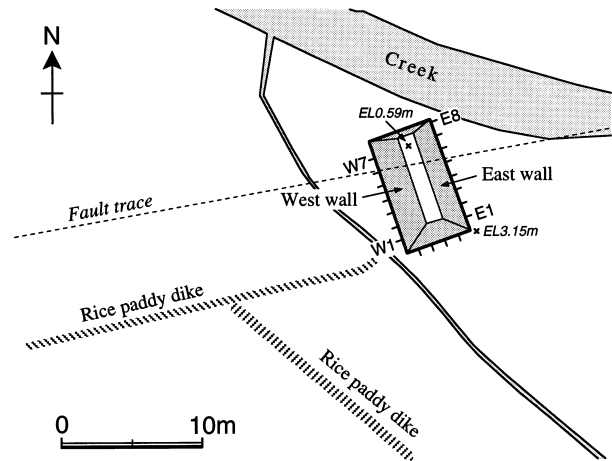
## トレンチ掘削調査

### 1. トレンチ掘削調査の概要

トレンチ掘削調査は小松町と西条市の境界付近で, 約100mの間隔をおいた2ヶ所で行った. 西側のトレンチは小松町新屋敷で, 東側のトレンチは西条市氷見で掘削された. どちらのトレンチにも, 予想した位置に明瞭な断層帯が現れたが, 本論文ではこのうち断層運動の時期を比較的良好に解明できた東側のトレンチについて記載する.

このトレンチは標高が約3mの休耕田上で, 断層の走向にはほぼ直交するN20°Wの方向に長軸を持つように掘削された(第4図). トレンチは長さ約8m(南北方向), 幅約5m(東西方向), 深さ約2.5mである. 壁面の傾斜は40°~60°である. 東西壁面には左右・上下1m毎に水糸を張り, 1辺1mのグリッドを設けた. なお上下方向のグリッドはグリッド番号2が標高2mの高さになるように設定した(第5図).

東西壁面において縮尺1/10でスケッチを行なった. 南



第4図 トレンチ調査地点の位置とトレンチの平面形

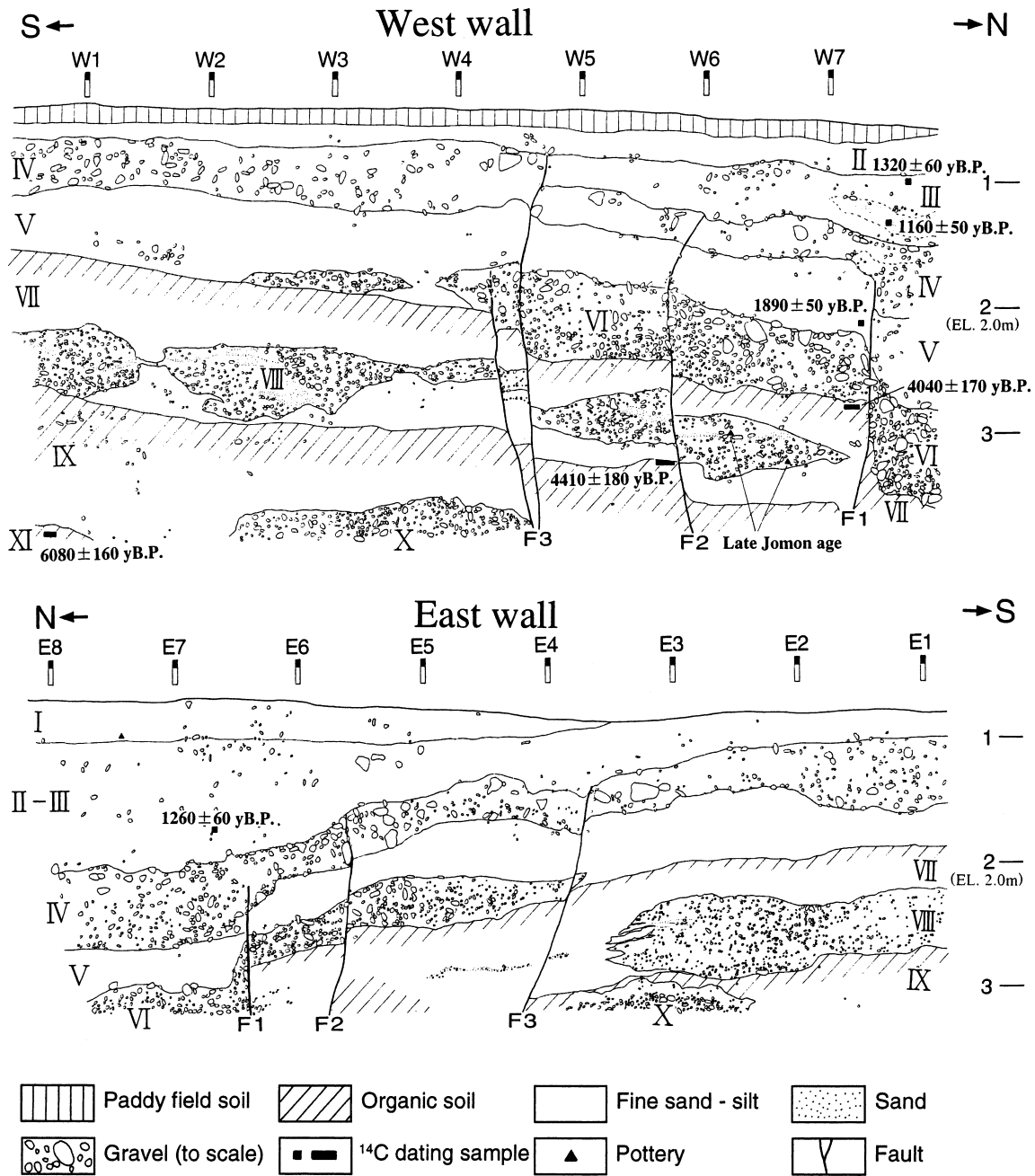
北壁面は予察的なトレンチの掘削によって一部が観察不能となっていたため, 特に詳細なスケッチは行わなかったが, 地層の連続性は確認できた. またこれらの壁面からは木片, 腐植土, 炭などの<sup>14</sup>C年代測定用試料および土器片などの考古遺物を採取した. 腐植土の<sup>14</sup>C年代測定は広島大学文学部地理学教室においてメタノール液体シンチレーション法により筆者らが行った. 炭についてはBeta Analytic社にAMS年代測定を依頼した. 土器片は京都大学埋蔵文化財研究センターの清水芳裕先生に鑑定をお願いした.

