



中央構造線活断層系：伊予断層の変位地形

後藤秀昭*

Fault morphology of the Iyo Fault, the Median Tectonic Line Active Fault System

Hideaki GOTO*

Abstract

In this paper, we investigated the various fault features of the Iyo fault and depicted fault lines on a detailed topographic map. The results of this paper are summarized as follows; 1) Distinct evidence of the right-lateral movement is continuously discernible along the Iyo fault. 2) Active fault traces are remarkably linear suggesting that the angle of fault plane is high. 3) The Iyo fault can be divided into four segments by jogs between left-stepping traces. 4) The mean slip rate is 1.3 ~ 1.6mm/yr. laterally, and is 0.17 ~ 0.2mm/yr. vertically. 5) Offset stream ratio $a=D/L$, where D is horizontal displacement and L is length of the river upstream from the fault, is 0.55 - 0.09 for the Iyo fault. Based on the offset stream ratio, the mean slip rate of the Iyo fault is roughly estimated 1 ~ 5mm/yr. and the fault is classified as class A in activity.

はじめに

伊予断層は、早くから活断層であると指摘され(永井, 1954), 多くの研究がなされてきた(Saito, 1962; 岡田, 1972, 1980; 平岡, 1973). これらの研究に基づき, 活断層研究会(1991)は, 確実度, 活動度Aの活断層であると記載している. その後, 岡田(1992)は, 中央構造線活断層系の再検討をし, セグメント区分を行なうなかで, 伊予断層の右ずれ平均変位速度を1mm/yr. 以下のオーダーであると見積った. 一方で, 藤江(1994)は, 和泉層群中の断層露頭は一部に認められるが, 第四系に変位を与えている露頭が認められないことや水系の屈曲が系統的でないことから, 伊予断層は, 高野川付近から森川付近まで合計4km程度のみであり, その活動時期は第三紀以前であるとしている.

そこで本稿では, 大縮尺地形図上に断層線の正確な位置を記載し, 断層変位地形を明示することで, 水平・垂直の平均変位速度を明らかにするとともに, セグメントを推定することを目的とした.

現在, この断層線にほぼ沿うように四国縦貫自動車道の建設がなされている(第1図). 本稿で断層線を詳細にマ

ッピングすることは, 伊予断層沿いの高速道路建設位置の問題点を指摘することができ, 防災上重要な意味を持つと考えられる. 同様にして, 四国縦貫自動車道全体の建設位置に対する問題点も指摘し, 警鐘を鳴らしたい.

正確な断層線認定のため, 空中写真判読と現地調査に基づく地形分類を行なった. 使用した空中写真の縮尺は, 2万分の1と7000分の1である. 地形面は, 高位面; 中位面; 中位面; 低位面; 低位面, いずれの面とも対比できない土石流・崖錐堆積面の6面に分類した. 分類の基準は, 比高, 開析の度合い, 侵食された・覆われたの相対的關係, 堆積物の風化度である. 中位面に属する扇状地をF1~F14, 低位面に属する扇状地をf1~f6と呼ぶ.

従来の研究で, 最も詳細な記載は, 水野ほか(1993)の2万5千分の1スケールであるので, より詳細な議論を行うため, 伊予市発行の5000分の1地形図(等高線間隔2m)を基図として用いた.