### 2. トレンチ壁面の層序と堆積年代

トレンチ内に露出した地層は, すべて未固結の礫・砂・シルト・腐植土からなり, 最上部を耕作土が覆う(第5図; 第6図). これらの地層を主として層相の違いに基づき, 上位のものからI層~XI層に区分した. また壁面に認められる断層を北のものからF1, F2, F3とした. これらの地層の層相や年代について, 以下に簡潔に記載する. なお記載に際しては壁面上での位置をE3.5/2.5のように表記し, /の前の記号と数値は水平位置を(E:東壁面, W:西壁面), /の後ろの数値は鉛直位置を示す. また地層の層厚や断層による変位量の記載に際しては, 第5図のスケッチ上で確認しやすいように, 傾斜した壁面上での見かけの層厚・変位量を記載する.

耕作土は西壁面では地表下20cmまでの部分に見られるが, 植物根の混入が著しく, I層以下の自然堆積層とは明瞭に区別される. 東壁面では掘削に先立って表土として剥ぎ取られた. なお壁面で観察される礫のほとんどは和泉層群起源の砂岩礫であり, まれに三波川帯起源の緑色片岩礫が見られる.

I層: 東壁面のE3.5以北にのみ分布する淡褐色の細砂層であり, 最大径約5cmの角礫を含んでいる. E8付近で



第5図 トレンチ東西壁面のスケッチ  
地層区分, <sup>14</sup>C年代測定値, 土器片の鑑定結果を示す.

は厚さ約30cmであり, トレンチ北東部にかつて存在した地表の低所を埋めるように堆積したと考えられる. この層の最下部 (E7.4 / 1.0) から径約2cmの江戸時代の陶器のかけらが出土した.

II層: 灰褐色の礫混じり細砂層であり, この層より下位の地層は東西両壁面で観察される. 西壁面では礫の混入の度合いの違いから, 下位のIII層との境界は明瞭である. 東壁面では境界が不明瞭であるため, 区別せずにII-III層と示す(第5図). 西壁面ではII層は断層変位を受けておらず,

層厚は15~25cmとほぼ一定である.

III層: 灰褐色の細砂層であり, 最大径約10cmの砂岩亜角礫を含む. 西壁面ではF3より北のみに見られる. 層厚はW5.3付近で約25cm, W7.5付近で55cmと北へ厚くなる. 東壁面でもII-III層は北へ厚くなる傾向が明瞭である. III層からは西壁面で1160 ± 50yBPと1320 ± 60yBP, 東壁面で1260 ± 60yBPの計3点の<sup>14</sup>C年代測定値が得られた(第5図). これらの暦年補正值はAD630~1000年の範囲におさまる(第1表).

**IV層：** 最大径約20cmの淘汰の悪い砂岩垂角礫を細砂～シルトが充填した地層であり、全体的に黄褐色を呈する。この地層は3本の断層により変位を受けているが、特にF1を境にして層厚と色調が著しく変化する。東壁面ではF1の南側で厚さは約25cmであるが、北側では約60cmとなる。マトリックスもF1の南側では黒灰色のシルトとなり、湿地性の堆積環境が推定される。

**V層：** 均質な灰白色細砂層であり、ところどころに腐植を含む。VI層の礫層とは一部で指交関係にある。V層の上面はIV層の礫層に削り込まれており、やや凹凸がある。この層の下部で得られた炭(W7.2/2.1)からは1890±50yBPの年代値が得られた。この年代を暦年補正するとAD25～245年となる(第1表)。

**VI層：** 西壁面ではW2.3, 東壁面ではE3.7以北に分布する砂岩の垂角礫層であり、断層運動による地表の低下側で厚く堆積しているのが特徴である。礫の最大径は20cmであるが、径5cm以下の中礫サイズのもの卓越する。

**VII層：** 静水環境下で堆積したと考えられる均質な灰白色細砂～シルト層である。最上部約20cmは植物遺体を多量に含む腐植の密集帯となっており、トレンチ全壁面にわたってよい鍵層となる。VII層の最上部(W7.1～7.3/2.8)で採取された腐植土からは4040±170yBPの年代値が得られた。

**VIII層：** VII層の中部～下部に挟まれる淘汰のよい中礫サイズの垂円～円礫であり、この中には砂の薄層が挟まれる。西壁面のW1.0以北ではVIII層の細砂～シルトに挟まれて分布するが、それよりも南、および東壁面では下位のIX層上に直接堆積している。E3.0～3.5付近ではVII層とVIII層の指交関係が明瞭である。西壁面の2ヶ所(W6.2/3.0, W6.6/3.2)から土器片が出土し、どちらも縄文後期の土器と鑑定された。これはVII層およびIX層の年代測定結果と矛盾しない。

**IX層：** VII層と同様な静水環境下で堆積したと考えられる均質な細砂～シルト層である。層全体にわたって植物遺体や木片を多量に含んでいる。この層の最上部の腐植土(W5.6～5.8/3.2)からは、4410±180yBPの年代値が得られた。

**X層：** トレンチ底付近に見られる中礫サイズの礫層である。VI層やVIII層と同様に、細砂～シルト層中に挟まれる礫層であると思われるが、トレンチ壁面にはその一部しか露出していないので堆積構造は不明である。

**XI層：** トレンチ壁面に露出する最下部の地層で、トレンチの南端のW1付近でのみ見られる。腐植質の細砂層であり、最上部から6080±160yBPの年代値が得られている。

以上のようにトレンチの壁面には完新世中期以降の地層が露出している。腐植に富む細砂～シルト層と淘汰のよい

礫層が互層をなしているのが大きな特徴である。

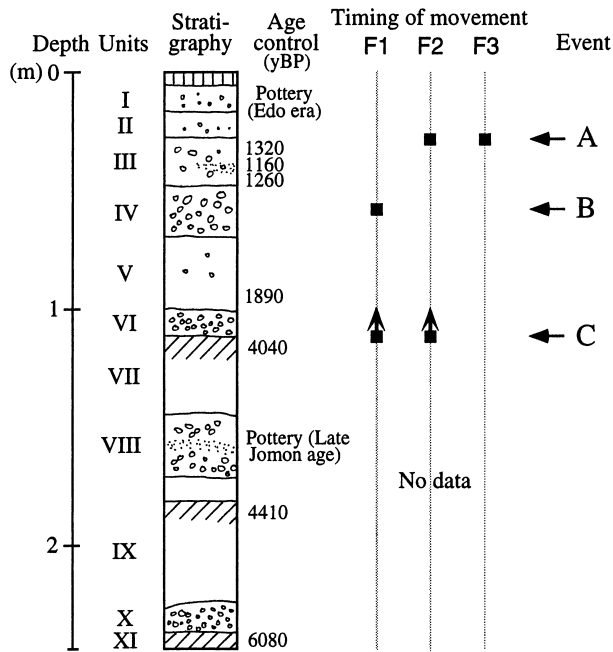
### 3. 断層帯の構造と地層の変形

周辺の低断層崖の延長線上で事前に予想した位置に、III層以下の地層を明瞭に変位させる3本の断層群が現われた(第5図)。これらは全体として幅約3mの断層帯を形成している。最も北側に位置するF1はほぼ垂直もしくは若干南傾斜しており、その南に位置するF2, F3が北に70°～80°で傾斜しているため、これらの断層は地下数mでは1本の断層に収れんする可能性が高い。どの断層も見かけ上の垂直変位のセンスは北落ちであり、周囲で見られる低断層崖と調和的である。