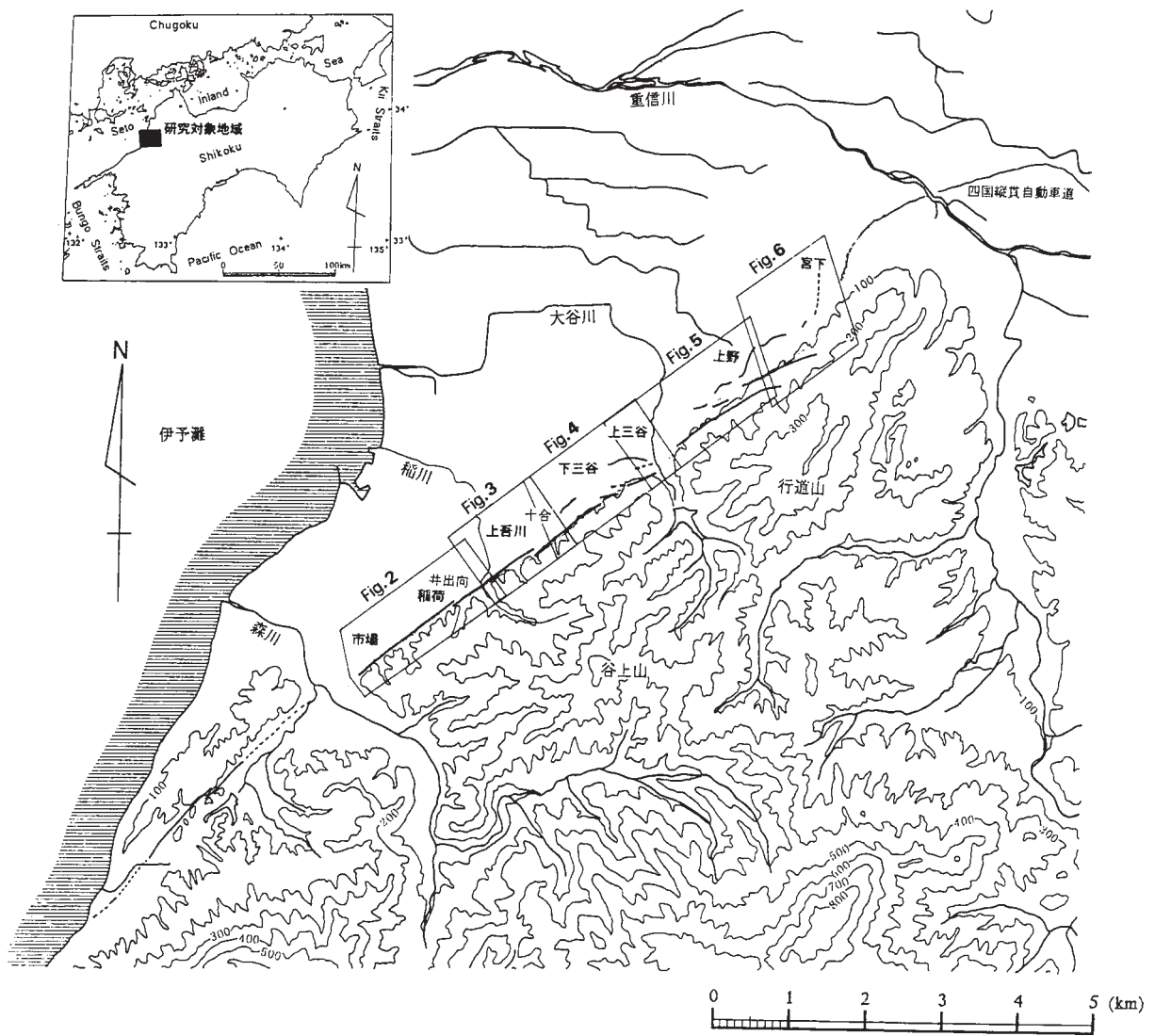
断層変位地形の記載

1. 市場・稲荷地区

本地区の断層変位地形は, 明瞭であり, 山地部と低地部が断層によって直線状に境されている(第2図, 写真1).

*広島大学文学部地理学教室

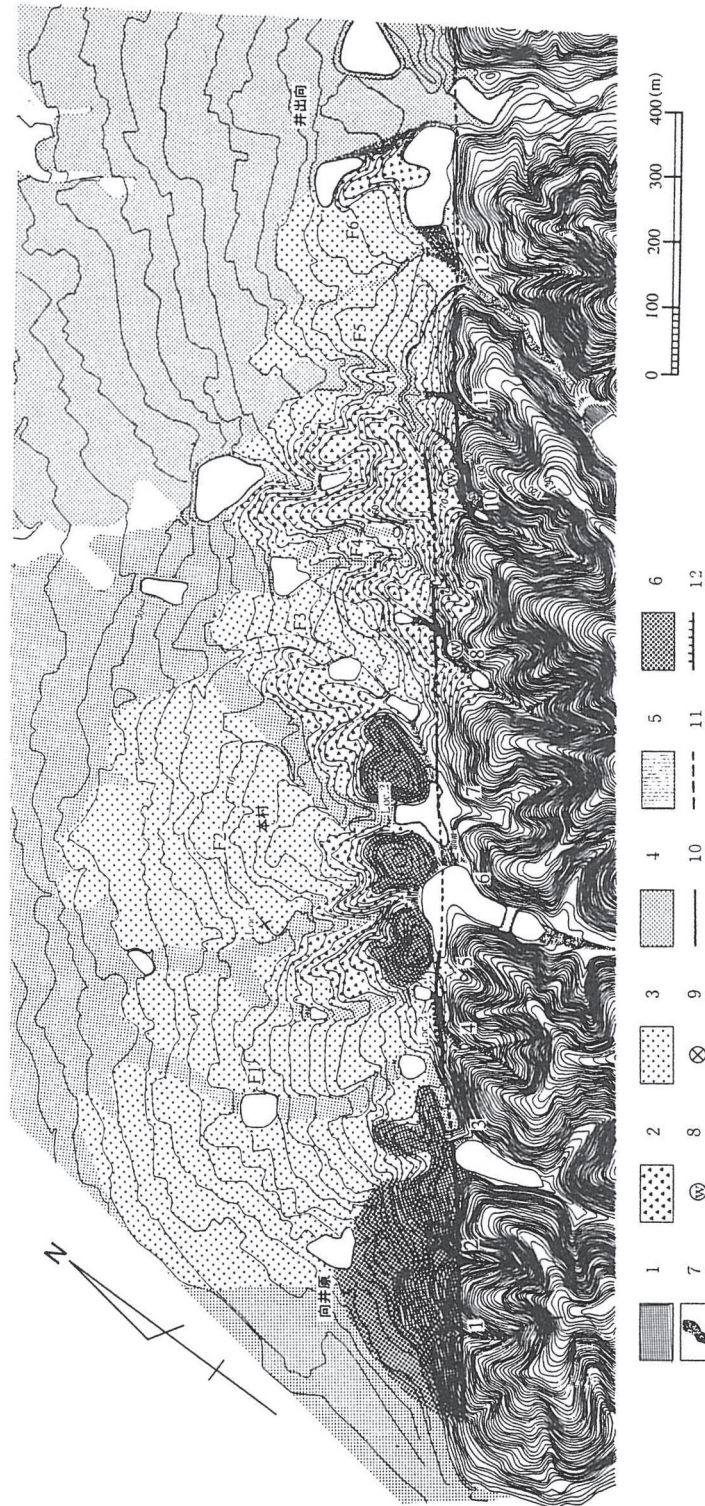
*Department of Geography, Hiroshima University