F1はIV層以下の地層を明瞭に変位させる。IV層の基底はF1によって東西両壁面で約40cm上下方向に変位している。IV層がほぼ垂直な境界面を境にしてV層と接する部分(W7.4/1.8～2.1, E6.4/2.4～2.7)では、礫が境界に沿って再配列しており、この境界が断層であることを示す。一方、IV層の上半部はF1を覆うように堆積しており、IV層の上面はF1を跨いでスムーズに連続する。よってF1の最新活動時期はIV層の堆積中と考えられる(第6図)。西壁面において、VII層上面のF1による変位量は75cmであり、IV層基底の変位量40cmの約2倍であることから、VII層はF1により2回の変位を受けているものと考えられる。

F2はVII層以下の地層を明瞭に切断し、その北落ち変位量は15～30cmである。それより上位では、地層の食い違いは不明瞭となるが、断層はIII層とIV層の境界付近までは確実に追跡できる。東壁面ではV層の上面がF2によって約10cm北落ちに変位しており(E5.6/2.0)、その上位のIV層中ではF2に沿って礫が再配列している。西壁面ではV層の上下方向の食い違いは明瞭ではないが、均質な細砂中に上位のIV層の礫が落ち込んでいるのが観察される。東壁面ではF2がさらに上位のIII層に変位をおよぼしているかどうかを読み取ることはできないが、西壁面ではIII層の上面に変位は認められない。F2に沿ってはVII層以下の地層とそれより上位の地層の上下変位量が大きく異なり、F1と同じようにVII層の堆積後2回の断層変位が起こった可能性が指摘できる(第6図)。

F3は西壁面では2本、東壁面では1本の断層として認定される。この断層は東西両壁面において、IV層の上面を20～30cm変位させており、IV層の堆積以後に活動したことは確実である。また西壁面のW4.7/0.8～1.0付近では、IV層の礫層とIII層の細砂層がほぼ垂直の境界で接しており、III層の堆積構造に乱れが見られることから、この境界はF3の延長であると考えられる。III層はF3の最新活動の前には、断層の南側(隆起側)にも堆積していたはずであるが、現在は削剥されてしまって見る事ができない。F3



第6図 トレンチ内の模式層序と断層運動の時期

はその上部で、未変形のⅡ層に覆われるので、最新活動時期はⅢ層の堆積後、Ⅱ層の堆積前となる。F3に沿ってより下位の層準の変位量を見ていくと、Ⅶ層とⅨ層の変位量は西壁面で共に約40cmであり、Ⅳ層の変位量(30cm)と大差ない。よって本トレンチ調査ではF3については1回の活動の証拠が読み取れるのみである。

## 考 察

### 1. 断層運動の時期と変位のセンス

トレンチ壁面で観察される地層と断層の切断・被覆関係や断層に沿う地層の変位量の違いなどを主な手掛かりとして、本トレンチ調査では3回の断層運動の証拠を読み取ることができる。以下では識別されたイベントの時期について新しいほうから順に述べる。

#### <イベントA>

F3は他の2本の断層が変位させていないⅢ層を切断し、未変形のⅡ層に覆われる。よって調査地点における川上断層の最新活動の際にはF3に沿って変位が起こり、その時期はⅢ層の堆積後、Ⅱ層の堆積前であったと解釈される(第6図)。その際の上下変位量は西壁面におけるⅦ層とⅨ層の変位量から約40cmと見積られる。Ⅲ層の年代は3つの年代測定結果からAD630~1000年であると求められる(第1表)。Ⅱ層からは年代測定試料が得られなかったが、その上位のⅠ層から江戸時代の陶器が出土している。よってイベントAは飛鳥時代から江戸時代までの間に起こったと考

えられる。このイベントに対応する可能性のある歴史地震については後述する。

なおF2はⅣ層を確実に変位させているが、Ⅲ層の上面は変位させていないため、最新イベントとは別なイベントの際に活動した可能性も指摘できる。しかしF2によるⅣ層の上下変位量は10cm以下であり、今回の調査で識別された他のイベントに伴う上下変位量(40~50cm)と比べて明らかに小さい。よってF2は最新イベントの際に副次的に変位した可能性が高いと考えられる。

#### <イベントB>

F1によってⅣ層の下面は約40cm北落ちに変位しているが、同層の堆積上面は変位を受けていないことから、Ⅳ層の堆積中に最新イベントよりひとつ前のイベント(イベントB)が起こったと考えられる(第6図)。F2・F3に沿ってはこのイベント時に活動した証拠を読み取ることはできない。Ⅳ層からは年代測定試料が得られなかったが、Ⅴ層から採取された炭からはAD25~245年の年代値が、また未変形のⅢ層からはAD630~1000年の年代値が得られた(第1表)。よってイベントBの年代は広く見積って1~10世紀の間であると考えられる。

#### <イベントC>

F1によってⅣ層の基底は約40cm食い違っているが、より下位のⅦ層は約75cm食い違っており、Ⅶ層はイベントBとさらに古いイベント(イベントC)の2回の変位を受けているものと考えられる。同様な変位量の違いがF2に沿っても見られる(第6図)。このイベントに伴う変位量はF1とF2による変位量を合計すると約50cmと見積られる。イベントCはⅦ層の最上部の年代測定値4040±170yBP以降に起こったと考えられるが、その時期を狭い範囲で特定できるような年代測定試料を上位の地層から得ることはできなかった。

このように本トレンチ調査では川上断層が過去4000年間に3回活動した可能性を指摘することができる。この活動頻度は、中央構造線活断層帯に属する他の活断層の活動頻度に匹敵する。例えば東隣に位置する岡村断層は、西条市飯岡で行われたトレンチ調査の結果、過去4000年間に3回の活動の可能性が指摘されている(岡田ほか, 1998)。また四国東部の父尾断層は過去2千数百年間に2回、神田断層はアカホヤ火山灰降下以降に3回もしくは4回の活動の証拠が読み取られている(Tsutsumi and Okada, 1996; 岡田・堤, 1997)。

今回のトレンチ調査では、川上断層が個々のイベントの際に40~50cm(壁面の傾斜を考慮して求めた変位量は35~45cm)の北落ちの変位を繰り返してきたことが明らかとなった。一方、川上断層の変位センスは河谷の横ずれ等の地形的特徴から、右横ずれが卓越していると考えられるが、

第1表 年代測定結果一覧表

Measured  $^{14}\text{C}$  ages from trench at Himi, City of Saijo

Sample No.	Laboratory No.	$^{14}\text{C}$ age (y B.P.)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Calibrated $^{14}\text{C}$ age (y B.P.)	Calendar age <sup>c</sup>	Description	Unit
HW-126	Beta-135759	1350±60 <sup>a</sup>	-26.9	1320±60	635-865 AD	charcoal	III
HW-125	Beta-103758	1170±50 <sup>a</sup>	-25.7	1160±50	775-995 AD	charcoal	III
HE-121	Beta-103757	1300±60 <sup>a</sup>	-27.7	1260±60	660-895 AD	charcoal	II-III
HW-108	Beta-103755	1950±50 <sup>a</sup>	-29.0	1890±50	25-245 AD	charcoal	V
HW-105	HR-647	4040±170 <sup>b</sup>	N/A	N/A	2880-2280 BC	organic soil	VII
HW-111	HR-649	4410±180 <sup>b</sup>	N/A	N/A	3370-2710 BC	organic soil	IX
HW-116	HR-651	6080±160 <sup>b</sup>	N/A	N/A	5250-4770 BC	organic soil	XI

a: Accelerator mass spectrometry measurement at Beta Analytic

b: Conventional measurement at Hiroshima University

c: Dendrochronologically calibrated calendar age by method A from program of Stuiver and Reimer (1993), with 2 standard deviation uncertainty. Dates are rounded nearest 10 years.