第1図 調査地域及び周辺地域の地形概観



写真1 市場・稲荷地区の斜め空中写真



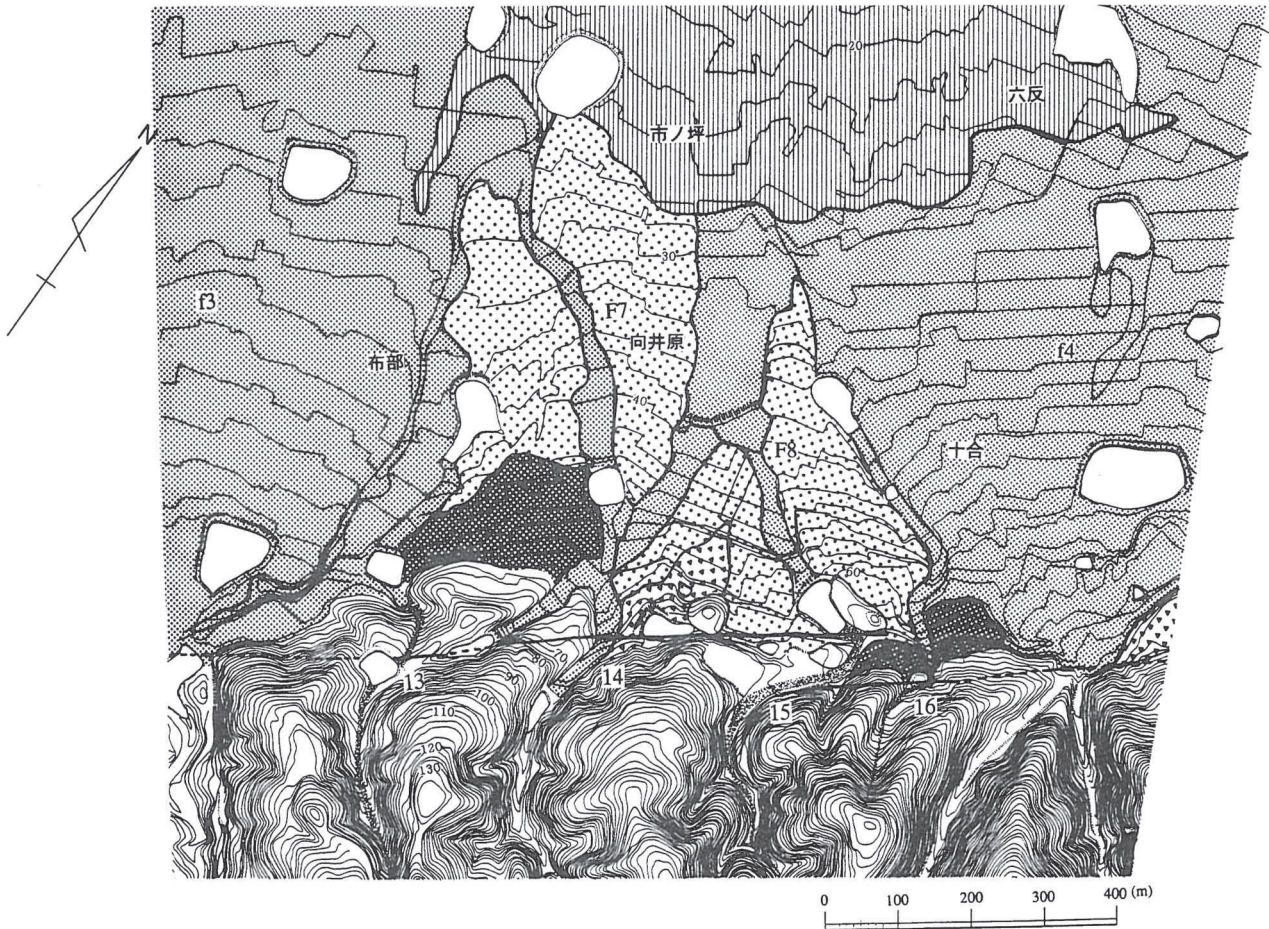
第2図 市場・稲荷地区の活断層

1, 高位面; 2, 中位 面; 3, 中位 面; 4, 低位 面; 5, 低位 面; 6, 土石流・崖錐堆積面; 7, 変位河谷; 8, 風隙地形; 9, 断層露頭; 10, 活断層(确实) 11, 活断層(推定) 12, 低断層崖撓曲崖. 第2 - 6図の凡例は共通.

活断層は、この地形配列を規定しており、起伏に関係なくわずかに右雁行しながら直線的に延びる。

断層線は、市場で三角末端面を見せるとともに土石流・

崖錐堆積面を開析する河谷を変位させる(河谷番号 注)1. 2). その北東で、河谷5・6・7の前面(海側)に明瞭な閉塞丘を3つ、河谷3・8・10の前面に不明瞭なものを分



第3図 上吾川地区の活断層（凡例は第2図と同様）

布させる。河谷10の現河谷を屈曲させ、断層線は右にステップする。三角末端面は、河谷1の南西部、河谷1と2・2と3の間において明瞭であるが、本地区北東部では不明瞭となる。ただし、これらはもともと三角末端面であったものが、開析によって細断されて三角形の形態を示さなくなったと考えられる。

上述のように区分した地形面のうち、中位II面・低位I面は、扇状地の形態を示すため、どの河川の堆積作用によって形成されたかを知ることができる。

F1を涵養したのは、最大傾斜方向から河谷3の河川であると考えられる。

F2の露頭(Loc.1)では、小円礫混じりのシルト層と粘土層が斜交層理をなしているのが観察された。これは、何度かの洪水性の堆積作用によって形成されたと解されるものである。この扇状地を涵養したのは、伊予稻荷神社の北(Loc.2)にあった河川であると考えられる。堆積量から判断して、かなり大きな河川でなくてはならない。このことを考慮にいれると、河谷5や7では小さすぎ、8は不可能であるので、6であると考えられる。

F3は、南西方向にある河川によって形成されたと判断でき、その河川は河谷7あるいは6にあたる。この扇状地の開析谷が浅いこと、堆積量と比較して河谷7では流域面積が小さいこと、現在は不明瞭であるが風隙地形をなすことから、F3を形成していた河谷6は、河川争奪によってF2を形成するように流路を変えられ、上流を争奪されたF3を河谷7が開析するようになったと考えられる。