今回の調査のような断層に直交する1本のトレンチの壁面の観察からは横ずれ変位の直接的な証拠を得ることはできない。しかしF1～F3が70°～90°の高角度で傾斜し、明瞭な剪断面を持っていることや、断層の近傍では礫の長軸が水平方向に再配列することなどは横ずれ断層のトレンチ壁面で普遍的に観察される特徴である。よって川上断層の活動に伴う変位も横ずれが卓越しているものと推測される。

また断層運動によって地層が北落ち変位を受けているのと同時に、北への傾動も伴われていることが観察された。Ⅶ層とⅧ層は細砂～シルト層で、それぞれの上部には植物遺体を多量に含む腐植の密集したゾーンが認められる。これらは湿地性の堆積環境を示し、本来はほぼ水平に堆積していたと考えられるが、現在は北へ10°～15°で傾斜しており、これは地層のブロードな撓みの一部であると考えられる。Ⅶ層上面はW1からW4の間で約50cmの高度差があり、トレンチ調査地周辺における川上断層の活動に伴う北落ち変位のかなりの部分が、地層の撓みとして解消されていることがわかる。

## 2. 最新イベントに対応する可能性のある歴史地震

本トレンチ調査によって、最新イベントの時期が飛鳥時代から江戸時代までの間に限定されることが明らかとなったが、ここではこの活動に対応する可能性のある歴史地震について考察する。四国においては1854年の安政東南海地震に伴う被害については、各地で記録が残されている。よってこの年代以降に中央構造線活断層帯が活動したような大地震が発生したとすれば、なんらかの記録が残っているはずであるが、そのような大地震の記録は残っていない(宇佐美, 1996)ので、中央構造線活断層帯の最新活動はそれ以前と考えられる。後藤・中田(1998)は加茂川の右岸で、

比高1.5m未満の低断層崖を認定し、これを川上断層の延長と考えたが、加茂川左岸で1778年に竣工された干拓地である積瑞には変位は認められない。よって川上断層の最新活動はこの年代よりも前である可能性が高い。

愛媛県下に被害をおよぼした18世紀以前の歴史地震から、明らかに南海トラフで発生した地震を除くと、第2表のように直下型地震の可能性のある地震がいくつかあげられる(愛媛県, 1999)。このうち1494年の地震は畿内、1498年の地震は九州に被害が集中しており、四国の中央構造線の活動によって引き起こされた地震である可能性は極めて低い。また、1649年の地震は被害分布が宇和島から広島まで広範囲にわたることから、伊予灘を震源とする地震であると考えられている(宇佐美, 1996)。1533年の地震については西条市の橘神宮神社の被害の記録しか残っておらず、詳細は不明である。

現存する文献史料に照らし合わせてみて、川上断層の最新活動に対応する可能性の最も高い地震は、慶長元年7月9日(1596年9月1日)の地震である。この地震によって周布郡北条村(現東予市北条)の鶴岡八幡宮が転倒し、広江村(現東予市広江)では人家の被害も報告されている。これらの被害は川上断層の北5km以内で起こっている(第1図)。また伊予郡保免村(現松山市保免)でも薬師寺本堂仁王門等が崩壊した(愛媛県, 1969)。これらの被害は、別府湾周辺に多大な被害をもたらした9月4日の慶長豊後地震や近畿に大被害をもたらした9月5日の慶長伏見地震の3～4日前に発生した別な大地震によるものである。薬師寺の被害を慶長豊後地震によるものとする説もあるが(東京大学地震研究所編, 1982)、「薬師寺大般若経奥書」には「文禄五年(慶長元年)閏七月九日二大ニ地震うて国中迷惑仕候、其時(以下なし)」とあり(愛媛県, 1969)、9月1日に



第2表 愛媛県下に被害をおよぼした18世紀以前の歴史地震のうち、中央構造線活断層帯の活動に関係する可能性のある被害地震  
愛媛県(1999)に加筆・修正.

西暦 (和暦)	被害の記載 (出典)
1494年6月19日 (明応3年5月7日)	震央・奈良, M6.0 <sup>1</sup> . 伊予で大地震があり被害が多いとの報告 (新居浜郡誌) <sup>2</sup>
1498年7月9日 (明応7年6月11日)	震央・日向灘, M7.0-7.5 <sup>1</sup> . 九州の被害記録が多い. 現新居浜市多喜浜の黒島が陥落崩壊し, 島の面積の3/4を失う (新居浜郡誌) <sup>2</sup>
1533年 (天文2年)	新居郡州之内村 (現西条市州之内) の橋神宮神社が地震と高潮で潰没 (伊予温古録) <sup>2</sup>
1596年9月1日 (慶長元年7月9日)	大地震によって伊予郡保免村 (現松山市保免) の薬師寺本堂仁王門等が崩壊する (薬師寺大般若経奥書, 予松古跡俗談) <sup>3</sup> . この崩壊を9月4日の慶長豊後地震によるものとする解釈もある <sup>4</sup> . 周布郡北条村 (現東予市北条) 鶴岡八幡宮が転倒する. 広江村 (現東予市広江) では人家の転倒の報告あり (小松邑誌) <sup>3</sup> . (慶長豊後地震M7.0±1/4の4日前, 慶長伏見地震M7.5±1/4の5日前) <sup>1</sup>
1649年3月17日 (慶安2年2月5日)	震央・伊予灘, M7.0±1/4 <sup>1</sup> . 松山城の石垣20間, 塀30間崩れる. 宇和島・広島にも被害記録あり <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 宇佐美 (1996), <sup>2</sup> 東京大学地震研究所編 (1981), <sup>3</sup> 愛媛県 (1969), <sup>4</sup> 東京大学地震研究所編 (1982)