F4は最大幅約100mと非常に小さいため、涵養した河川を推定するのは困難である。F5を涵養した河川は、扇中央から扇端の最大傾斜方向から南西方向にある河川であると考えられるが、河谷11の堆積物がF5の扇頂付近を覆っており、推定不可能である。F6は、明瞭な扇状地の形態を示すが、扇頂が山地部と接するところになく、涵養した河川を推定することはできない。

本地区では、この他に5つの河谷変位が認められる。また、低断層崖が、河谷4の谷口(Loc.3)に見られる。中位面相当の堆積物が南西-北東方向に切られて比高約10mの断層崖となっている。なお、現在は、四国縦貫自動車道の建設に伴い、この地形は消滅している。

2. 上吾川地区

本地区の断層変位地形は、市場・稲荷地区に比べると、若干明瞭さを欠くが、断層線を追跡することは十分可能である（第3図）。断層線は、市場・稲荷地区同様、山地部と低地部を境する位置に雁行して走る。閉塞丘は、河谷14と16の間に3つ見られる。いずれも小規模で、中央のものは、人工改変によって消滅している。三角末端面の明瞭なものはわずかにあるが、開析されて三角形の形態を示さなくなっているものがほとんどである。

この地区の中位面は開析されているものの半円錐形をなし、扇状地の形態を示している。この扇状地の扇頂は、河谷14の北東約60mにあると推測される。この扇状地が河谷14の河川によって形成され、断層運動によって移動したために約60m北東に扇頂があると考えられる。

F7を涵養したのは、空中写真から判読できる最大傾斜方向より河谷14の河川であると考えられる。この屈曲は、横ずれ尾根によって南西側が閉塞されて起きている。F8は、南西方の河谷15によって形成されたと考えられる。この屈曲部では、現在人工改変によって消滅している閉塞丘が谷を閉塞している。

上述の河谷変位のほか、2つの河谷変位が見られる。河谷16の屈曲部は、断層鞍部を成している。この河谷変位は、土石流・崖錐堆積面を開析する河川で起こっており、土石流・崖錐堆積面堆積後に約55m右ずれをしたことを示している。

3. 下三谷・上三谷地区

本地区の断層変位地形は、比較的明瞭であり、断層線は、森川～河谷17付近までの直線状のわずかな右雁行配列から、大きな左雁行配列に変化する（第4図）。上述の市場・稲荷地区や上吾川地区では、山地部と低地部が直線をなして境されていたが、本地区では、山麓線の出入りが見られる。また、横ずれを示す断層線の北西側100～300m付近に地形面の撓みが見られる。断層変位地形は、閉塞丘が5つ、河谷変位が4つ見られるものの、三角末端面は、不明瞭である。

閉塞丘は、河谷17・18・19・20の北西側と河谷20と大谷川の間に見られる。これらの閉塞丘のほとんどが、和泉層群からなると考えられるが、河谷20の北西の閉塞丘は、扇状地性堆積物からなる。従って、断層によって切られて移動することで閉塞丘の形態を示すようになったと考えられる。

三角末端面は、本地区南西部にやや明瞭なものが見られるのみで、他の部分においては見る事ができない。市場・稲荷地区、上吾川地区では、開析された三角末端面と推定されるものが多いのに対し、本地区では、そのよう

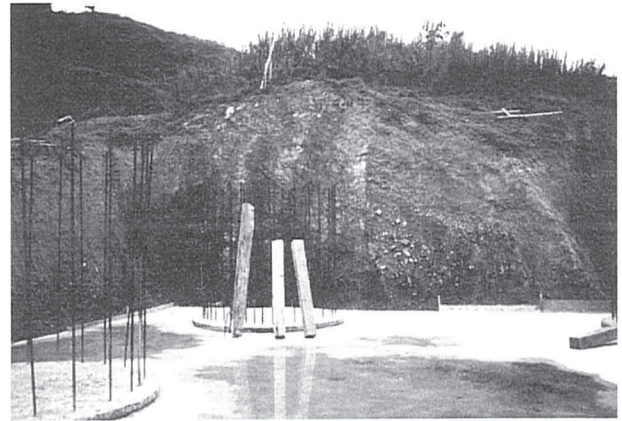


写真2 L oc. 5の断層露頭

な地形は少ない。

F9を涵養したのは、空中写真から判読した最大傾斜方向から河谷17であることが推測される。河谷17の北西側に位置する閉塞丘の北側斜面（L oc. 4）は、三角末端面のように見え、そこにも、活断層が走っているように見える。しかし、F9の扇頂は、河谷17の位置とほぼ同じと推測され、屈曲は認め難い。

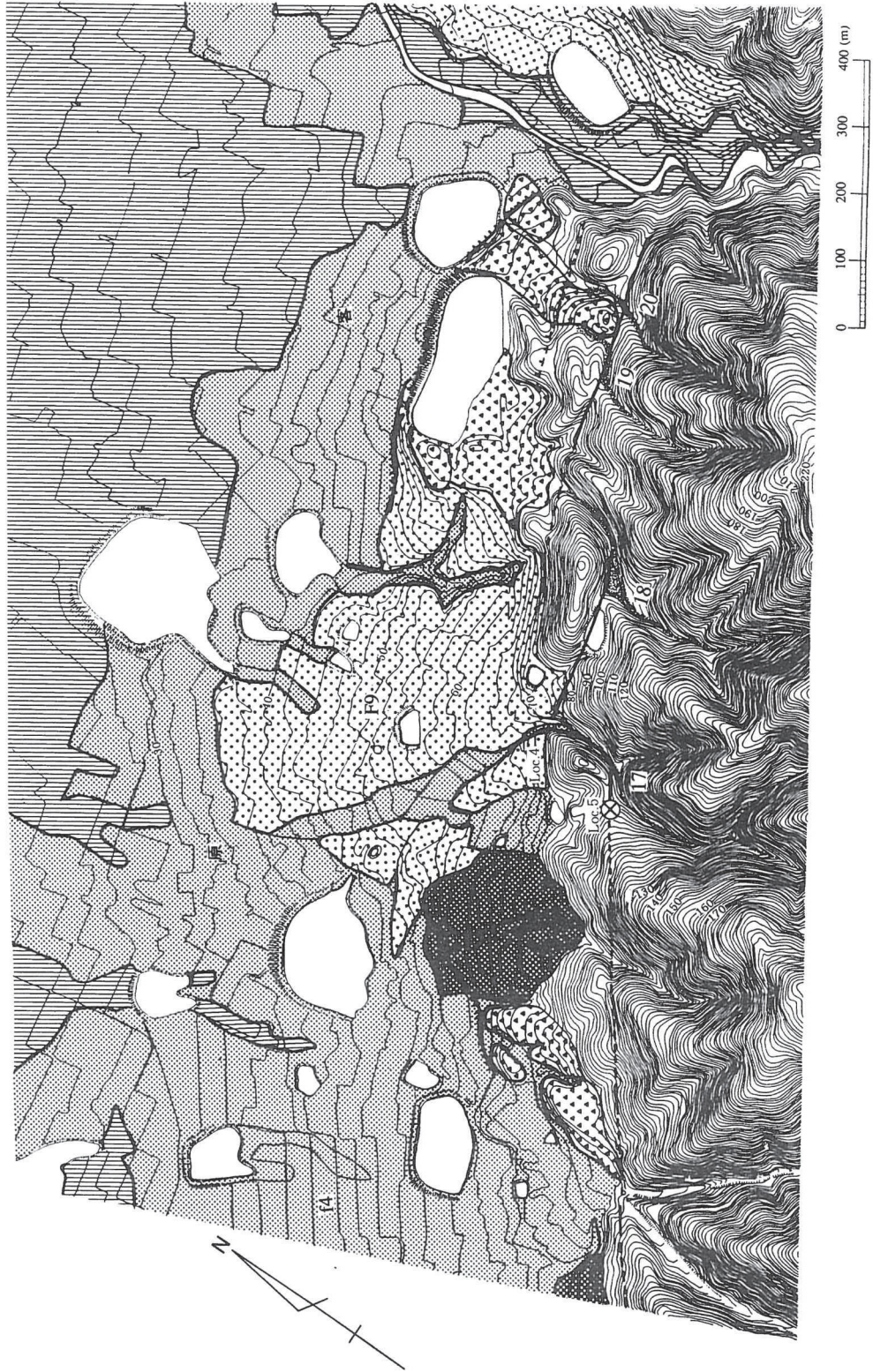
河谷17付近において、断層露頭を観察することができた（L oc. 5, 写真2）。南東側の和泉層群は、砂岩と泥岩の互層からなり、その傾斜はほぼ垂直である。北西側の堆積物の下部は、砂岩起源の5～20cmの巨垂角礫が入り込んだ無構造な層と緻密なシルト層で、上部は、5cm以下の垂角礫の混じった崖錐堆積物である。いずれの礫も未風化である。この露頭では、主断層と副断層が見られる。主断層は、南東側の和泉層群と北西側の堆積物とを境し、走向N50°Eで傾斜85°Nである。副断層は、堆積物と風化のかなり進んだ和泉層群を境しており、走向EWで傾斜80°Nである。

4. 上野地区

本地区の断層変位地形は、やや不明瞭で、断層線は、約200mと大きくステップしている（第5図）。断層線は、大きく2つの系統に分けられる。山地部に入っていくものと、左ステップして山地と低地の境界に出現してくるものである。また、この2本の断層線の間、短い断層線が見られる。下三谷・上三谷地区同様、横ずれを示す断層線の北西側100～300m付近に地形面の撓みが見られる。

閉塞丘は、河谷22と23の間に明瞭なものが、23の北東部にもやや明瞭さを欠くものが分布している。また、長尾上他の南西部には、長径450mほどある北に伸びる丘状の地形があり、圧縮尾根である可能性がある。