伊予で大地震が発生したことは間違いないと思われる。被害分布の近接性から見て、この地震の際に川上断層が活動した可能性は十分に考えられる。また川上断層の北2.5kmに位置する東予市周布の幸の木遺跡 (第1図) では、7～12世紀にかけて堆積した地層が、噴砂・噴礫により貫かれているのが観察されている (愛媛県, 1999)。これが1596年の地震によるものである可能性もある。

しかしながら、トレンチ調査により川上断層の最新活動時期として指摘された飛鳥時代から江戸時代までの期間には、多くの歴史記録の欠落期間が存在すると考えられる。小山 (1999) が指摘するように、歴史記録の欠落の問題は、当時の都であった奈良・京都から離れた地域では特に注意を要する。現に四国東部の中央構造線が16世紀以降に活動したことがトレンチ調査から明らかとなっているが (岡田・堤, 1997)、その活動に対応するような地変の記録は1596年の徳島県鳴門市付近の隆起だけである (石橋, 1989)。

よって四国西部においても、中央構造線活断層帯が活動してM7～8クラスの大地震が起こったとしても、被害を記録した史料が欠落している可能性は十分にある。今後さらに調査を行い、地形・地質学的に最新イベントの時期を絞り込んでいく必要がある。

## おわりに

愛媛県西条市氷見において、これまでに古地震学的調査の行われていなかった中央構造線活断層帯川上断層のトレ

ンチ掘削調査を実施した。その結果以下のような結論が得られた。

(1) 川上断層は従来小松町市街地の西付近が東端であると考えられていたが、空中写真判読や現地調査の結果、比高1～2mの低断層崖や撓曲崖がN70°Eの走向で小松町市街地を横切り、西条市宮の下付近まで延びることが判明した。さらに後藤・中田 (1998) によると、川上断層はより東方の西条市街地まで延びる可能性が高い。

(2) 断層変位地形から事前に推測された位置に、完新世中期以降の地層を変位させる明瞭な幅約3mの断層帯が現われた。個々の断層は高角度で傾斜し、剪断面は明瞭である。また扁平礫の再配列や周囲の変位地形も考慮すると、これらの断層は北落ちを伴った右横ずれ断層であると推定される。

(3) 壁面に露出した地層の変形から、川上断層が過去4000年間に3回変位した可能性を指摘することができる。個々のイベントに伴う北落ち変位量は35～45cmである。

(4) 最新イベントの時期は飛鳥時代から江戸時代までの間に限定される。このイベントに対応する可能性のある歴史地震として1596年9月1日の地震を指摘することができるが、歴史記録が欠落していることも十分に考えられるので、イベントの時期を地形・地質学的手法でさらに絞り込んでいくことが必要である。

## 謝 辞

トレンチ掘削にあたっては、黒川淳三郎氏と越智久吉氏

に調査用地を提供していただいた。土器片は京都大学埋蔵文化財研究センターの清水芳裕先生に鑑定していただいた。トレンチ壁面の整形やスケッチには、五十嵐高雲氏・植木岳雪氏(高知大・院)、副田宜男氏・平元万晶氏・研川英征氏・湯田拓史氏(高知大・学)、熊原康博氏(広島大・学)(所属は当時のもの)の方々に御協力いただいた。腐植土の<sup>14</sup>C年代測定にあたっては、熊原康博氏と高田圭太氏(広島大・学)(所属は当時のもの)に、地形断面測量にあたっては、近藤久雄氏(広島大・院)にお手伝いいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。本研究には1996年度文部省科学研究費補助金(特定領域研究(1)(A))「活断層の危険度評価と強震動予測」(代表者:入倉孝次郎)、および1999年度文部省科学研究費補助金(特別研究員奨励費)「中央構造線活断層系からみた第四紀後期断層運動の特性」(代表者:後藤秀昭)を使用した。