F11・F13は、小河川によって形成された合流扇状地と考えられる。F12・F5を涵養したのは、空中写真で判読



第4図 下三谷・上三谷地区の活断層（凡例は第2図と同様）

した最大傾斜方向から，ともに河谷 23 であると推定される。

F 10 は，河谷 21 によって堆積した小扇状地に覆われているが，一般傾斜方向から大谷川の形成した扇状地である

と考えられる。

河谷 22 の谷口付近には，プレッシャーリッジがあり，局地的な圧縮の場と考えられる。



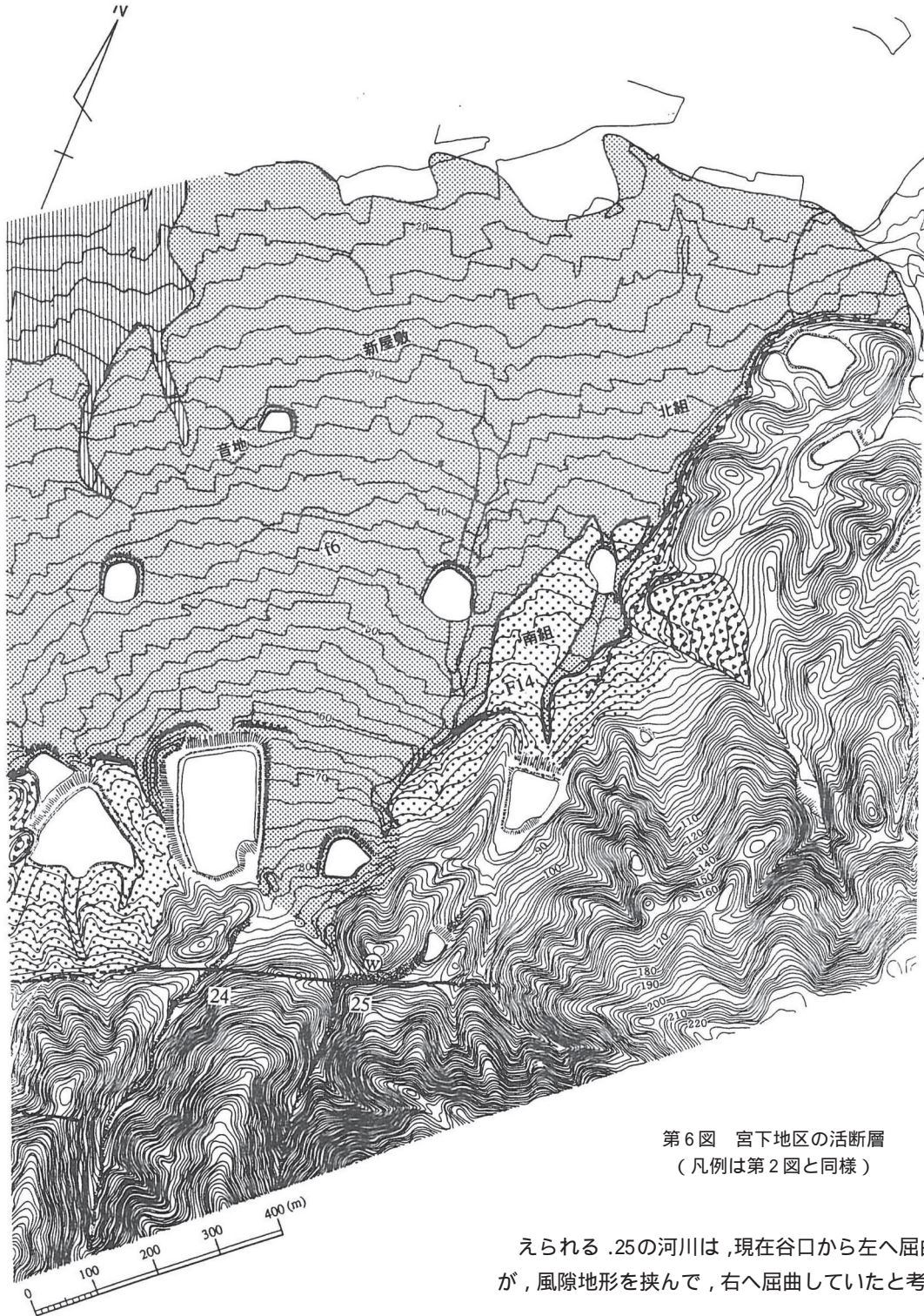
第5図 上野地区の活断層（凡例は第2図と同様）

5. 宮下・八倉地区

この付近の断層線については、2通りの報告がある。岡田（1972）は、礫層の分布も影響して断層地形の表現は悪いが、東方に湾曲し数本に分岐するらしいとしている。

一方、鹿島・高橋（1980）は、伊予断層は八倉層に被覆され、これを切っていないとしている。

本地区の横ずれ変位地形は、南西部では不明瞭ながら存在するが、北東部では次第に不明瞭となる。横ずれを示す断層線の北西側約400mに地形面の撓みが見られるが、横ずれ地形が不明瞭となるあたりから、撓曲崖は走向を大きく変えて、北に延びる（第6図）。南西部の横ずれの断層線は、上野地区で2本に分岐して走っていたもののうち、



第6図 宮下地区の活断層
(凡例は第2図と同様)

えられる .25の河川は、現在谷口から左へ屈曲しているが、風隙地形を挟んで、右へ屈曲していたと考えられる。

考 察

海側のものの続きである。もう一方の断層線は、山地部で変位地形が見られなくなる。

断層変位地形は、閉塞丘が河谷24・25の前面に見られるものの、F13を開析する小河川にははっきりした河谷変位は認めがたい。

f6を涵養した河川は、最大傾斜方向から、河谷24と考

1. 断層線の形態および変位様式

伊予断層の横ずれを示す断層線の平面形は、起伏に関係なく直線状ないし緩やかな曲線を描いた断層線が雁行配列を成している。このことは、断層面の傾斜が高角度であることを示唆し、露頭観察結果と調和的である。一方、横ずれ断層線の北西側の撓曲崖の平面形は、横ずれ断層線に

並走しながら複雑に湾曲している。この撓曲崖は、横ずれ断層線が左雁行に変化する付近から出現し、横ずれ断層線が不明瞭となる付近で大きく走向を変える。

また、断層線の配列とその変化によって、4つのセグメントに区分できる。つまり、わずかな右雁行を伴いながら直線状の断層線によって山地部と低地部を境する(1)森川～井出向セグメント、(1)のセグメントと大きく走向を変え、断層線が短く左雁行配列を成す(2)下三谷～大谷川セグメント、(2)のセグメントから大きくステップし、左雁行配列を成す2本の断層線のうちの南東側の(3)大谷川～上野セグメントと、北西側の(4)上野～宮下セグメントである。

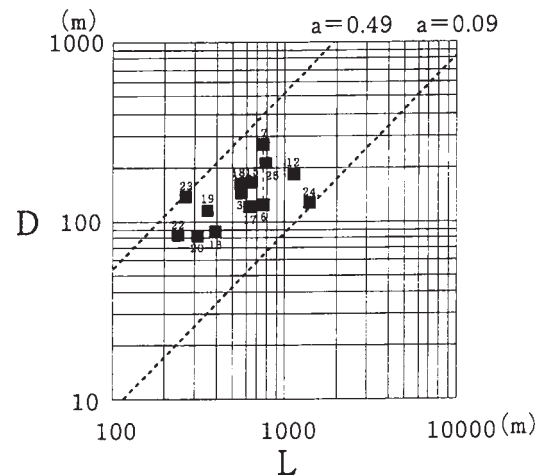
2. 平均変位速度

(1) 垂直変位速度 垂直変位速度を算定する変位基準は、唯一、市場・稲荷地区に分布する低断層崖である。中位II面が、活断層によって切られ、比高約10mの低断層崖となっている。低位I面の形成年代は、AT火山灰を含む(四国電力株, 1984)ことから、2万年前頃に形成されたと考えられている。中位II面の形成年代は、地形環境の似ている吉野川流域・石鎚断層崖北麓のもの対比し、地形面の保存状態や堆積物中の和泉砂岩礫の風化状態から判断して約5～6万年前と推定される。この推定年代に基づけば、垂直平均変位速度は、0.17～0.2mm/yr.となる。

(2) 水平変位速度 中位面を開析する谷のうち屈曲しているのは、河谷8・11であり、中位面を開析する谷のうち屈曲しているのは、河谷4・7・21である。また、土石流・崖堆積面を開析する谷のうち屈曲しているのは、河谷1・2・16である。形成年代を推定することができる段丘面は、中位II面のみである。河谷7は、河谷6がF3を形成し、F2に争奪された後のF3を開析しており、平均変位速度を求めるには不適当である。また、河谷21は、F10を開析する前に堆積物で覆っており、正確に中位II面を開析谷であるとは言えない。一方、河谷4は、小河川であるため、比較的正確に水平変位を残していると思われる。この谷は80m屈曲していることから、右ずれ平均変位速度は1.3～1.6mm/yr.となる。

(3) 断層線に沿う河谷屈曲率 河谷の屈曲量と断層より上流の長さの関係について、松田(1966)は、跡津川断層において「断層線より上流の長さが長い谷ほど谷の屈曲量が大きい」という現象を指摘し、活断層の累積的活動の証拠と考えた(例えば、松田, 1975)。安藤(1972)は、この仮説の有効性の検討を行なった。

本研究においては、上述のように25ヶ所の河谷変位が認定された。安藤(1972)の方法に従ってこれらの河谷変位量と谷の長さを計測し、両対数グラフにプロットした



第7図 河谷の屈曲量(D)と断層より上流の長さ(L)の関係。数字は、河谷番号を示す。

(第7図)。 $D = aL$ (ただし、D:河谷屈曲量, L:断層線より上流の長さ, a:河谷屈曲率)を大略において満たしている。河谷屈曲率は0.09～0.49となり、松田(1975)の経験則にあてはめると、平均変位速度はおよそ1～5mm/yr.となり、岡田(1992)の1mm/yr.以下のオーダーという報告よりも大きく、活断層研究会(1991)や本稿で段丘面を開析する谷の屈曲から算定した値と調和的である。

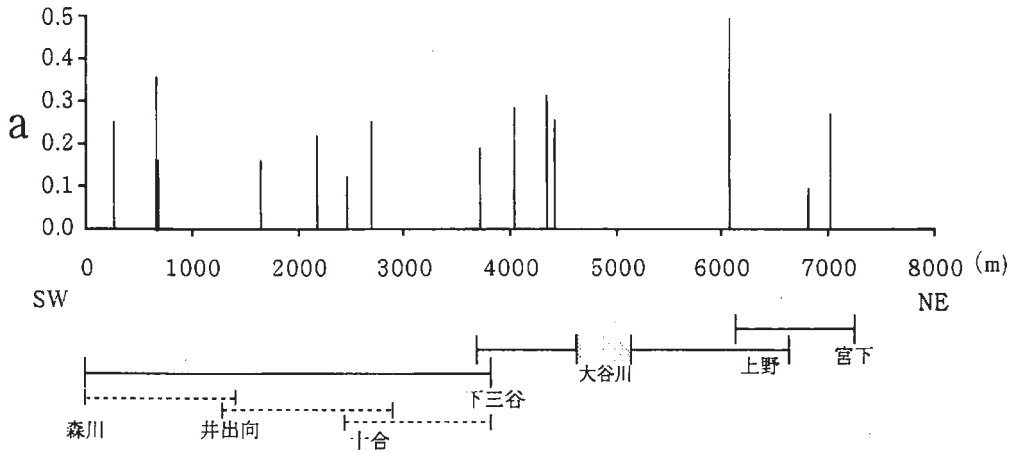
第8図は、断層線に沿う河谷屈曲率の分布である。これによると、いくつかの山状の分布が認識できる。この山状の分布は、断層線に沿う平均変位速度の変化を示すと考えられる。地震断層の変位量は、セグメントの中心部で変位量が大きく、周辺部で小さくなることが知られている(例えば、中田ほか, 1995)。このような変位量分布が累積することによって、このような河谷屈曲率の分布になっていると考えられる。つまり、一つの山状の分布は、1つのセグメントを示しているのである。この山状の分布は、断層線の形態によって区分したセグメントと調和しているように見える。

東郷・岡田(1983)は、第8図と同様の河谷屈曲率分布を、跡津川断層において示し、ばらつきがあるが大局的には揃っていると解釈した。しかし、この図でも山状の分布をいくつか見ることができ、セグメントを示唆していると考えられる。