## 文 献

- 愛媛県, 1969, 「愛媛県編年史—第5巻」, 502p.
- 愛媛県, 1998, 中央構造線伊予断層帯(中央構造線断層帯(愛媛県北西部))のトレンチ調査, 第2回活断層調査成果報告会予稿集, 科学技術庁, 249-258.
- 愛媛県, 1999, 「平成10年度地震関係基礎調査交付金・中央構造線断層帯(愛媛県北西部・石鎚山脈北縁)に関する調査成果報告書」, 416p.
- 後藤秀昭・中田 高, 1998, 中央構造線活断層系(四国)の川上断層・岡村断層の再検討—横ずれ断層の断層線認識の新たな視点とその意義—, 活断層研究, **17**, 132-140.
- 後藤秀昭・丹羽俊二・中田 高・岡田篤正・堤 浩之, 1998, 1:25,000都市圏活断層図「松山」, 国土地理院.
- 石橋克彦, 1989, 1596年慶長近畿大地震で中央構造線が活動した可能性と1605年南海トラフ津波地震への影響, 地震学会講演予稿集, 1989-No. 1, 62.
- 小山真人, 1999, 日本の史料地震学研究の問題点と展望—一次代の地震史研究に向けて—, 地学雑誌, **108**, 346-369.
- 水野清秀・岡田篤正・寒川 旭・清水文健, 1993, 2.5万分の1中央構造線活断層系(四国地域)ストリップマップおよび説明書, 構造図(8), 地質調査所, 63p.
- 中田 高・島崎邦彦, 1997, 活断層調査のための地層抜き取り装置(Geo-slicer), 地学雑誌, **106**, 59-69.
- 中田 高・後藤秀昭・岡田篤正・堤 浩之・丹羽俊二, 1998, 1:25,000都市圏活断層図「西条」, 国土地理院.
- 岡田篤正, 1973a, 中央構造線の第四紀断層運動について, 『中央構造線』(杉山隆二編), 東海大学出版会, 49-86.
- 岡田篤正, 1973b, 四国中央北縁部における中央構造線の第四紀断層運動, 地理学評論, **46**, 295-322.
- 岡田篤正, 1988, 1984年中央構造線活断層系・岡村断層(西条地区)トレンチ調査, 活断層研究, **5**, 35-41.
- 岡田篤正・堤 浩之, 1997, 中央構造線活断層系父尾断層の完新世断層活動—徳島県市場町でのトレンチ調査—, 地学雑誌, **106**, 644-659.
- 岡田篤正・堤 浩之・中田 高・安藤雅孝, 1998, 中央構造線活断層系岡村断層の完新世断層活動—愛媛県西条市飯岡地区のトレンチ調査のまとめ—, 活断層研究, **17**, 106-131.
- 岡田篤正・堤 浩之・中田 高・後藤秀昭・丹羽俊二, 1998, 1:25,000都市圏活断層図「郡中」, 国土地理院.
- Stuiver, M., and Reimer, P. J., 1993, Extended <sup>14</sup>C data base and revised CALIB 3.0 <sup>14</sup>C age calibration program. *Radiocarbon*, **35**, 215-230.
- 徳島県, 1998, 讃岐山脈南麓中央構造線断層帯に関する調査, 第2回活断層調査成果報告会予稿集, 科学技術庁, 239-248.
- 東京大学地震研究所編, 1981, 「新収日本地震史料—第1巻」, 193p.
- 東京大学地震研究所編, 1982, 「新収日本地震史料—第2巻」, 575p.
- Tsutsumi, H., Okada, A., Nakata, T., Ando, M., and Tsukuda, T., 1991, Timing and displacement of Holocene faulting on the Median Tectonic Line in central Shikoku, southwest Japan, *Journal of Structural Geology*, **13**, 227-233.
- Tsutsumi, H., and Okada, A., 1996, Segmentation and Holocene surface faulting on the Median Tectonic Line, southwest Japan, *Journal of Geophysical Research*, **101**, 5855-5871.
- 堤 浩之・岡田篤正・後藤秀昭・川上断層発掘調査グループ, 1998, 中央構造線活断層系川上断層東端部の変位地形と古地震, 日本地理学会発表要旨集, **53**, 88-89.
- 宇佐美龍夫, 1996, 『新編日本被害地震総覧 [増補改訂版416-1995]』, 東京大学出版会, 493p.

(1999年11月16日受付)

(1999年12月10日受理)

## キーワード

中央構造線, 川上断層, トレンチ調査, 最新活動時期

Key words : Median Tectonic Line, Kawakami fault, paleoseismic trenching, timing of the most recent faulting