まとめと断層線上の土地利用の問題点

伊予断層の第四紀後期の断層運動について以下のような知見が得られた。

1) 伊予断層に沿って多くの横ずれを示す断層変位地形が認められる。



第8図 断層線に沿う河谷屈曲率 (D/L) の変化

谷口の位置は、河谷番号1を起点として北東方向に計測、グラフ下の区分は、断層線の形態によって認識したセグメント。

2) 断層線の分布形は、起伏に関係なく、ほぼ直線であり、大きく左雁行配列をなしている。このことは、断層面が高角度であることを示唆し、野外観察と調和的である。

3) 断層線の配列とその変化によって、4つのセグメントに区分できる。

4) 中位II面を切る低断層崖と開折谷の変位から、垂直変位速度は0.17～0.2 mm/yr.、水平変位速度は1.3～1.6 mm/yr. となり、水平変位成分が卓越している。

5) 大略、 $D = aL$ (ただし、 D : 河谷屈曲量、 L : 断層線より上流の長さ、 a : 河谷屈曲率) が成り立っており、 a の値は0.09～0.49である。松田(1975)から、A級の横ずれ断層であり、右ずれ変位が累積していることが判明した。また、松田(1975)の経験則をあてはめると、平均変位速度はおよそ1～5 mm/yr. であると算定され、段丘の開折谷から求めた値とほぼ調和的である。

6) 断層線に沿う河谷屈曲率は、いくつかの山状の分布が見られ、各山は1つのセグメントを示すと考えられる。

現在、この断層に沿うように四国縦貫自動車道が建設されている(第1図)。活断層の直上にどのくらい位置しているかを計測するため、2500分の1地形図に断層線を記入し、断層線を挟んで片側25m以内に自動車道の構造物(橋脚や盛り土など)がある部分を抽出した。その結果、およそ2.9 kmにわたって、自動車道の構造物が断層線の直上ないしは交わっていることが判明した。実際、断層露頭の出現した法面は、高速道路の橋脚の基礎建設中に出現したものである。約2.9 kmという数字は、松山IC～伊予IC(ともに仮称)間の約10.5 kmの27%に相当する。また、四国縦貫自動車道(徳島IC～伊予IC)のうち、調査中の喜来IC～川之江IC間を除いた開通・建設中區間に

おいて、25000分の1地形図を用い、片側50mで同様に計測した。全長150.6 kmのうち、およそ15%に相当する22.5 kmが直上に位置している。

活断層上に構造物がある場合、地震時の断層変位による災害は避けられない。この意味で、これらの数字は、活断層を考慮して計画・建設されていないことを示している。四国縦貫自動車道は、第一国土軸に続く、次期日本の主要なライフラインとして計画されており、重要性は今後高まると考えられる。その意味でも、四国縦貫自動車道建設に際し、活断層を考慮していないことは憂慮すべき問題であるといえる。

注) 市場・稲荷地区においては、岡田(1980)を踏襲し、その他の地区では、河谷変位と認められたものについてのみ番号を付けた。

謝 辞

本稿を作成するにあたり、終始御指導頂いた藤原健蔵先生(広島経済大学)、中田高先生をはじめとする広島大学文学部地理学教室の諸先生方ならびに院生諸氏に深く感謝いたします。また、日本道路公団高松建設局松山工事事務所の方々には、さまざまな便宜を図っていただき、エヒメフォトサービスの妹尾勝義氏には貴重な航空写真を分けていただきました。記して御礼申し上げます。

本稿は、1995年1月に広島大学文学部に提出した卒業論文をもとに加筆修正を行なったものであり、一部を1995年度地理科学学会春季学術大会において発表した。

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.
- 藤江 力, 1994, 伊予断層について. 深地地質研究所報告, **2**, 222.
- 平岡俊三, 1973, 松山南方における中央構造線. 駒沢大学大学院地理学研究ノート, **3**, 13~24.
- 鹿島愛彦・高橋治郎, 1980, 四国松山平野の環境地質学的研究(1)一松山平野とその周辺の地質-. 愛媛大学紀要自然科学Dシリーズ(地学), **9**, 1~16.
- 活断層研究会編, 1991, 新編日本の活断層一分布と資料-. 東京大学出版会, 448p.
- 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)ストリップマップ説明書. 構造図(8), 地質調査所, 63p.
- 永井浩三, 1954, 四国西部における中央構造線の活動についての考察. 愛媛大学紀要, II部(地学)(Aシリーズ), **2**, 63~73.
- 中田高・蓬田清・尾高潤一郎・坂本晃章・朝日克彦・千田昇, 1995, 1995年兵庫県南部地震の地震断層. 地学雑誌, **104**, 127~142.
- 松田時彦, 1966, 跡津川断層の横ずれ変位. 東京大学地震研究所彙報, **44**, 1178~1212.
- 松田時彦, 1975, 活断層としての石廊崎断層系の評価. 1974年伊豆半島沖地震災害調査研究報告, 121~125.
- 岡田篤正, 1972, 四国北西部における中央構造線の第四紀断層運動. 愛知県立大学文学部論集(一般教育編), **23**, 68~94.
- 岡田篤正, 1980, 中央構造線活断層系の性質と形成過程. 月刊地球, **2**, 510~517.
- 岡田篤正, 1992, 中央構造線活断層系の活動区の分割試案. 地質学論集, **40**, 15~30.
- Saito, M, 1962, The geology of Kagawa and northern Ehime Prefecture, Shikoku, Japan. *Mem. Fac. Agric. Kagawa Univ.*, **10**, 1~74.
- 四国電力(株), 1984, 伊方発電所原子炉設置変更許可申請書(3号炉増設). 97p.
- 東郷正美・岡田篤正, 1983, 断層変位地形からみた跡津川断層. 地球, **5**, 359~366.

(1996年1月21日受付)

(1996年3月14日受理)

キーワード

中央構造線, 活断層, 伊予断層, 断層変位地形

Key Words : Median Tectonic Line, active fault, Iyo fault, fault morphology .